

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Proposta de Infra-estrutura de
Comunicação e Processamento para
um Sistema Automatizado de Produção**

Autor : Mauro Ferreira Koyama

Orientador: João Maurício Rosário OK

10/95

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR MAURO FERREIRA
KOYAMA E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 10/11/95.

João Maurício Rosário
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO**

Proposta de Infra-estrutura de Comunicação e Processamento para um Sistema Automatizado de Produção

Autor : Mauro Ferreira Koyama

Orientador: João Maurício Rosário OK

Curso: Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Dissertação de Mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 1995

S.P. - Brasil

ADICIONADA:	BC
TIPO:	UNICAMP
NUMERO:	K849p
EDICAO:	
DATA:	26/8/98
VALOR:	667,96
CO:	2831,00
DATA:	05/03/96
CPDC:	M.00084599-8

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

K849p

Koyama, Mauro Ferreira

Proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para um sistema automatizado de produção / Mauro Ferreira Koyama. --Campinas, SP: [s.n.], 1995.

Orientador: João Mauricio Rosário.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Sistemas de coleta automática de dados. 2. Sistemas de controle digital. 3. Sistemas flexíveis de fabricação. 4. Redes de computação - Protocolos. 5. Automação industrial - Protocolos. I. Rosário, João Mauricio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

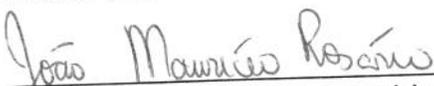
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO

Dissertação de Mestrado

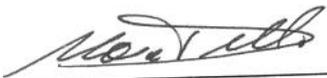
Proposta de Infra-estrutura de Comunicação e Processamento para um Sistema Automatizado de Produção

Autor : Mauro Ferreira Koyama

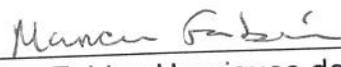
Orientador: João Maurício Rosário



Prof. Dr. João Maurício Rosário, Presidente
UNICAMP



Prof. Dr. Márcio Rillo
EPUSP



Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho
UNICAMP / CTI

Campinas, 10 de novembro de 1995

Agradecimentos

Diversas pessoas e instituições participaram de alguma forma deste trabalho; em especial agradeço a:

Prof. Dr. João Maurício Rosário, pela orientação.

Prof. Dr. Márcio Rillo, Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho e Prof. Dr. Geraldo Nonato Telles, por aceitarem compor as bancas examinadora e de qualificação.

Minha família e amigos.

Fundação Centro Tecnológico para Informática, por incentivar o aperfeiçoamento de minha formação.

Telemecanique (Groupe Schneider) através de seu Diretor Pres. Dr. Pierre Becker e do Eng. Rino Rinaldo Moretto, por seu apoio no fornecimento de informações técnicas e equipamentos.

Sumário

I Introdução	1
I.1 Proposta de infra-estrutura	2
I.1.1 Processamento	3
I.1.2 Comunicação	3
I.1.3 Sistema de Supervisão	4
I.2 Definição do Escopo do trabalho	4
I.3 Estruturação da dissertação	5
II A Automação e a Manufatura Integrada por Computador	7
II.1 Manufatura Integrada por Computador	7
II.2 Arquiteturas para Integração de Sistemas de Manufatura.	10
II.3 Tecnologia de Informação.	11
II.4 O Sistema Automatizado de Produção.	12
III O Sistema Automatizado de Produção como elemento de um empreendimento	14
III.1 Eixo de Função:	15
III.1.1 Modelo NBS	16
III.1.1.1 Fábrica	17
III.1.1.2 Produção (Shop)	18
III.1.1.3 Célula	18
III.1.1.4 Estação	19
III.1.1.5 Equipamento	20
III.1.2 A Funcionalidade do SAP.	21

III.2 Eixo de Comunicação	21
III.2.1 Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos - RM-OSI/ISO	23
III.2.1.1 Camada Física	24
III.2.1.2 Camada de Enlace	25
III.2.1.3 Camada de Rede	25
III.2.1.4 Camada de Transporte	26
III.2.1.5 Camada de Sessão	27
III.2.1.6 Camada de Apresentação	27
III.2.1.7 Camada de Aplicação	28
III.2.2 A comunicação em um empreendimento, a posição do SAP	29
III.2.3 Arquitetura TCP/IP	30
III.2.3.1 Aplicações (<i>appl's</i>)	31
III.2.3.2 Serviços	32
III.2.3.3 Roteamento	33
III.2.3.4 Nível Físico	33
III.3 Eixo de Informação	34
III.3.1 Modelo de base de dados	34
III.3.1.1 Externo	35
III.3.1.2 Conceitual	35
III.3.1.3 Interno	35
III.3.2 Modelos Lógicos	36
III.3.2.1 Modelo Hierárquico	36
III.3.2.2 Modelo Rede	36
III.3.2.3 Modelo Relacional	37
III.3.3 Representação de Produto - STEP.	37
III.3.3.1 Protocolos de Aplicações	39
III.3.3.2 Recursos Integrados	39
III.3.3.3 Métodos de Descrição	40
III.3.3.4 Métodos de Implementação	40
III.3.3.5 Metodologia de Teste de Conformidade	40
III.3.3.6 Conjuntos Abstratos de Teste	40
III.3.4 Aspectos de Tempo Real	41
III.3.5 O SAP e o tratamento da informação	42
IV Sistemas de Supervisão	44
IV.1 Conceituação	44
IV.2 Classificação inicial dos Sistemas de Supervisão	45
IV.2.1 Aquisição de dados:	45
IV.2.2 Aquisição e controle:	46
IV.2.3 Aquisição, controle e escalonamento:	46

IV.3	Funcionalidade dos Sistemas de Supervisão	46
IV.3.1	Visualização dos processos	46
IV.3.2	Tratamento de alarmes	47
IV.3.3	Tempo de varredura	48
IV.3.4	Escalonamento	49
IV.3.5	Aquisição de dados	49
IV.3.6	Histórico de dados e alarmes	50
IV.3.7	Tendências	50
IV.3.8	Geração de Relatórios	51
IV.3.9	Análise de dados	51
IV.3.10	Controle de processos	51
IV.3.11	Criação e manipulação de receitas	52
IV.3.12	Modos de Operação	53
IV.3.13	Restrição de acesso	54
IV.3.14	Comunicação com chão de fábrica	54
IV.3.15	Comunicação com níveis superiores	55
IV.4	Estrutura de um Sistema de Supervisão	56
IV.4.1	Sistema operacional de tempo real	56
IV.4.2	Banco de dados	57
IV.4.3	Aquisição de dados	58
IV.4.4	Interfaces de equipamentos	58
IV.4.5	Monitoração e controle	59
IV.4.6	Interface de operador	59
IV.4.7	Geração de relatórios	59
IV.4.8	Análise dos dados	60
IV.4.9	Interface de comunicação	60
IV.4.10	Gerenciador de base de dados	60
IV.5	Sistema de Supervisão e tratamento da informação	61
IV.6	Sistemas de Supervisão comerciais	62
V	O Protocolo de Especificação de Mensagens para Manufatura - MMS	63
V.1	Estrutura do MMS	64
V.1.1	Cliente/Servidor	64
V.1.2	Modelagem por Objetos	65
V.1.3	Objetos do MMS	66
V.1.3.1	Objetos MMS no Dispositivo Virtual de Manufatura - VMD	67

V.2 Serviços do MMS	68
V.2.1 Suporte do VMD	68
V.2.2 Gerenciamento de domínios	69
V.2.3 Execução remota de programas	70
V.2.4 Gerenciamento de contexto/conexão	71
V.2.5 Acesso às variáveis	72
V.2.6 Comunicação com o operador	76
V.2.7 Gerenciamento de eventos e alarmes	77
V.2.8 Serviço de gerência de semáforos	79
V.2.9 Gerenciamento de periódicos	81
V.2.10 Gerenciamento de arquivos	82
V.3 Padrões Associados	83
V.4 Barramento de Campo	85
V.4.1 Padronização do Barramento de Campo	85
V.4.2 Estrutura do Barramento de Campo	86
V.5 Uso do MMS	87
VI Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação	89
VI.1 Objetivos Gerais	89
VI.1.1 Cooperação com a Indústria:	90
VI.1.2 Ensino:	90
VI.1.3 Pesquisa:	90
VI.2 Arquitetura da PIPEFA.	91
VI.3 Descrição do posto de montagem e desmontagem	94
VI.4 Supervisão	96
VI.5 Suporte ao trabalho cooperativo	97
VI.6 Extensões	99
VI.7 Conclusão	100
VII Proposta de Integração	101
VII.1 Metodologia de Especificação	102

VII.2 Processamento e Comunicação na PIPEFA	103
VII.2.1 Processamento	103
VII.2.2 Comunicação	105
VII.2.2.1 Implementação física	105
VII.2.2.2 Programação	106
VII.2.2.3 Desempenho	106
VII.2.2.4 Comunicação externa	107
VII.3 Tratamento da Informação - Sistema de Supervisão	108
VII.3.1 Possibilidade de expansão	108
VII.3.2 Conexão com níveis superiores	108
VII.3.3 Sistema operacional padrão	109
VII.3.4 Interface com banco de dados padrão	109
VII.3.5 Interfaces amigáveis	109
VII.3.6 Facilidade de programação e manutenção	110
VII.3.7 Possibilidade de circular entre as diversas telas de áreas	110
VII.3.8 Possibilidade de visão de detalhes nos controladores de cada área	111
VII.3.9 Disponibilidade de <i>drivers</i> para equipamentos nacionais	111
VII.3.10 Resposta automática de alarmes	111
VII.4 Proposta de infra-estrutura para processamento e comunicação	111
VII.4.1 Caso idealizado	112
VII.4.2 Caso real	113
VII.4.2.1 Sistema de Supervisão	114
VII.4.2.2 Controladores programáveis	114
VII.4.2.3 Comunicação	116
VII.5 Conclusão	117
VIII Conclusão e sugestões	118
VIII.1 Resultados alcançados	120
VIII.2 Perspectivas futuras	122
Bibliografia	123

Lista de Figuras

I.1: Metodologias de Especificação e Tecnologias Habilitadoras.	2
II.1: Estágio intermediário de Informatização/Automação	9
II.1.1: Sistema de Manufatura Integrada por Computador.	10
II.3: Necessidade de Informação na Empresa.	12
III.1: Diagrama FIC.	15
III.1.1: Modelo NBS	17
III.2.: O modelo OSI-ISO	23
III.2.2: Escopo dos modelos de comunicação	29
III.2.3 Arquitetura TCP/IP	31
III.3: Arquitetura para Base de Dados	34
III.3.2: Estrutura do STEP	38
IV.4: Arquitetura de um Sistema de Supervisão.	56
IV.5: Posição do Sistema de Supervisão no diagrama FIC.	61
V: Relação Cliente/Servidor no MMS	65
VI.2: Estrutura conceitual da plataforma.	93
VI.3: Posto de montagem/desmontagem.	95

VII.2: Comunicação e Processamento na PIPEFA	104
VII.4.1: Caso idealizado	112
VII.4.2: Caso real.	113

Nomenclatura

ARIS - *Architecture of Integrated Information Systems.*

ARPANET - *Advanced Research Projects Agency Network.*

ASN1 - *Abstract Syntax Notation One.*

ANSI - *American National Standards Institute.*

BD - Base de dados.

CAD - *Computer Aided Design.*

CAM - *Computer Aided Manufacturing.*

CAPP - *Computer Aided Process Planning.*

CCITT - *Consultative Committee for International Telegraph and Telephone.*

CEP - Controle Estatístico de Processo.

CIM - *Computer Integrated Manufacturing.*

CIM-OSA - *Open System Architecture for CIM.*

CP - Controlador Programável.

CNC - Controle Numérico Computadorizado.

CT - Centro de Tecnologia da UNICAMP.

CTI - Fundação Centro Tecnológico para Informática.

DDE - *Dynamic Data Exchange.*

DFA - *Design for Assembly.*

DFM - *Design for Manufacturing.*

E/S - *Entrada /Saída.*

FAIS - *Factory Automation Interconnection System.*

FIC - *Função, Informação e Comunicação.*

FEE - *Faculdade de Elétrica da UNICAMP.*

FEM - *Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP.*

FIP - *Factory Information Protocol (Flux d'Information Processus).*

FTP - *File Transfer Protocol.*

FTAM - *File Transfer ,Access and Management.*

GBD - *Gerenciador de Base de Dados.*

GRAI-GIM - *GRAI Integration Methodology.*

HART - *Highway Address Remote Transducer.*

IEC - *International Electrotechnical Commission.*

IEEE - *Institute of Electrical and Electronic Engineers.*

ISA-SP50 - *International Society for Measurement and Control - Standards and Practices Group 50.*

ISO - *International Organization for Standardization.*

LAN - *Local Area Network.*

NBS - *National Bureau of Standards.*

NFS - *Network File System.*

MAP - *Manufacturing Automation Protocol.*

MMS - *Manufacturing Message Specification.*

MRP - *Materials Requirement Planning.*

OLE - *Object Linking and Embedding.*

OSI- *Open Systems Interconnection.*

PDES - *Product Data Exchange Specification.*

PERA - *Purdue Enterprise Reference Architecture.*

PIPEFA - *Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação.*

PME - *Pequenas e Médias Empresas.*

PROFIBUS - *Processus FieldBus.*

RENPAAC - *Rede Nacional de Pacotes.*

RM-OSI/ISO - *Reference Model - Open Systems Interconnection / ISO.*

SAP - *Sistema Automatizado de Produção.*

SDCD - *Sistema Digital de Controle Distribuído.*

SMTP - *Simple Mail Transfer Protocol.*

SS - *Sistema de Supervisão.*

SQL - *Structured Query Language.*

STEP - *Standard for the Exchange of Product Model Data.*

TELNET - *Network Terminal Protocol.*

TCP/IP - *Transmission Control Protocol / Internet Protocol.*

TOP - *Technical and Office Protocol.*

UDP - *User Datagram Protocol.*

VMD - *Virtual Manufacturing Device.*

VT - *Virtual Terminal.*

WAN -*Wide Area Network.*

Resumo

KOYAMA, Mauro Ferreira, *Proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para um Sistema Automatizado de Produção*, Universidade Estadual de Campinas, 1995, Tese (Mestrado).

Neste trabalho apresenta-se uma proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para um Sistema Automatizado de Produção (SAP).

Conceitua-se o SAP, de acordo com uma descrição em três eixos: funcional, informação e comunicação. Utiliza-se as classificações correntes para estes eixos, para o eixo funcional é usado o modelo de cinco camadas do National Bureau of Standards (NBS), para o eixo de comunicação o modelo de referência para sistemas abertos da ISO e para o eixo de informação um modelo baseado nos trabalhos do ANSI/SPARC.

Uma vez posicionado o SAP neste contexto, mostra-se a necessidade da existência de um sistema de informação adequado, que permita-lhe interagir com os níveis decisórios do empreendimento.

Apresenta-se os conceitos de Sistema de Supervisão, mostrando que tal sistema pode constituir parte da infra-estrutura de comunicação e processamento.

Apresenta-se critérios para especificação da infra-estrutura. Propõe-se uma aplicação na Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação, em desenvolvimento na Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP.

Palavras Chave:

Sistema de coleta automática de dados, Sistemas de controle digital, Sistemas flexíveis de fabricação, Redes de computação - Protocolos, Automação industrial - Protocolos.

Abstract

KOYAMA, Mauro Ferreira, *Proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para um Sistema Automatizado de Produção*, Universidade Estadual de Campinas, 1995, Tese (Mestrado).

This study presents a proposal for a communication and processing infrastructure to be used on the factory floor.

A tripartite model encompassing, function, information and communication, is used to define the problem. The NBS Model is used for determination of the functional part, the ISO Reference Model for the communication part and the ANSI/SPARC Architecture for the information part. Within the context of this proposed model the need for a factory floor information system is discussed and that system is then related to the model.

A discussion of SCADA concepts shows that the infrastructure must be compatible with such concepts.

Criteria for the infrastructure specifications are presented. An application of these criteria on the PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação), being developed at the State University of Campinas (UNICAMP), is presented.

Keywords

Digital control systems, SCADA, Flexible manufacturing systems, Computer networks protocols, Manufacturing automation protocols.

Introdução

Neste trabalho serão apresentadas metodologias para especificação da infra-estrutura de comunicação, de processamento e do sistema de supervisão do projeto PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação) [PIP95]; ao mesmo tempo apresenta-se as tecnologias que atendem aos requisitos de especificação no momento, observando-se que alguns recursos ainda não estão disponíveis a custos acessíveis. Finalmente será apresentada uma proposta inicial de especificação para aplicação na PIPEFA, incorporando os conceitos e as tecnologias descritas.

A fig. I.1 ilustra esta abordagem, apresentando em um nível o uso de metodologias de especificação e em outro o uso de tecnologias habilitadoras nas áreas de interesse: dispositivos de manufatura, comunicação, processamento, interface homem-máquina e base de dados.

Na concepção da PIPEFA foram considerados os requisitos da integração de sistemas, procurando tanto atender as necessidades de infra-estrutura produtiva quanto as demais necessidades de uma empresa, através da definição de uma infra-estrutura de comunicação que permitirá a troca de experiências e a colaboração entre as instituições participantes.

Através desta infra-estrutura de comunicação o projeto PIPEFA oferecerá recursos para o exercício de sua faceta multidisciplinar, permitindo a interação entre instituições que possuem uma característica de complementaridade em relação à Automação da Manufatura. Dentro desse contexto, foi criado um grupo de pesquisa envolvendo a **Faculdade de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia da UNICAMP - CT** e a **Fundação Centro Tecnológico para Informática - CTI**, concentrando seus esforços no estudo de problemas de Automação Industrial e Robótica.

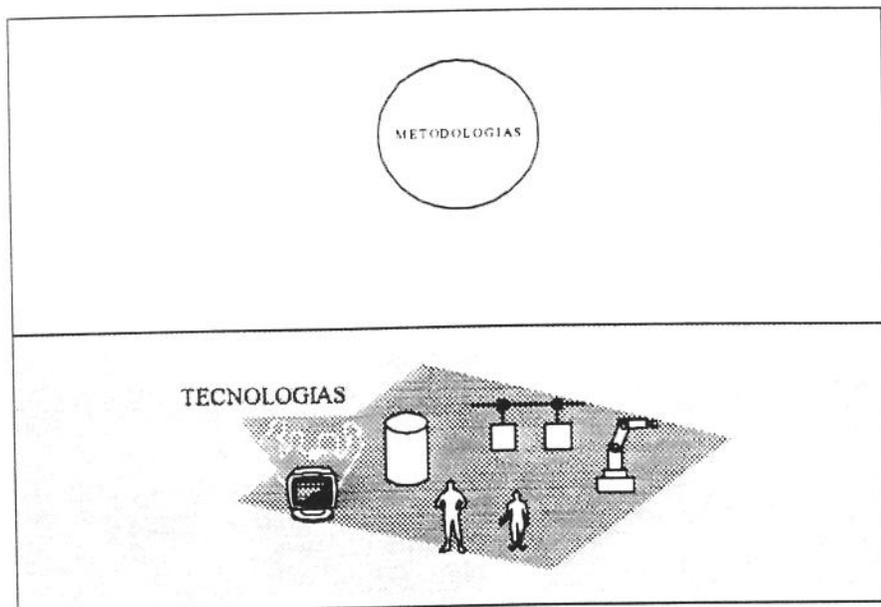


Figura I.1: Metodologias de Especificação e Tecnologias Habilitadoras.

A PIPEFA poderá interagir com estas instituições por meio da infra-estrutura de comunicação e processamento e de um sistema de supervisão, o qual permitirá, através de um sistema de mensagens de manufatura, a troca de informações com as instituições parceiras e empresas, buscando atender os seus objetivos gerais de Ensino, Pesquisa e Cooperação com a Indústria (vide Cap. VI).

I.1 Proposta de infra-estrutura

Nos itens seguintes discorrer-se-á brevemente sobre as três áreas fundamentais da proposta: comunicação, processamento e sistema de supervisão. Estas áreas serão detalhadas no corpo da dissertação, como indica-se no item "Estrutura da Dissertação".

I.1.1 Processamento

Do ponto de vista de Processamento a infra-estrutura proposta considera as necessidades computacionais impostas pelos equipamentos de produção, que implicam em dispositivos controladores com características de tempo real, considera também requisitos de tolerância a falhas, flexibilidade, disponibilidade e capacidade de supervisão do processo produtivo. Os requisitos gerais de funcionalidade que devem ser atendidos pela área de processamento são apresentados no Cap. III e no Cap. VII o qual também apresenta a proposta para a PIPEFA.

A programação dos dispositivos de manufatura poderá ser feita a partir da utilização do conjunto de linguagens proposto na norma IEC 1131 - Controladores Programáveis, parte 3- Linguagens de Programação [IEC92], entre estas linguagens pode-se destacar a linguagem IEC 848- Preparação de Cartas Funcionais para Sistemas de Controle [IEC91] e a Linguagem de Relês.

I.1.2 Comunicação

A Comunicação requer capacidade de **conexão local** entre os equipamentos de produção e capacidade de **conexão remota** com as instituições parceiras. A conexão local apresenta requisitos de tempo real e a definição das redes internas da PIPEFA, aqui proposta, considera estes requisitos. A conexão remota apoia-se na estrutura já existente na UNICAMP

Propõe-se a adoção de **protocolos abertos** de comunicação, entendidos como aqueles conjuntos de protocolos definidos por normas nacionais e internacionais e aqueles criados por companhias privadas que tenham obtido ampla aceitação no mercado (protocolos de direito e de fato). Apresenta-se no Cap. III a descrição do modelo OSI/ISO para sistemas abertos de comunicação.

Em especial é recomendado o uso do protocolo MMS (ISO 9506) [MMS90], que consiste em um sistema de mensagens para a manufatura, permitindo a interação das aplicações com os dispositivos de chão de fábrica. O MMS, seus padrões associados e os protocolos de Barramento de Campo serão apresentados no Cap. V.

I.1.3 Sistema de Supervisão

Um sistema de supervisão é um conjunto composto por *hardware* e *software* cujo propósito é de permitir a supervisão, aquisição de dados e eventual controle das atividades executadas no chão de fábrica. O sistema de supervisão congrega na prática as áreas de processamento e comunicação, como será esclarecido no Cap. IV.

Os sistemas disponíveis atualmente resolvem o problema da interoperação entre os diversos dispositivos de chão de fábrica através do uso de módulos de *software* tradutores para as diversas linguagens de programação proprietárias utilizadas pelos fabricantes. Estes módulos diminuem a eficiência do sistema e o fato dos dispositivos não se comunicarem diretamente diminui o desempenho e a segurança contra falhas. O enfoque proposto neste trabalho é a migração para sistemas abertos, onde persegue-se a adoção de padrões de direito e de fato, que permitam ao usuário escolher livremente seus dispositivos cortando os laços de dependência com um particular fabricante.

Buscar-se-á a utilização de um sistema de supervisão que atenda, de maneira a mais aproximada possível, a este objetivo.

I.2 Definição do Escopo do trabalho

Dada a abrangência do problema estudado e a pouca oferta de dispositivos de manufatura aderentes aos sistemas abertos no país, esta dissertação propõe-se montar uma base inicial, onde trabalhos posteriores poderão apoiar-se para permitir uma evolução do projeto PIPEFA, preenchendo lacunas que não puderam ser consideradas neste trabalho, tanto por exceder o escopo do mesmo quanto pela limitação de tempo.

Assim o escopo do trabalho ficará restrito à definição das metodologias de projeto nas áreas de interesse e a aplicação, em caráter inicial, dos conceitos estudados na proposta de infra-estrutura de comunicação, processamento e sistema de supervisão para a PIPEFA.

I.3 Estruturação da dissertação

Descreve-se brevemente o conteúdo dos capítulos desta dissertação:

Cap. I Introdução

Define o propósito do trabalho e o posiciona dentro do projeto PIPEFA.

Cap. II A Automação e a Manufatura Integrada por Computador.

Apresenta o problema genérico de Integração da Manufatura, mostra a necessidade de um Sistema Automatizado de Produção (SAP) comunicar-se com o restante da empresa para atingir os objetivos de integração.

Cap. III O Sistema Automatizado de Produção como elemento de um empreendimento

Utiliza um enfoque simplificado de Tecnologia de Informação para posicionar o SAP dentro da empresa, propõe uma descrição da funcionalidade do SAP segundo três vistas: funcional, de comunicação e de informação. Esta classificação procura aderir a normas já existentes.

Introduz a existência de tecnologias habilitadoras que permitem a implementação do SAP segundo os métodos apresentados.

Cap. IV O Sistema de Supervisão

Descreve os conceitos genéricos de um Sistema de Supervisão, mostrando a relação do mesmo com os conceitos de Tecnologia de Informação apresentados no capítulo anterior.

Cap. V O Protocolo de Especificação de Mensagens para a Manufatura - MMS

Descreve o Sistema de Mensagens para Manufatura (MMS), norma ISO 9506. Apresenta também o conjunto de protocolos associados que detalham o MMS para os dispositivos de manufatura (Robôs, Controladores Programáveis e Máquinas CNC).

Mostra a relação do MMS com o Barramento de Campo e como os conceitos do MMS foram incorporados neste último.

Cap. VI A Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação.

Apresenta a PIPEFA, descrevendo suas motivações e os objetivos gerais pretendidos. Detalha um dos postos de operação em implementação.

Coloca a necessidade da PIPEFA estar disponível pelas instituições parceiras, representando o chão de fábrica de uma empresa virtual; introduz as dificuldades para a concretização deste requisito.

Mostra como os conceitos de Tecnologia de Informação e de Sistemas de Supervisão podem colaborar para a consecução dos objetivos gerais.

Propõe algumas possíveis extensões à PIPEFA, baseado na análise de sistemas semelhantes descritos na literatura

Cap. VII Proposta de Integração

Propõe uma Infra-estrutura de Comunicação e Processamento que em conjunto com um Sistema de Supervisão poderá suportar os objetivos da PIPEFA; esta proposta está baseada em metodologias que também são apresentadas

Coloca as limitações de ordem prática para a implementação da proposta (a qual tem intencionalmente um caráter abrangente para atender o objetivo de pesquisa), propõe uma implantação escalonada que seja compatível com a tecnologia disponível.

Cap. VIII Conclusão

Apresenta o estado da implementação dos conceitos apresentados na PIPEFA, os trabalhos que estão em andamento já utilizando a estrutura disponível e discorre sobre possibilidades de evolução da PIPEFA e novos trabalhos.

Bibliografia

A Automação e a Manufatura Integrada por Computador

Neste capítulo será apresentado o conceito de Manufatura Integrada por Computador, serão listadas algumas arquiteturas de integração de sistemas, as quais propõem metodologias para implementação deste conceito. Serão introduzidos ainda os conceitos de tecnologia de informação e de sistema automatizado de produção.

Todos estes conceitos, com exceção do conceito de Manufatura Integrada por Computador, serão aprofundados nos capítulos posteriores e buscar-se-á sua incorporação na proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para a Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação (PIPEFA).

II.1 Manufatura Integrada por Computador

As empresas de manufatura têm buscado um aumento de sua eficiência, produtividade e flexibilidade, para atender a um mercado cada vez mais exigente e ter possibilidade de enfrentar uma concorrência crescente [ROZ94].

Num primeiro instante o uso de técnicas isoladas como a Tecnologia de Grupo, o Projeto Auxiliado por Computador e MRP (*Materials Requirement Planning*) possibilitam um ganho competitivo [PLO87][AGO91], mas este ganho não é suficiente para garantir a permanência da empresa no mercado; surge então a necessidade de integrar realmente a empresa, dentro de uma visão global de gerência que permita a incorporação de outras técnicas e métodos que assegurarão a vantagem competitiva (*Just in Time Production, Total Quality Management, ...*). Este é o objetivo da Manufatura Integrada por Computador (CIM).

O termo CIM (*Computer Integrated Manufacturing* - Manufatura Integrada por Computador) foi cunhado por Joseph Harrington em 1973, desde então tem sido utilizado com diversas variantes de interpretação, traíndo o significado original que Harrington lhe atribuiu. Esta é a opinião manifestada por Conaway [CON85] e Plossl [PLO87], para os quais este significado era o de que "uma organização de manufatura pode funcionar com um fluxo de informação ininterrupto". Estes autores afirmam que muitos se desviaram desta diretiva e transformaram o conceito de CIM em uma tecnologia misteriosa e complexa.

Conaway especialmente observa que os modelos de CIM da época (1985) desconsideravam aspectos não técnicos do negócio de manufatura, como o marketing, vendas, serviço, finanças e administração; os modelos mostravam o CIM como um conjunto de tecnologias do tipo "assistido por computador", como CAD (Projeto Assistido por Computador), CAM (Manufatura Assistida por Computador), CAPP (Planejamento de Processos Assistido por Computador) e outras.

Este enfoque, ver o CIM simplesmente como o agrupamento de tecnologias já existentes, pode levar a problemas do tipo criação de "ilhas de automação".

Como vê-se na fig. II.1 as ilhas de automação podem estar não apenas no chão de fábrica (na forma de células ou de estações automatizadas que não têm capacidade efetiva de comunicação com o restante do empreendimento) como também no departamento de engenharia (que pode dispor de um conjunto de pacotes de CAD e CAPP que não se comunicam entre si e nem com o restante do empreendimento) e finalmente também nos departamentos administrativos e financeiros - ilhas de automação de escritório - com uso de aplicativos que não podem comunicar-se facilmente com os de outros departamentos.

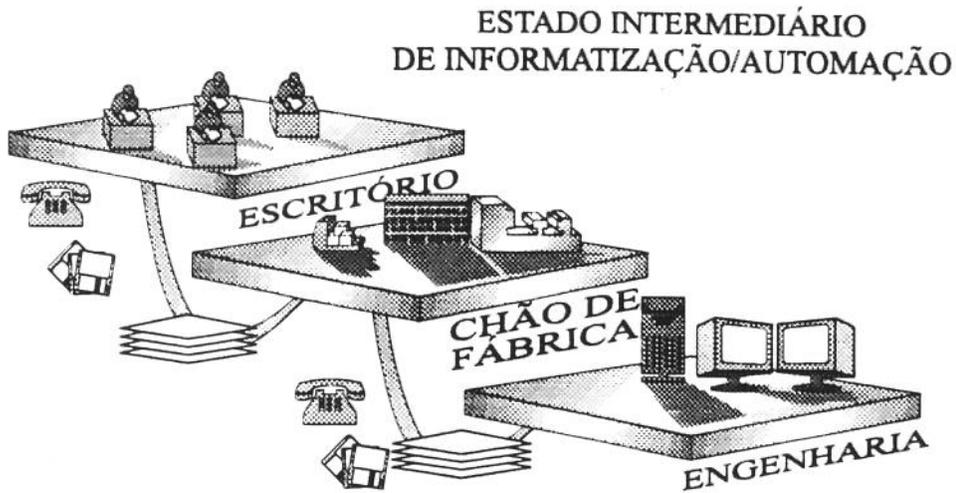


Figura II.1: Estágio intermediário de Informatização/Automação

A Manufatura Integrada por Computador deve utilizar as potencialidades que a presença do computador na empresa apresenta. Merchant [MER85] assim as lista: capacidade de programação e otimização *on-line*, capacidade de lidar tanto com os equipamentos de manufatura (máquinas, controladores eletrônicos) quanto com os componentes de *software* (base de dados, fluxo de informações) e, finalmente, a capacidade que o computador possui de realizar as funções anteriores não apenas para a produção mas para todo o empreendimento. Ele conclui daí que o computador tem o potencial de servir como ferramenta para a integração da manufatura.

Verifica-se pelas observações de Merchant que o uso de tecnologias isoladas assistidas por computador não significa integração da manufatura, pois o CIM requer que as diversas aplicações convivam simultaneamente e de maneira harmônica, colaborando para a execução dos objetivos da organização.

Reproduz-se na fig. II.1.1 o sistema de manufatura integrada por computador considerado no artigo de Merchant, observa-se que há **comunicação** entre os diversos módulos apresentados na figura, eles interagem para fornecer os produtos os quais são decorrência das necessidades dos clientes (que estabelecem os requisitos do produto) e da criatividade dos projetistas (que determinam as características do produto para atender os requisitos dos clientes e as restrições da estrutura produtiva).

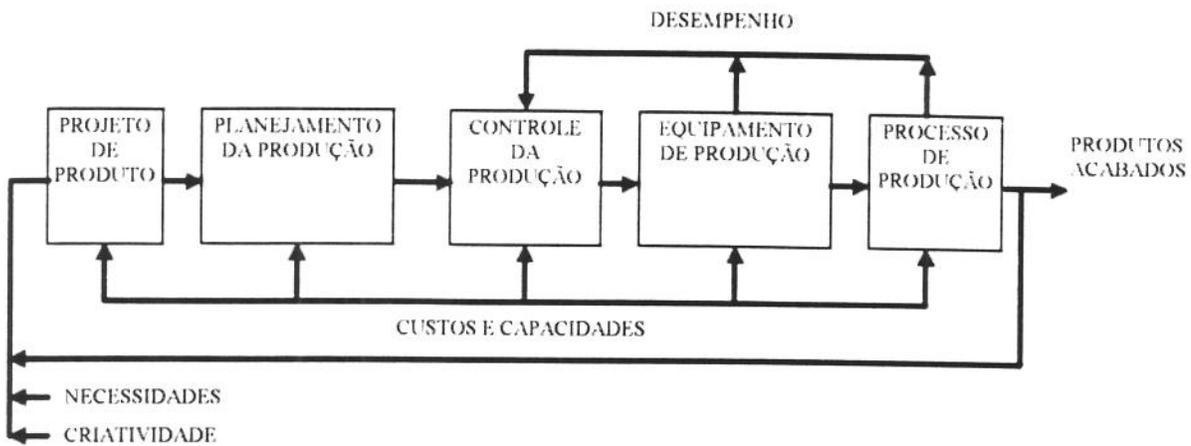


Figura II.1.1: Sistema de Manufatura Integrada por Computador.

II.2 Arquiteturas para Integração de Sistemas de Manufatura.

Conaway sugere que oportunidades para integração em um empreendimento ocorrem através do uso de redes de computadores e controle das informações; sugere também que para solucionar o problema do surgimento de ilhas de automação sejam utilizados padrões através de uma arquitetura aberta de computadores.

A definição de tal arquitetura foi objeto de análise de diversas instituições e empresas; atualmente existem algumas arquiteturas para sistemas CIM, como a CIM-OSA (*Open System Architecture for CIM*) [CIM89], a arquitetura PERA (*Purdue Enterprise Reference Architecture*) [WIL93] a GRAI-GIM (*GRAI Integration Methodology*) [GRA87] e a ARIS (*Architecture of Integrated Information Systems*) [SCH92]

Estas arquiteturas tentam preencher a lacuna indicada por Conaway ou seja consideram também os aspectos não técnicos do empreendimento. No caso da CIM-OSA isto é realizado através da definição de uma série de “vistas” da empresa (funcional, organizacional, recursos e informação).

II.3 Tecnologia de Informação.

O CIM deve ser considerado não como um apanhado de tecnologias, mas como um conjunto coerente de métodos e técnicas de manufatura apoiado pelo uso de suporte computacional (redes de computadores e os computadores propriamente) e de ferramentas de desenvolvimento e programação. Entre os métodos pode-se citar o MRP, MRPII, a Tecnologia de Grupo, a Engenharia Simultânea e o DFA/DFM (*Design for Assembly Manufacturing*).

Estes métodos apoiam-se no uso das ferramentas de desenvolvimento/programação, algumas das quais estão por sua vez incorporadas em sistemas CAD/CAM/CAPP.

Shina [SHI91] em seu livro sobre Engenharia Simultânea reconhece a necessidade da existência de uma série de “tecnologias habilitadoras” as quais permitem que os conceitos do DFM sejam incorporados em um empreendimento. No Cap. 12 de seu livro (*Tools for DFM - The Role of Information Technology in DFM*), discorre sobre o papel da Tecnologia de Informação como suporte para o DFM.

A Tecnologia de Informação na realidade suporta os métodos necessários em um sistema CIM, Shina define Tecnologia de Informação como sendo: “num sentido mais amplo é uma ferramenta para prover informações (não apenas dados sem tratamento) para fazer uma melhor tomada de decisões em todos os níveis...”.

Os sistemas de suporte à decisão necessitam utilizar a Tecnologia de Informação para facultar a consecução de seus objetivos, através da gerência dos recursos disponíveis - Homens, Máquinas, Materiais e Dinheiro [THI82].

A fig. II.3 mostra quais são as necessidades de informação em um empreendimento, verifica-se que no nível de gerência há uma necessidade maior de informações externas , as informações internas à empresa chegam a este nível devidamente condensadas e filtradas, para permitir aos dirigentes a tomada de decisões **estratégicas** características deste nível. Em contraposição, no nível de chão de fábrica, quase não há necessidade de informações externas, mas há um grande volume de informações internas necessárias às decisões **operacionais**.

Nota-se aqui a necessidade de um elo de ligação entre o chão de fábrica e a gerência, a qual necessita receber alguns dados como: “qual foi a produção semanal do produto X”, “qual foi o rendimento da linha de produção Y”, “estamos atingindo o nível Z de qualidade no produto X”; a partir dos quais poderá executar as suas funções (por ex. decidir modernizar a linha de produção Y). Este elo é realizado através do uso de Sistemas de Informação (SI) os quais implementam os conceitos da Tecnologia de Informação.

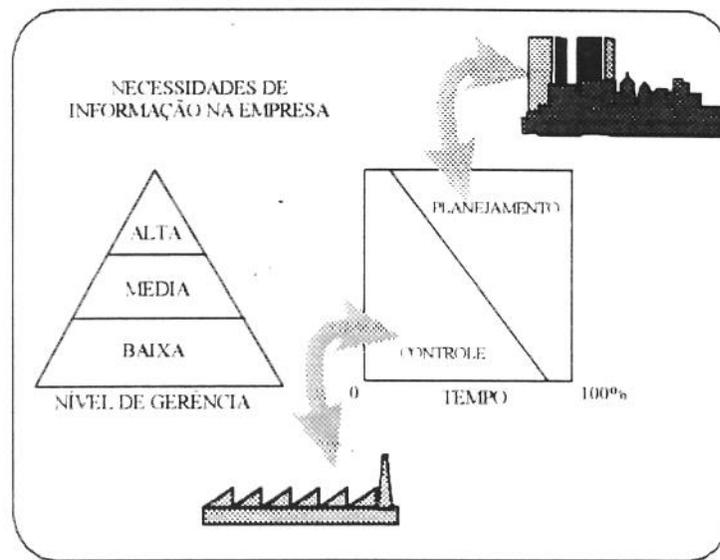


Figura II.3: Necessidade de Informação na Empresa.

II.4 O Sistema Automatizado de Produção.

Nesta dissertação discute-se a necessidade de uma estrutura de comunicação que permita que os diversos módulos apresentados por Merchant cooperem formando um sistema CIM. Esta estrutura suportará um SI que permitirá a um Sistema Automatizado de Produção (SAP), desenvolvido na UNICAMP comunicar-se com os outros níveis hierárquicos os quais poderão estar na própria UNICAMP ou externos.

Um SAP pode ser posicionado, segundo a fig. II.3 no nível de baixa gerência, necessitando de uma grande quantidade de informações operacionais (do chão de fábrica) e de uma quantidade relativamente pequena (mas não desprezível) de informações dos outros níveis de gerência.

Para operar de maneira condizente com os conceitos de Integração da Manufatura, o SAP deve ser capaz de interagir com os outros componentes da empresa, trocando informações e trabalhando de maneira cooperativa. Como foi apresentado esta interação se dá através do uso de um SI.

No Cap. III será apresentado um modelo reduzido de SI, onde se coloca a dependência do SI com os aspectos de comunicação, funcionalidade e informação, existentes em um empreendimento.

No Cap. IV discorrer-se-á sobre Sistemas de Supervisão, mostrando que os mesmos podem incorporar recursos de SI, de tal forma a permitir a gestão de um SAP.

Finalmente, estes conceitos serão incorporados na proposta para a PIPEFA, no Cap. VII

O Sistema Automatizado de Produção como elemento de um empreendimento

Neste capítulo apresentar-se-á a posição do Sistema Automatizado de Produção (SAP) no âmbito de um empreendimento, mostrando-se como o mesmo relaciona-se com os demais componentes do empreendimento. Viu-se no capítulo anterior uma descrição sucinta da Manufatura Integrada por Computador (CIM), neste capítulo mostra-se como o SAP interage com os outros componentes para permitir a incorporação dos conceitos do CIM.

Para posicionar o SAP no contexto de um empreendimento considerar-se-á a visão deste de acordo com a ótica de um Sistema de Informação (SI), representada pelo diagrama FIC (Função, Informação e Comunicação) fig. III.1, o qual agrupa os elementos mais relevantes de um SI.

O diagrama consiste de três eixos: Função, Informação e Comunicação; as setas indicam os níveis crescentes de complexidade associados a cada um deles.

O propósito deste diagrama é mostrar que o SAP não deve ser visto como elemento isolado mas sim como parte de um todo. Esta visão ampliada permitirá ao SAP participar melhor do empreendimento, permitindo a realização dos objetivos de uma estratégia de CIM.

A seguir descreve-se em mais detalhes os eixos, observando que cada um deles fornece uma vista diferente do empreendimento, que é observado sob ângulos distintos em cada caso.

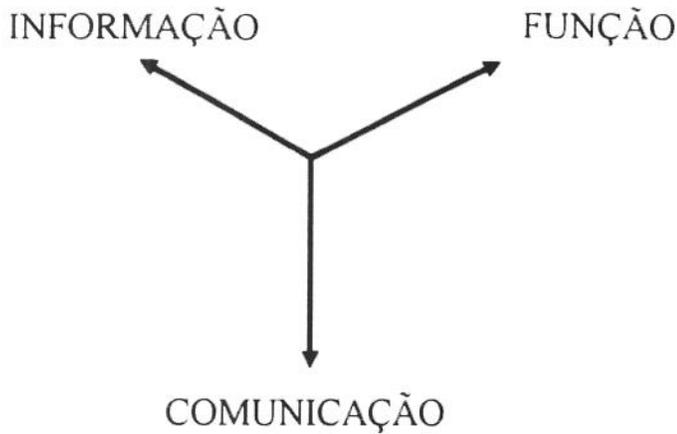


Figura III.1: Diagrama FIC.

III.1 Eixo de Função:

Este eixo está associado à descrição das atividades presentes no empreendimento, desde o nível de chão de fábrica até o nível de gerência; normalmente a descrição de um empreendimento considera prioritariamente este eixo, os modelos de Arquiteturas de Referência, como o CIM-OSA (que contém quatro vistas ou eixos), passaram a considerar o empreendimento em um contexto mais amplo.

Visando facilitar a implantação do CIM diversas arquiteturas de integração de sistemas surgiram, tanto no meio acadêmico quanto no meio industrial. Em especial podem ser citadas no primeiro caso as arquiteturas **CIM-OSA** (*Open Systems Architecture for CIM*) [CIM89], **PERA** (*Purdue Enterprise Reference Architecture*) [WIL93], **GRAI-GIM** (*GRAI Integrated Methodology*) [GRA87] e **ARIS** (*Architecture of Integrated Information Systems*) [SCH92] e, do segundo caso, as arquiteturas proprietárias da **IBM** [IBM89] e **DEC** [DEC90].

A complexidade destas arquiteturas é muito alta, dado o fato das mesmas tentarem incorporar todos os aspectos pertinentes ao CIM, incluindo aqueles relativos à organização do empreendimento e do pessoal, além dos aspectos mais tradicionais ligados à produção.

Existem modelos de empreendimentos que referenciam os aspectos de comunicação, de processamento e descrição funcional da empresa, fornecendo uma visão mais simples, mas não

menos útil. Dentre estes, considerando o aspecto funcional, podemos citar o **Modelo da ISO** (*Reference Model for Manufacturing Standards*) [ISO87], o **Modelo NBS** (*The Automated Research Facility of the National Bureau of Standards*) [NBS83] e o **Modelo de Purdue** (*A Reference Model for Computer Integrated Manufacturing*) [WIL87].

Os Modelos da ISO e da NBS são bastante semelhantes, sendo que este último é mais simples, possuindo uma camada a menos (5 contra 6 do Modelo ISO), sendo mais utilizado [BAU94], talvez até pelo fato de ser anterior ao Modelo ISO. O modelo de Purdue é pouco referenciado para manufatura e não se aprofundará sua análise.

Escolheu-se o Modelo NBS como Modelo de Automação para o propósito deste trabalho, considerando-se que o mesmo é mais simples do que o Modelo ISO e que as camadas inferiores de Equipamento, Estação e Célula são virtualmente idênticas àquelas do Modelo ISO, sendo que estas camadas serão especialmente referenciadas neste trabalho

III.1.1 Modelo NBS

O Modelo NBS é composto por cinco camadas: Fábrica (*Facility*), Produção (*Shop*), Célula (*Cell*), Estação (*Workstation*) e Equipamento (*Equipment*) fig.III.1.1.

A idéia do modelo é descrever as funções de um empreendimento de maneira hierárquica, em camadas, sendo que cada camada define um nível hierárquico e utiliza os recursos oferecidos pelas camadas inferiores. Esta decomposição em camadas também é uma característica do Modelo ISO de Automação e do Modelo ISO de Comunicação, sendo que este último será apresentado posteriormente (item III.2 Eixo de Comunicação), quando também será mostrada a justificativa do desenvolvimento dos modelos em camadas.

Apresenta-se a seguir uma descrição das camadas do Modelo NBS

III.1.1.1 Fábrica

É a camada de nível hierárquico mais alto e, de acordo com McLean [NBS83], é composta por três subsistemas: Engenharia da Manufatura, Gerência de Informação e Gerência de Produção; segundo Odrey [ODR86] esta camada realiza as funções de planejamento de longo prazo, saídas típicas desta camada para os níveis inferiores são: Projetos de Componentes, Planos de Processos, Ordens de Produção e Ordens de Compra.

NÍVEL	FUNÇÃO
FÁBRICA	Planejamento da Produção de longo prazo, Projetos, Controle Financeiro, Gerência de Informação, de Engenharia e de Manufatura
PRODUÇÃO	Planejamento da Produção de curto prazo, Escalonamento da Produção, Gerência de Tarefas, Alocação de Recursos
CÉLULA	Análise de Tarefas, Gerência de Lotes, Escalonamento, Despacho, Monitoração, Roteamento
ESTAÇÃO	Preparação, Escalonamento, Despacho, Monitoração, Manipulação, Limpeza e Tarefas de Inspeção
EQUIPAMENTO	Decomposição simples de Tarefas

Figura III.1.1: Modelo NBS

III.1.1.2 Produção (Shop)

Esta camada foi, neste trabalho, assim denominada, para evitar confusões com o termo *Shop-floor* o qual é utilizado em alguns trabalhos, como em Rodd [ROD89], significando a camada mais baixa, equivalente à Camada de Equipamento do Modelo NBS.

Ela é responsável pela gerência em tempo real das tarefas e recursos do chão de fábrica e realiza estas funções através de dois módulos principais: Gerência de Tarefas e Gerência de Alocação de Recursos ([BAU94], [LAV88]); o Planejamento e Escalonamento da Produção a curto prazo também é executado neste nível , sendo saidas típicas: Tabelas de Produção e Alocação de Recursos (obtenção e cessão de recursos) [ODR86].

III.1.1.3 Célula

É a camada responsável pela gerência da seqüência dos lotes e das facilidades de manipulação e transporte de materiais. Contém também as funcionalidades de Escalonamento, Despacho e Monitoração. Estas três últimas funções serão mais detalhadas pois aparecem também no nível de Estação.

- **Escalonamento** - É descrito em Bauer [BAU94], dentro do modelo de PAC (*Production Activity Control*) como sendo a definição de um plano de fabricação baseado nos dados de manufatura e nas regras de escalonamento vindas da Coordenação da Fábrica.
- **Despacho** - Consiste em fazer com que este plano de fabricação seja implementado no chão de fábrica, considerando restrições de tempo real tais como quebra de máquinas ou falta de insumos, as quais não podem ser decididas a priori pelo Escalonamento.
- **Monitoração** - Transforma os dados coletados do chão de fábrica em informações relevantes aos outros módulos. Por exemplo a quebra de uma máquina deve ser notificada tanto ao Escalonamento quanto ao Despacho; no primeiro caso para que as próximas ordens de produção levem em conta este fato e no segundo para que

uma atitude imediata seja tomada para fazer com que as ordens de produção em execução sejam adequadamente realizadas.

III.1.1.4 Estação

É a camada onde surgem os dispositivos inteligentes de fabricação, como robôs e máquinas CNC, os quais cooperam para formar a estação de manufatura.

A tabela seguinte foi extraída de Odrey [ODR86], discriminando funções típicas do Controlador de Estação:

<p>Controle de Seqüência</p> <ul style="list-style-type: none">• Descarregamento de dados de controle para os controladores de máquinas ferramentas/robôs.• Coordenação de Atividades.• Recuperação limitada de erros.• Correção do deslocamento de Peça. <p>Interface com o Operador</p> <ul style="list-style-type: none">• Calibração• Manutenção• Recuperação de erros de comunicação entre computadores• Modos de Teste/Auxílio• Edição de Programas <p>Monitoração</p> <ul style="list-style-type: none">• Equipamento• Movimentação de materiais• Processos• Qualidade• Segurança
--

As funções de Escalonamento, Despacho e Monitoração são executadas pela Camada de Estação em um escopo distinto daquele em que estas funções ocorrem na Camada de Célula. Na Camada de Estação o Escalonamento tem a ver com a seqüência de operação das diversas

máquinas que compõem a estação, na Camada de Célula o Escalonamento é entre as diversas Estações. Da mesma forma ocorre para as funções de Despacho e Monitoração, sendo estas funções relativas às máquinas (equipamentos) na Camada de Estação.

Lavelle [LAV88] observa que os Controladores de Célula têm maior relação com a manipulação de dados e arquivos do que com a troca de mensagens entre máquinas. Realmente esta troca é uma característica do nível de Estação, onde as máquinas devem comunicar-se para a execução de suas operações.

McLean [NBS83] observa que a Camada de Célula considera células virtuais, um conceito mais amplo do que o da tradicional célula de manufatura. Células virtuais são dinâmicas e podem ser formadas para atender um determinado requisito de produção e depois serem desfeitas; este conceito de células virtuais não foi mais aprofundado em trabalhos posteriores, permanecendo uma certa indefinição entre as atribuições da Camada de Célula e da Camada de Estação.

III.1.1.5 Equipamento

É a última camada do modelo NBS. Neste nível a funcionalidade compreende a decomposição de tarefas em operações simples, passíveis de serem executadas pelos equipamentos de chão de fábrica. Saídas típicas desta camada são movimentos elementares como por exemplo: deslocamentos lineares, rotações de eixos, operação de agarrar.

Note-se que na descrição de Odrey [ODR86] são indicadas duas subcamadas da camada de Equipamento: a subcamada de Decomposição de Movimentos Elementares e a subcamada de Transformações de Coordenadas e Cálculo de Servos. A primeira gera trajetórias X, Y e Z e a segunda gera sinais para os servomecanismos. Com isto o modelo ficaria com sete camadas, que é justamente o número de camadas apresentadas nos trabalhos de Pritschow [PRI90] [PRI95], sendo que a funcionalidade das camadas do modelo apresentado por este autor são as mesmas deste modelo NBS estendido.

Estas duas subcamadas não são usualmente referenciadas, talvez por apresentarem um nível de detalhamento excessivo, assim será utilizado o modelo com cinco camadas já descrito.

III.1.2 A Funcionalidade do SAP.

O SAP pode ser posicionado dentro do Modelo NBS como englobando do Nível de Equipamento até o Nível de Célula. Considera-se aqui a célula como definida por Franks [FRA89].

“Célula de Manufatura - um grupo de recursos de manufatura, consistindo de máquinas e estações as quais são organizadas e escalonadas como uma entidade para aceitar componentes discretos, submontagens e materiais. A célula então adiciona valor através de processamento para criar um novo produto identificável como sua saída. Células podem ser automatizadas, semi-automatizadas, operáveis manualmente ou uma combinação dos três tipos”.

No capítulo VI serão descritas algumas aplicações encontradas na literatura, as quais possuem uma estrutura física semelhante àquela proposta para o SAP, e que estão no nível de célula.

III.2 Eixo de Comunicação

Este eixo representa as necessidades e recursos de comunicação que são necessários em um empreendimento. Usualmente é utilizado como paradigma para este eixo o Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos - RM-OSI/ISO (ISO 7498).

A descrição seguinte é baseada em duas obras de referência na área, Tanenbaum [TAN89] e Giozza [GIO86].

A motivação do modelo teve origem na necessidade da compartilhamento de informações, dados e recursos entre sistemas diversificados. Sabe-se que até mesmo quando equipamentos de um mesmo fabricante são empregados em aplicações distintas, eles podem apresentar características heterogêneas em termos da sintaxe dos dados, codificação, velocidade de transmissão entre equipamentos etc.

Portanto, em 1977 a ISO (*International Organization for Standardization*) constatou a necessidade de desenvolver padrões a fim de viabilizar a comunicação entre equipamentos

independentemente de fornecedor, implementação, tecnologia etc. e criou o subcomitê SC 16 cujo propósito era especificar um modelo de comunicação de sistemas abertos.

O termo aberto não se aplica a nenhuma maneira de implementar, tecnologia ou interconexão particular de sistemas, mas sim à adoção dos padrões ISO, de maneira que qualquer sistema que adote os padrões estabelecidos no modelo possa interagir com qualquer outro sistema que obedeça aos mesmos padrões.

O termo OSI (*Open Systems Interconnection*) refere-se aos padrões para a troca de informações entre terminais, computadores, pessoas, redes, processos etc., que estão abertos para os demais, com o propósito de troca de informação através do uso dos padrões aplicáveis. Um sistema que obedece aos padrões OSI na sua comunicação com outros sistemas é dito ser aberto.

O comitê citado propôs o Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos - RM-OSI/ISO, fig. III.2, o qual é uma descrição geral de alto nível que fornece a direção de como computadores deveriam se comunicar, descrevendo o que deve ser feito neste sentido e não necessariamente como deve ser implementado.

Ele foi definido segundo uma técnica estruturada de abstração, decompondo o problema de interconexão de sistemas abertos em módulos ou camadas mais simples, logicamente independentes. A arquitetura do RM-OSI é construída segundo um processo hierárquico onde cada camada utiliza os serviços providos pela camada imediatamente inferior, para fornecer um serviço de melhor qualidade à camada superior.

Genericamente, o processo de comunicação pode ser dividido em duas partes : o processo de definição e formatação de mensagens, e o mecanismo de entregar efetivamente a mensagem. As camadas sete e seis do modelo OSI (Aplicação e Apresentação) encarregam-se de criar, formatar e apresentar a mensagem. As camadas cinco a um (Sessão, Transporte, Rede, Enlace, e Física) tratam dos mecanismos de entrega da mensagem.

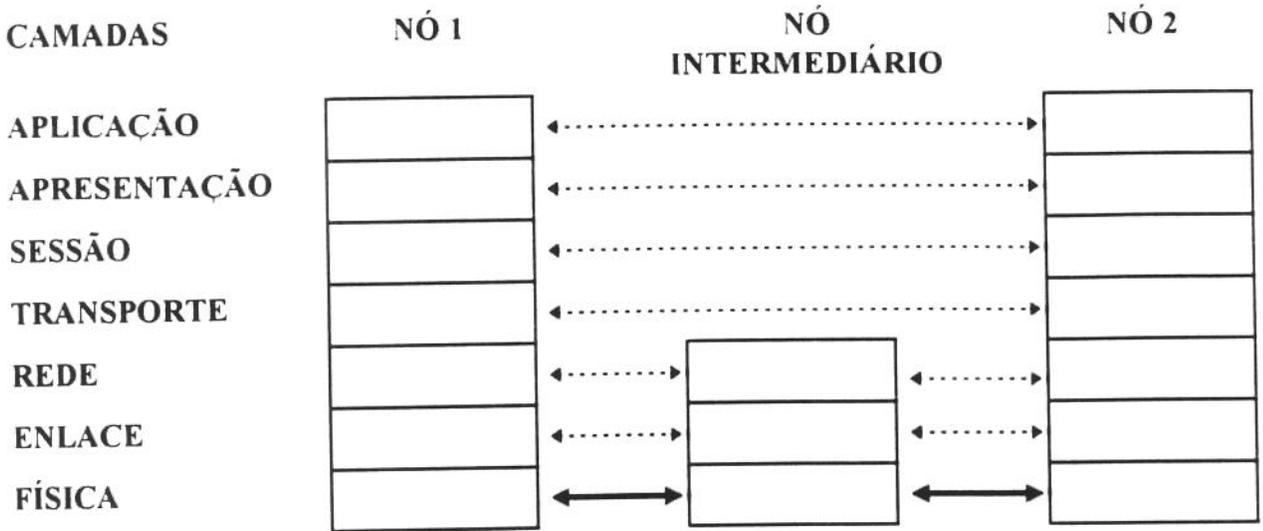


Figura III.2.: O modelo OSI-ISO

Como decorrência deste modelo em camadas, cada estação precisa ter uma interface comum em cada uma das sete camadas que compõem o modelo citado.

Uma aplicação consiste em um conjunto de requisitos de um usuário para processamento de informação. A atualização de um banco de dados, a formatação e impressão de arquivos, o processamento de contas a receber de uma empresa são exemplos de aplicações. Um processo de aplicação é um elemento lógico (programa ou trecho de um programa) em um determinado sistema que processa a informação para uma aplicação. Por exemplo, um processo que acesse e manipule os dados no sistema servidor de um banco de dados é um processo de aplicação do banco de dados.

Uma aplicação é dita distribuída quando os processos de aplicação a ela relacionados residem em sistemas distintos. Por exemplo, a transferência de arquivos através de uma rede pode ser uma ilustração de uma aplicação distribuída, desde que o processo que envia (emissor) o arquivo e o que recebe (receptor) sejam processos executados em estações distintas.

III.2.1 Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos - RM-OSI/ISO

A complexidade de uma rede de comunicação é muito grande devido aos diferentes protocolos/procedimentos envolvidos no estabelecimento de rota e de conexão para o envio de

uma mensagem, localização de nomes de aplicações/usuários, codificações e correções de erro envolvidas etc. Por isso, o modelo RM-OSI da ISO foi proposto tendo como princípio projetar uma rede com um conjunto hierárquico de camadas sendo cada uma baseada na camada inferior, reduzindo o projeto global da rede ao projeto de cada uma das camadas e assim simplificando-se consideravelmente o trabalho de desenvolvimento e de manutenção.

A arquitetura proposta no modelo contém sete camadas e segundo a própria ISO é difícil provar que este número de camadas forma a “melhor” arquitetura para a interconexão de sistemas abertos. A ISO descreve treze princípios arquiteturais utilizados para definir as sete camadas.

Uma das vantagens de uma arquitetura em camadas é a redução da complexidade do esforço global de desenvolvimento - a abstração é que não interessa para uma determinada camada como as demais implementam o fornecimento dos seus serviços; significa que para uma camada as demais são verdadeiras “caixas-pretas”.

Descrevem-se a seguir as sete camadas do Modelo de Referência ISO.

III.2.1.1 Camada Física

Define as características mecânicas, elétricas, funcionais e de procedimentos para ativar, manter e desativar conexões físicas para a transmissão de *bits* entre as entidades da camada de enlace de dados (camada 2).

A título de ilustração, seguem questões típicas tratadas por esta camada. São elas :

- codificação - níveis de tensão e intervalo de duração para codificação a nível de *bits* a serem transmitidos;
- modelo de transmissão empregado - *simplex, half-duplex, duplex, full-duplex*;
- como a conexão é estabelecida e concluída;
- pinagem dos conectores.

III.2.1.2 Camada de Enlace

Esta camada transforma um sistema de transmissão simples em uma linha que se mostra livre de erros de transmissão à camada superior (rede). Alguns meios físicos (por exemplo, linhas telefônicas) requerem o uso de técnicas específicas para que se possa transmitir dados entre sistemas, mesmo quando sob condições de taxas de erro relativamente altas (isto é, uma taxa de erros inaceitável para a grande maioria das aplicações).

Tem o propósito de prover os meios e procedimentos para ativar, manter e desativar uma ou mais conexões de enlace de dados entre entidades da camada de rede. Assim sendo, recebe os dados (*pdus* = unidades de dados de protocolo) organiza as *pdus* em quadros de dados (algumas centenas de *bits*), transmite os quadros sequencialmente e procura quadros de aviso de recebimento para retornar ao emissor (*acknowledge*).

Suas funções envolvem :

- formatar quadros - insere sinalizadores de início e fim de quadro segundo tamanho previamente estabelecido;
- detectar e possivelmente corrigir erros que podem acontecer na camada física;
- fornecer à camada de rede a capacidade de pedir estabelecimento de circuitos de dados na camada (capacidade de controlar o chaveamento de circuitos);
- viabilizar conexão entre estações com velocidades distintas.

III.2.1.3 Camada de Rede

Em um Sistema Aberto alguns nós serão origem de dados, outros serão destino e outros ainda serão nós intermediários, que executarão a tarefa de roteadores, repassando dados para outros nós.

Neste contexto, esta camada tem o propósito de fornecer rota, trajetória ou caminho de conexão (conexão de rede) entre um par de entidades da camada de transporte, possivelmente passando por nós intermediários.

Reúne protocolos para operação de rede propriamente dita, tais como algoritmos de roteamento e controle de congestionamento e tráfego, além de fornecer estatística de uso da rede por usuário.

As rotas podem ser estáticas - as mensagens seguem sempre o mesmo caminho, a partir de seqüência raramente alterada de endereços de estações previamente estabelecida -, ou dinâmicas - os caminhos mudam de acordo com estações inseridas no caminho existente ou novas estações que fornecem rotas alternativas. Estas rotas são visualizadas através de tabelas de endereços presentes nas estações conectadas a rede, especialmente nos roteadores.

As rotas podem ser estabelecidas no início de uma sessão de diálogo entre as aplicações comunicantes.

Esta camada provê os meios para estabelecer, manter e terminar conexões de rede entre sistemas contendo entidades de aplicação. Provê os meios funcionais e de procedimento para a troca de informações - através de conexões de rede - entre duas entidades da camada de transporte.

III.2.1.4 Camada de Transporte

Esta é a primeira camada cuja conexão é fim-a-fim ou fonte-destino. Significa que uma aplicação na estação de origem comunica-se diretamente com uma aplicação na estação destino, enquanto nas camadas inferiores, os protocolos abrangem a própria estação e seu vizinho imediato.

A camada de transporte é a responsável pelo isolamento entre as camadas superiores das demais, favorecendo a imunidade desejada da aplicação em relação a mudanças de *hardware*.

Sua função básica é transportar dados, cabendo recebê-los da camada de sessão, dividi-los em partes menores, se necessário, passá-los para a camada de rede e garantir que as partes cheguem íntegras a estação destino. Para tanto, cria uma conexão para a camada de sessão que é diferente da estabelecida na camada de rede. Quando esta conexão destina-se a uma aplicação que requer alto desempenho ou necessita de grande transferência de dados esta camada pode criar múltiplas conexões a partir de requisição da camada de sessão.

Tem como propósito fornecer o serviço transparente de transporte de dados (fim-a-fim) entre entidades da camada de sessão. O termo "transparente" refere-se ao fato de que as entidades de sessão (usuários da camada de transporte) não necessitam conhecer os detalhes pelos quais é alcançada uma transferência de dados confiável e econômica.

Os usuários de transporte são identificados para a camada de transporte apenas pelos seus endereços de transporte. O serviço de transferência de dados é fornecido às entidades endereçáveis sem considerar sua localização.

A complexidade das funções na camada de transporte, que são responsáveis pela qualidade do serviço oferecido, depende da qualidade do serviço de rede disponível. Se a conexão oferecida pela camada de rede for confiável e econômica, as funções necessárias na camada de transporte serão proporcionalmente reduzidas.

III.2.1.5 Camada de Sessão

Esta camada fornece serviços destinados ao estabelecimento de uma conexão-de-sessão entre duas entidades de apresentação, através do uso de conexão de transporte. Através desta camada é possível organizar e sincronizar o diálogo, e gerenciar a troca de dados entre estas entidades.

O protocolo de sessão estabelece uma "união" lógica entre dois usuários (possivelmente, entidades da camada de apresentação) transfere informação confiável entre eles e termina a "união" quando assim instruída pelos usuários envolvidos. O termo sessão aplica-se à duração da existência da "união".

A camada de sessão é a primeira no modelo de referência a permitir o diálogo entre as aplicações propriamente, as camadas inferiores não interagem diretamente com as aplicações.

III.2.1.6 Camada de Apresentação

Esta é a camada imediatamente inferior a camada de aplicação. Sua preocupação básica refere-se a sintaxe ou forma como os dados são representados para a aplicação propriamente dita considerando: a forma como ela entende o que recebe e a forma como apresenta seus

dados para serem transmitidos pela rede. Neste sentido, cuida para que as seqüências de dados transmitidos (pertencentes a um arquivo, por exemplo), ao serem passados à aplicação (por exemplo, execução remota de um programa ou impressão de um arquivo) sejam representados identicamente às seqüências de dados entregues pela aplicação-fonte.

Resumidamente, realiza funções tais como :

- criptografia ou cifragem de dados (para garantir privacidade na comunicação);
- compressão de dados (para otimizar a utilização da rede);
- codificação dos dados numa forma padrão (*Abstract Syntax Notation One - ASN.1 - ISO 8824 [ASN87]*, por exemplo);

III.2.1.7 Camada de Aplicação

Esta é a camada mais importante, como o nome indica ela é responsável pela interface com as aplicações dos usuários.

Observa-se que as aplicações dos usuários não estão contidas nesta camada, ela apenas fornece um conjunto de serviços de comunicação adequadas para cada classe de aplicações, estes serviços constituirão um pequeno subconjunto das aplicações dos usuários.

Contém uma variedade de protocolos necessários ao processamento cooperativo entre as aplicações. Alguns desses protocolos são :

- Terminal Virtual (VT - *Virtual Terminal - ISO 9040, 9041*);
- Correio Eletrônico - Existem inúmeros programas que implementam este protocolo. Cabe ressaltar o X.400 como uma recomendação (padrão) CCITT como um desses protocolos.
- Transferência de Arquivos - São vários protocolos disponíveis para este fim. Dentre eles existe o FTAM (*File Transfer Access and Management - ISO 8571*) etc.
- MMS - *Manufacturing Message Specification (ISO 9506) [MMS90]*, que é o protocolo da camada de aplicação dedicado à manufatura, o qual considera os

equipamentos existentes no chão de fábrica como robôs, controladores lógicos programáveis, comando numérico, etc.

No Cap. IV apresentar-se-á detalhadamente o MMS.

III.2.2 A comunicação em um empreendimento, a posição do SAP

Considerando-se a funcionalidade das sete camadas apresentadas pode-se dizer que os recursos de comunicação, representados no RM-OSI/ISO estão presentes em cada nível do Modelo NBS (que contempla os aspectos funcionais do empreendimento). Verifica-se no entanto que, nos níveis superiores (Fábrica e Produção), é necessária a utilização do conjunto completo de protocolos de comunicação, abarcando as sete camadas; exemplo disso é a adoção do modelo MAP/TOP [MAP88][TOP88] para estes níveis.

Nos níveis inferiores (Célula, Estação e Equipamento), devido aos requisitos de tempo real, que implicam em tempos determinísticos de acesso ao meio, bem como alto desempenho das redes, o uso das sete camadas mostrou-se inviável, sendo propostos então modelos reduzidos de comunicação, que contém apenas três camadas: Camada de Aplicação, Camada de Enlace e Camada Física; a figura III.2.2 ilustra estes aspectos.

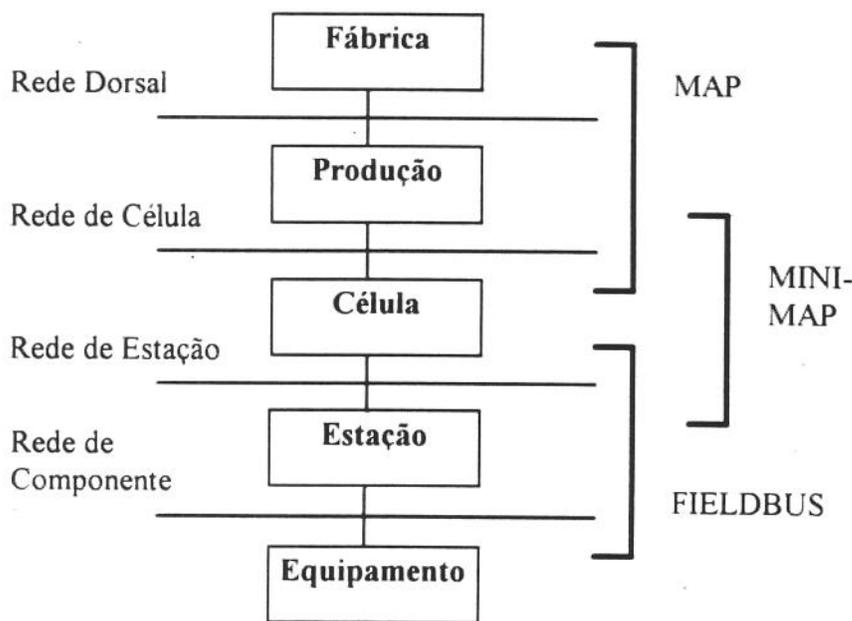


Figura III.2.2: Escopo dos modelos de comunicação

A ISO possui um comitê denominado “*Time Critical Communication Architecture in Factory Automation*”, ISO/TC184/SC5/WG2/TCCA, descrito por Nakano [NAK93], este comitê deverá publicar os resultados de seu trabalho na forma de um “*ISO Draft Technical Report Type 3*”, de número ISO DTR12178. O comitê estuda a padronização da estrutura de comunicação necessária nos níveis inferiores do Modelo ISO (funcional, que como citou-se no item III.1 é semelhante ao Modelo NBS).

A estrutura simplificada de três camadas tem sido usada nas proposta Mini-MAP [MAP88], FAIS (*Factory Automation Interconnection System*) [NAK93] e nas diversas propostas de Barramentos de Campo como o FIP [AFN90] e PROFIBUS [GOD90].

Comentários sobre o Mini-MAP e os Barramentos de Campo serão feitos no Cap. V.

III.2.3 Arquitetura TCP/IP

A arquitetura de comunicação TCP/IP tem grande importância prática, apesar de não estar conforme as especificações de sistemas abertos da ISO. A descrição simplificada seguinte baseia-se em duas fontes: Comer [COM88] e Digital Equipment Corporation [DEC91].

A arquitetura TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) é constituída por uma família de protocolos desenvolvida para possibilitar o compartilhamento de recursos entre estações cooperantes através da rede.

Foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores que trabalhavam em torno da rede ARPAnet. Desde 1987 esta família vem sendo referenciada como conjunto de **Protocolos Internet**, cuja comunidade a adotou e padronizou.

De forma simplificada, sua funcionalidade pode ser estratificada em quatro camadas (fig. III.2.3), conforme descrito a seguir.

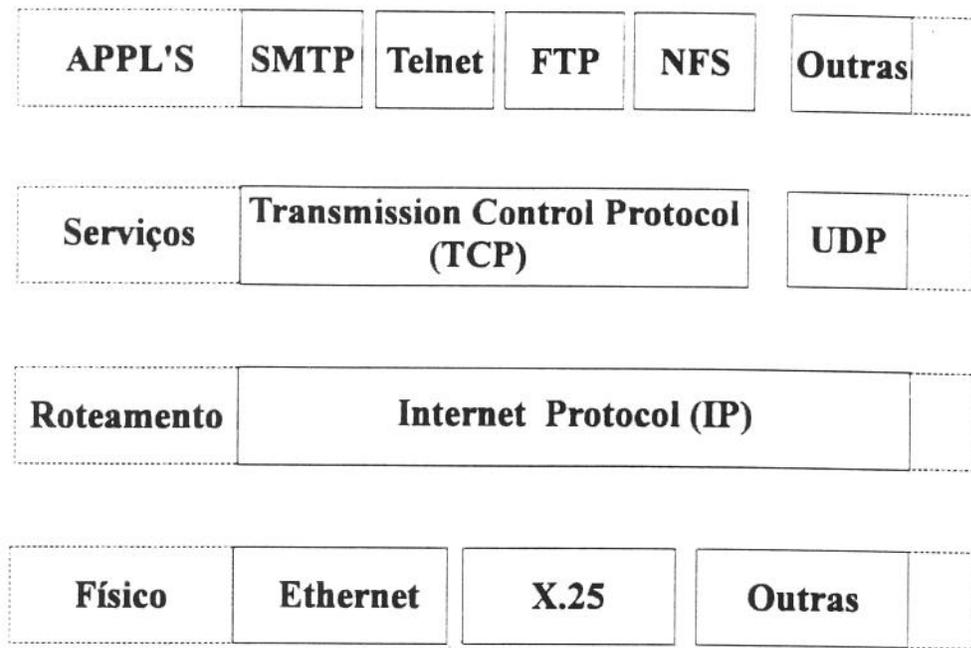


Figura III.2.3 Arquitetura TCP/IP

III.2.3.1 Aplicações (*appl's*)

Esta camada contém os protocolos que efetivamente possibilitam a utilização da rede pelos usuários ; alguns dos protocolos desta arquitetura são os seguintes:

- **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*) - É o protocolo que implementa o serviço de correio eletrônico. Possibilita a troca de mensagens pelos usuários através da rede.
- **Telnet** (*Network Terminal Protocol*) - Possibilita ao usuário conectar-se a uma estação remota oferecendo assim, o serviço de conexão remota. De posse do endereço da estação destino o usuário pode conectar-se e iniciar uma sessão remota de trabalho na qual sua estação de trabalho torna-se um terminal da estação destino.
- **FTP** (*File Transfer Protocol*) - Possibilita a transferência de arquivos entre estações. Atualmente, é muito útil por possibilitar a obtenção de recursos (programas de domínio público, artigos etc) disponíveis em servidores conectados à Internet.

- **NFS** (*Network File System*) - Viabiliza o funcionamento de um sistema de arquivos em rede, oferecendo ao usuário, o acesso a arquivos em uma estação remota de maneira mais fácil que a do FTP.

III.2.3.2 Serviços

Encarregam-se de transportar efetivamente os dados entre as aplicações. Reúne os seguintes protocolos :

- **TCP** (*Transmission Control Protocol*) - É definido como sendo um protocolo confiável por garantir a entrega dos dados íntegros. Para isso, baseia-se no estabelecimento prévio de conexão entre as aplicações comunicantes. Significa que ao enviar uma mensagem a estação emissora aguarda a confirmação da estação destino ao mesmo tempo em que envia outras mensagens. Caso uma estação informe que os dados recebidos não estavam corretos (verifica a integridade deles via *checksum*) a estação emissora retransmite a mensagem. Este é o procedimento que garante a integridade das mensagens que trafegam entre as estações e torna o protocolo confiável. Resumidamente : o TCP recebe a mensagem de um dos protocolos de aplicação e caso seja muito grande, ele a fragmenta em datagramas, em seguida os envia ao protocolo IP o qual se encarrega de os enviar às camadas inferiores e finalmente à estação destino. O TCP mantém o controle do número de datagramas enviados bem como informa a sequência que está enviando, a fim de que o receptor consiga montar a mensagem conforme enviada pela aplicação.
- **UDP** (*User Datagram Protocol*) - É também um protocolo para transporte dos dados porém aplica-se a mensagens de tamanho muito pequeno. Por ser orientado à datagrama (maneira de trocar mensagens sem estabelecimento de conexão), não exibe a garantia do TCP. Constitui uma alternativa ao TCP quando a aplicação necessita enviar mensagens curtas, e não necessita portado do controle efetuado sobre a sequência de datagramas gerada no caso do TCP.

III.2.3.3 Roteamento

É realizado através do protocolo **IP** (*Internet Protocol*). Sua tarefa consiste apenas em encontrar uma rota (roteamento) para os datagramas e transferi-los para a estação destino a partir do endereço colocado no cabeçalho da mensagem (*header*) pelo TCP.

A fim de permitir *gateways* ou outros sistemas intermediários para enviarem adiante cada datagrama, o IP coloca em cada um seu próprio cabeçalho.

III.2.3.4 Nível Físico

É a camada responsável pela transmissão efetiva dos dados; o TCP/IP pode utilizar vários protocolos neste nível dentre eles :

- **Ethernet** - Ao receber cada datagrama da camada superior (IP) ela a acomoda no seu próprio quadro colocando o cabeçalho com parâmetros tais como endereço **MAC** (*Medium Access Control*) da estação destino. Realiza a transmissão e verifica se a mensagem foi recebida com êxito na estação destino a nível da mesma camada.
- **X.25** - Como no caso da Ethernet também recebe datagramas do IP e encarrega-se de transmiti-los. É bastante utilizado pelo TCP/IP principalmente por ser um protocolo empregado em redes de longa distância.

É oportuno informar que a Internet é uma rede pública constituída por um conjunto de redes universitárias, militares, governamentais e de instituições de pesquisa, interconectadas a fim de propiciarem a comunicação entre seus usuários.

Na atualidade, ela reúne mais de 2000 WANs(*Wide Area Networks*) e LANs(*Local Area Networks*) [DEC91]; é patrocinada por órgãos governamentais dos Estados Unidos, dos quais destaca-se o Departamento de Defesa.

A rede Internet usa como padrão de interconexão o TCP/IP. Os padrões Internet são publicados como RFC (*Request for Comments*) e coordenados pelo órgão “*Internet Activities Board*” (IAB).

III.3 Eixo de Informação

O eixo de Informação está relacionado às informações que fluem e são armazenadas em diversos pontos do empreendimento.

Date [DAT82] apresenta a descrição de uma arquitetura de base de dados, baseada nos trabalhos do “ANSI SPARC Study Group on Data Base Management Systems”, esta arquitetura também é referenciada em publicação mais recente por Elmasri [ELM94], ela foi adotada neste trabalho e é descrita a seguir:

III.3.1 Modelo de base de dados

Um modelo simplificado para descrever uma base de dados (BD) é composto de três níveis: externo, conceitual e interno (fig. III.3).

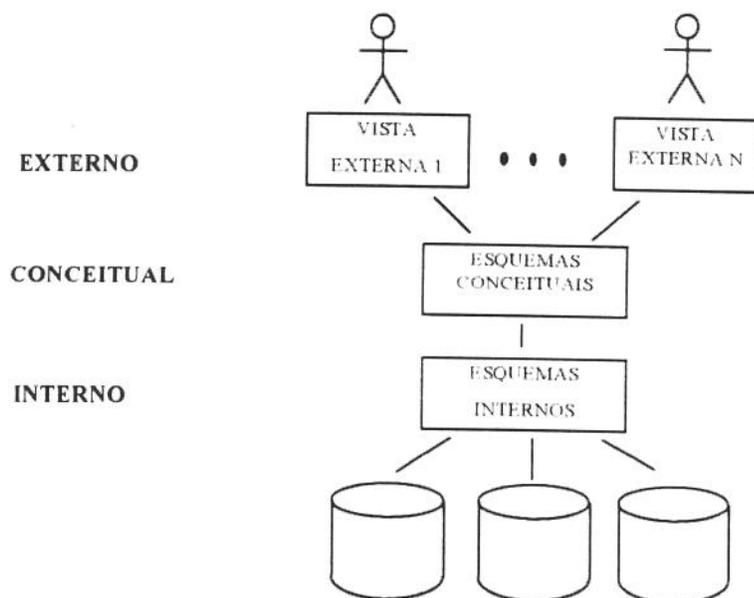


Figura III.3: Arquitetura para Base de Dados

Descreve-se cada um destes níveis:

III.3.1.1 Externo

Neste nível os dados são vistos de acordo com a ótica das aplicações que os utilizam, ou seja de maneira particularizada. Refletem-se aqui os requisitos dos usuários dos dados, que os acessarão através das aplicações.

Busca-se neste nível uma independência da implementação da base de dados, de tal forma que o modelo externo não contenha interferências das particulares realizações possíveis para a BD. O modelo I deve conter uma descrição do significado dos dados armazenados na BD.

Este nível é caracterizado pela existência de "vistas" dos dados armazenados na BD, que podem variar de acordo com a aplicação/usuário que esteja utilizando os dados; assim, por exemplo, a direção de uma empresa pode ter uma vista da BD orientada aos aspectos estratégicos do negócio, enquanto o departamento de engenharia pode consultar a mesma base buscando os aspectos operacionais e tecnológicos.

III.3.1.2 Conceitual

Neste nível (também referenciado como **Lógico**) são especificadas as relações existentes entre os dados armazenados na BD, sua estruturação e a interdependência entre os mesmos.

Utilizam-se formalismos que permitam detectar problemas na formulação das relações bem como facilitar o processamento dos modelos lógicos pelo Gerenciador de Base de Dados (GBD).

Entre estes modelos pode-se citar: modelo hierárquico, modelo de rede e o modelo relacional. O GBD é responsável pelos mecanismos de acesso aos dados armazenados na BD.

III.3.1.3 Interno

Define o mapeamento dos modelos lógicos para a implementação da BD, utilizando-se os recursos particulares dos sistemas computacionais disponíveis; este nível será portanto dependente dos sistemas operacionais e das máquinas nas quais o GBD execute.

III.3.2 Modelos Lógicos

Descreve-se a seguir, de maneira abreviada, as tecnologias de Bases de Dados mais usuais; Stark [STA92] cita que os três modelos lógicos de dados mais tradicionais são: hierárquico, rede e relacional. Uma descrição detalhada destes modelos pode ser encontrada em Date [DAT82] e Elmasri [ELM94].

III.3.2.1 Modelo Hierárquico

Possui uma estrutura de árvore, sendo que o elemento no topo da estrutura é chamado de raiz e não possui “pais”. Abaixo dele estão os elementos no nível hierárquico imediatamente inferior, dos quais a raiz é o nó “pai” e estes elementos são “filhos” deste “pai”. Os elementos deste segundo nível hierárquico podem ter “filhos” em um terceiro nível e assim por diante, criando a estrutura de árvore, que é terminada nos elementos no enésimo nível, que são chamados de “folhas” e não possuem dependentes.

Este modelo permite um acesso eficiente a um elemento alvo desde que o caminho de acesso seja unidirecional e do nó mais alto (na hierarquia) para o mais baixo, se o caminho de acesso necessitar conectar elementos no sentido “filho” para “pai” ou “filho” para “filho” o desempenho deste modelo diminui.

III.3.2.2 Modelo Rede

É semelhante ao hierárquico, com o fator adicional de permitir que um nó “filho” possua vários “pais”.

Os Modelos Hierárquico e Rede podem ser usados para gerar bases de dados otimizadas para um dado tipo de aplicação, no entanto se forem necessárias modificações nas estruturas de dados o custo das mesmas pode ser elevado, devido à complexidade destas estruturas.

III.3.2.3 Modelo Relacional

Neste modelo os dados são representados em tabelas bidimensionais chamadas relações, que contém na horizontal as ênuplas (ou tuplas - conjunto de valores que caracterizam um dado elemento ou entidade), e na vertical os atributos da relação (qualificadores da entidade).

Starck cita que o Modelo Relacional tem aceitação crescente na Manufatura. Para acessar uma base de dados relacional é possível utilizar a linguagem **SQL** (*Structured Query Language*), originariamente desenvolvida pela IBM, mas atualmente um padrão norte-americano e em fase de padronização internacional pela ISO (ISO 9075) [DAT89].

O uso desta linguagem permite que as aplicações fiquem independentes de detalhes de implementação relativos aos gerenciadores de base de dados. Assim uma máquina do tipo PC, usando o sistema operacional DOS, pode acessar uma base de dados de outra, do tipo Estação de Trabalho, usando o sistema operacional UNIX, sem preocupar-se com os detalhes de conversão de dados e comunicação, os quais serão executados automaticamente.

III.3.3 Representação de Produto - STEP.

O problema da representação de produto de maneira padronizada tem preocupado os especialistas [OWE93] e está sendo estudado através do trabalho do TC184/SC4/WG1 (*Technical Committee 184 Steering Committee 4 Working Group 1*) da ISO, o qual está criando o padrão **STEP** (*Standard for the Exchange of Product Model Data*), que por sua vez teve origem no trabalho iniciado em 1984 com o PDES (*Product Data Exchange Specification*).

Os Bancos de Dados Comerciais, de uso genérico, apresentam alguns problemas para uso nas aplicações de manufatura, entre estes pode-se citar [STA92]:

- normalmente são orientados a dados alfanuméricos
- raramente manipulam gráficos

- difícil representação da estrutura de produto (que contem elementos gráficos, informações sobre processos, materiais, tolerâncias, etc.)

As aplicações de manufatura lidam com estruturas de dados mais complexas do que as aplicações usuais de BD, não estando suficientemente atendidas pelas bases de dados comerciais. Para resolver os problemas listados anteriormente surgiu o STEP.

A idéia do STEP é permitir a representação completa de um produto, considerando os aspectos de geometria, topologia, tolerâncias, materiais, estrutura de processos, entre outros.

Para lidar com este problema complexo o STEP foi estruturado de acordo com a figura III.3.2. Descreve-se a seguir os principais componentes da estrutura do STEP:

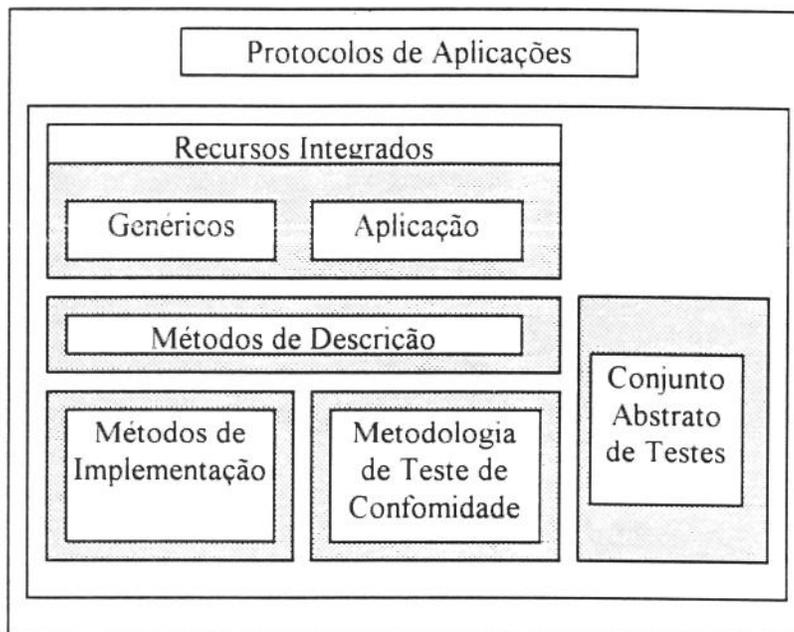


Figura III.3.2: Estrutura do STEP

III.3.3.1 Protocolos de Aplicações

São aqueles desenvolvidos para aplicações específicas, e estão listados na tabela seguinte:

201 Desenho Explícito
202 Desenho Associativo
203 Projeto Controlado de Configuração
204 Projeto Mecânico Usando Representação de Fronteiras
205 Projeto Mecânico usando Representação de Superfícies
206 Projeto Mecânico Usando Representação "Wireframe"
207 Planejamento e Projeto de Matrizes de Estampagem de Folhas Metálicas.
208 Ciclo de Vida do Processo de Mudança de Produto
209 Projeto Através da Análise de Compósitos e Estruturas Metálicas
210 Projeto. Manufatura e Montagem de Placas Eletrônicas de Circuito Impresso
211 Teste. Diagnostico e Remanufatura Eletrônica
212 Plantas Eletrotécnicas
213 Planos de Processos NC para Peças Usinadas
214 Dados para Projeto de Processos Automotivos
215 Arranjos em Navios
216 Fôrmas Moldadas de Navios
217 Tubulações de Navios
218 Estruturas de Navios
219 Planejamento do Processo de Inspeção Dimensional para Máquinas de Medição de Coordenadas usando sensores táteis e de vídeo

III.3.3.2 Recursos Integrados

São elementos construtivos que podem ser usados em diversos Protocolos de Aplicações distintos, e por isso foram definidos a parte, para servirem como blocos funcionais. São divididos em Genéricos e de Aplicação.

Genéricos	
41	Fundamentos da Descrição de Produto e Suporte
42	Representação Geométrica e Topológica
43	Estruturas de Representação
44	Configuração da Estrutura de Produto
45	Materiais
46	Apresentação Visual
47	Tolerâncias na Variação de Formas
48	Características de Forma
49	Estrutura, Propriedades e Representação de Processo
Aplicação	
101	Desenho
103	Aplicações Elétricas
104	Análise de Elementos Finitos
105	Cinemática

III.3.3.3 Métodos de Descrição

Contém a linguagem EXPRESS, que é uma linguagem padronizada pela ISO e que permite definir modelos de dados baseados no modelo Entidade-Relacionamento.

11 Manual de Referência da Linguagem EXPRESS
12 Manual de Referência da Linguagem EXPRESS-I

III.3.3.4 Métodos de Implementação

Como o nome já indica pretendem padronizar os mecanismos de implementação de aplicações, são:

21 Codificação Clara da Estrutura de Troca
22 Interface de Acesso de Dados Padrão

III.3.3.5 Metodologia de Teste de Conformidade

Estabelece os procedimentos para que uma aplicação seja declarada conforme às especificações STEP.

31 Conceitos Gerais
32 Requisitos Sobre Laboratórios de Teste e Clientes
33 Conjuntos Abstratos de Teste
34 Métodos Abstratos de Teste

III.3.3.6 Conjuntos Abstratos de Teste

Consistem em definições de valores para testar as diversas aplicações, estes valores são submetidos às aplicações e verifica-se se o comportamento das mesmas está de acordo com o esperado.

O STEP está na fase de DIS (*Draft International Standard*), sob o número ISO 10303.

III.3.4 Aspectos de Tempo Real

É necessário observar que o SAP, estando relacionado aos três níveis inferiores do Modelo NBS, apresenta requisitos de Tempo Real, no processamento e armazenamento de dados.

A nível de Equipamento os ciclos de controle podem ser bastante reduzidos, um robô necessita de um ciclo de 3 a 5 ms. Nos níveis de estação e célula os tempos são maiores mas ainda estão na faixa de décimos de segundo.

A tabela seguinte foi extraída de Rodd [ROD89] e apresenta uma comparação de sistemas de Tempo Real comparados com sistemas "On-Line".

Características	Tempo Real	"On-Line"
Tempo de Resposta Ritmo Desempenho de Pico Granularidade Temporal Agrupamento Arquivos de Dados Integridade de Dados Segurança Detecção de Erros Redundância	Estrito Pelo Processo Deve ser Previsível msec Importante Pequenos a Médios Curto Prazo Crítica Pelo Sistema Ativa	Amplo Pelo Computador Degradável Da ordem de seg. Não Essencial Grandes Longo Prazo Não Crítica Pelo Usuário "Standby"

Observa-se que no caso de sistemas de tempo real o tamanho das base de dados é de pequena a média, isto é devido à necessidade de incrementar o desempenho das mesmas.

A integridade dos dados é indicada como sendo de curto prazo, isto se deve ao fato do tempo de vida do dado ser curto, da ordem do ciclo de controle; em alguns casos os dados têm vida mais longa, como quando são usados com o propósito de auditoria/ monitoração do processo.

A detecção de erros deve ser o mais automatizada possível, um único dado errado pode levar a erros graves de operação dos equipamentos. Normalmente são providenciados valores de exceção (“*default*”) quando o sistema detecta falhas nos dados.

Os sistemas de tempo real podem necessitar de redundância para garantir a operação continuada.

Uma observação importante de Rodd é a de que os dados de um sistema de tempo real sempre devem conter a informação do tempo em que foram originados (“*data stamping*”), com o propósito de garantir a consistência dos mesmos.

III.3.5 O SAP e o tratamento da informação

O SAP necessita gerenciar a informação no seu interior e ao mesmo tempo receber e transmitir informações sobre sua operação e estado para os níveis superiores do empreendimento.

Internamente as informações dizem respeito ao sequenciamento dos diversos processos produtivos, seus estados e condições de falha. Estas informações têm um ciclo de vida curto e apresentam características de tempo real, o que torna necessário o uso de BD que suporte estas exigências.

Externamente o SAP trata com informações de gestão da produção, as quais têm ciclo de vida mais alongado. Dependendo dos requisitos de tempo de um determinada empresa pode ser necessário o uso de BD que suporte transações de tempo real, mas normalmente o fluxo de informações do SAP para os níveis superiores não tem requisitos de tempo muito restritos (exceção feita ao tratamento de falhas, que deve ter tratamento prioritário).

Neste capítulo foi apresentado o diagrama FIC, e foi posicionado o SAP de acordo com os eixos do mesmo. Verificou-se também a importância dos aspectos de tempo real tanto no tratamento da informação quanto na comunicação.

No capítulo seguinte será descrito um sistema de supervisão genérico, onde verificar-se-á que os conceitos abordados neste capítulo devem ser contemplados pelo sistema de supervisão

Sistemas de Supervisão

Neste capítulo será apresentada a funcionalidade de um Sistema de Supervisão (SS) genérico, verificar-se-á que o mesmo pode ser posicionado em um diagrama FIC (apresentado no Cap. III), este posicionamento será efetuado no final deste capítulo.

Esta descrição está baseada no trabalho “Sistemas de Supervisão” [CTI94], o qual consistiu em um estudo sobre diversos sistemas de supervisão comerciais; ao mesmo tempo incorpora conhecimentos sobre Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD) dos quais os Sistemas de Supervisão herdaram muitas características. Como último item deste capítulo constará a lista de sistemas de supervisão comerciais analisados.

IV.1 Conceituação

Um SS é um conjunto composto por *hardware* e *software* cujo propósito é permitir a supervisão, aquisição de dados e eventual controle das atividades executadas no chão de fábrica.

Supervisão se traduz na monitoração de variáveis e estados representativos das operações em curso no chão de fábrica, tomados em tempo real, ou seja de acordo com os requisitos de tempo de cada atividade.

A supervisão é feita de maneira automática, mas normalmente conta com o auxílio de um operador que atua no sistema através de uma interface. Esta interface é um elemento de fundamental importância, devendo possibilitar a monitoração dos processos de uma maneira hierárquica, desde um nível geral até o nível de instrumento.

Caso a monitoração indique a ocorrência de qualquer anormalidade o SS tem a capacidade de gerar alarmes para o operador e, opcionalmente, de tomar ações corretivas.

As variáveis monitoradas, os alarmes e quaisquer outras informações que forem julgadas relevantes podem ser armazenadas para avaliação posterior, na forma de um histórico dos processos.

De posse deste histórico o sistema pode gerar gráficos de tendências, os quais apresentam a evolução de variáveis selecionadas no tempo, indicando uma tendência de comportamento que pode ser de interesse para o operador.

Relatórios em diversos meios físicos podem ser gerados, para fins técnicos, administrativos ou outros.

Os ajustes nos controladores e instrumentos dos processos podem ser executados por um engenheiro, que normalmente tem acesso a áreas de configuração as quais não são permitidas ao operador. Esta proteção de acesso é feita por mecanismos diversos, desde chaves físicas até senhas criptografadas.

Algoritmos de análise de dados estão normalmente disponíveis, sendo os mais comuns os pacotes de controle estatístico. Algoritmos particulares podem ser desenvolvidos de acordo com a aplicação a ser controlada.

IV.2 Classificação inicial dos Sistemas de Supervisão

Dentro de uma escala de complexidade podemos dividir os SS em três categorias.

IV.2.1 Aquisição de dados:

Este software simplesmente executa a supervisão, não possuindo capacidade de controle sobre o processo.

IV.2.2 Aquisição e controle:

Adquire e armazena dados do processo e ainda permite controlá-lo, através da reprogramação de parâmetros (controle paramétrico).

IV.2.3 Aquisição, controle e escalonamento:

Contém a funcionalidade da categoria anterior e ainda permite que os processos sejam modificados durante a operação, através do carregamento e descarregamento de programas de controle.

IV.3 Funcionalidade dos Sistemas de Supervisão

Apresentamos a seguir algumas funções que podem estar disponíveis nos SS. De acordo com sua categoria ele conterà apenas um subconjunto destas funções.

IV.3.1 Visualização dos processos

A visualização dos processos destina-se a facilitar ao operador o acompanhamento das operações em curso na planta. Como normalmente uma planta contém diversas malhas de controle e a tela do computador tem capacidade limitada de representação gráfica torna-se necessário dividir a apresentação da planta em diversas telas.

Normalmente isto é feito definindo uma hierarquia, onde existem:

- vistas gerais (ou de planta), com uma visão do arranjo físico básico da planta e dos fluxos principais de insumos ou materiais;
- vistas mais específicas, associadas aos subprocessos mais importantes, onde já se visualizam os controladores e instrumentos, além dos fluxos de materiais;
- vistas de instrumentos, onde aparecem os painéis dos instrumentos e dos controladores (é usual que nesta última vista sejam apresentados grupos de

instrumentos e controladores de acordo com uma afinidade pre-estabelecida ou correlação das variáveis de processo).

Para facilitar a navegação do operador através das diversas telas e vistas é necessária a existência de mecanismos de atalhos (*softkeys*) que permitam a um operador experiente chegar rapidamente a uma determinada tela. Quando ocorre um alarme em uma tela que não está sendo mostrada deve existir um mecanismo de chaveamento rápido para a tela que contém o alarme.

É importante notar que, apesar deste esquema (não rígido) de vistas, cada uma destas vistas pode conter dezenas de telas, as quais são selecionadas pelo operador. O número de telas cresce conforme se desce no nível hierárquico, de planta para instrumentos.

IV.3.2 Tratamento de alarmes

Um SS pode ser programado para gerar alarmes quando determinadas condições forem atingidas, estas condições podem ser de diversos tipos como por exemplo a ultrapassagem de um limite por uma variável monitorada, a mudança de estado de uma variável binária associada a um evento etc.

Três fatores são importantes, a saber: o primeiro é a **taxa de amostragem** dos alarmes, que fornece o tempo entre duas leituras consecutivas de uma variável associada a um alarme. Este tempo pode ser programável de acordo com a taxa de variação desta variável ou com o nível de segurança exigido para aquela condição de alarme.

O segundo fator diz respeito a apresentação e **reconhecimento** do alarme pelo operador. A apresentação deve ser feita de maneira que o operador tome ciência da ocorrência do alarme, mesmo que ele não esteja associado às telas que estão sendo apresentadas no momento; o reconhecimento é um procedimento que assegura que o operador tomou ciência do alarme e supostamente adotou alguma atitude corretiva, consiste geralmente em apertar uma tecla de reconhecimento, mas em alguns casos pode significar manipular chaves ou alavancas, visando levar o processo para uma condição de operação ou parada seguras.

O terceiro fator é o **grau de prioridade** do alarme. Podem existir alarmes dos mais diversos tipos, desde aqueles que têm pouca importância do ponto de vista de segurança até aqueles que podem por em risco toda a instalação (elevação de temperatura em um reator, vazamento de gases explosivos). Para lidar com a ocorrência simultânea de alarmes com diversos níveis de gravidade é necessário priorizar o tratamento dos mesmos, de maneira que sejam apresentados e tratados segundo uma determinada hierarquia.

Uma característica que pode existir em alguns sistemas é o tratamento automático de alarmes, que funciona nos casos em que se sabe a priori as condições de ocorrência do alarme e quais devem ser as atitudes a serem tomadas pelo SS. Normalmente a primeira ocorrência de alarme é a mais importante no sentido de se tomar alguma ação corretiva como manutenção, controle manual etc.

IV.3.3 Tempo de varredura.

Dentro de uma planta podem coexistir diversos processos com necessidades de ciclo de controle variando dos mais rápidos (ordem de milissegundos) aos mais lentos (que podem estar na ordem de minutos até horas).

Um SS pode ter apenas um tempo de varredura disponível, significando que todas as variáveis supervisionadas serão lidas e escritas naquele intervalo de tempo, mas pode também possuir tempos de varredura selecionáveis de acordo com as variáveis (e por decorrência os processos) monitoradas.

Como o SS requisita os dados dos elementos sensores ou dos controladores responsáveis por estes sensores, um certo tempo será necessário para que os *drivers* de equipamentos façam esta requisição. Estes *drivers* são interfaces específicas para cada equipamento que se comunica com o SS. Assim é interessante evitar sobreleitura de variáveis (quando a variável é lida várias vezes e apenas a última leitura é usada) pois isto consome tempo útil do equipamento, que pode ser alocado para executar leitura em outros instrumentos.

IV.3.4 Escalonamento

O escalonamento consiste na capacidade de modificar os processos em execução, incluindo processos novos, alterando ou eliminando aqueles que já estão em funcionamento.

Este pode ser feito por requisições dos níveis hierárquicos superiores, por exemplo para atender o Planejamento e Controle da Produção, tendo neste caso uma característica de previsibilidade; ou pode ser feito como decorrência de medidas emergenciais, causadas por exemplo pela quebra de uma máquina, situação que não pode ser prevista na alocação do tempo.

Esta característica é mapeada nos Sistemas de Supervisão como a capacidade de manipulação de receitas e em características das linguagens de programação dos mesmos, que devem permitir a execução sequencial de tarefas.

IV.3.5 Aquisição de dados

É uma característica básica de todo SS, que deve oferecer mecanismos que permitam a aquisição de dados dos processos supervisionados, de acordo com requisitos de tempo que dependem dos processos (por exemplo o controle de temperatura de um forno requer que os dados sejam enviados com uma taxa baixa, ao mesmo tempo o controle dos queimadores a gás deste mesmo forno requer uma taxa várias vezes maior- para manter as condições de queima ideal).

Existem dezenas de fabricantes de instrumentos, sensores e controladores programáveis, que normalmente possuem linguagens proprietárias de programação. Para que um SS se comunique com estes equipamentos necessitará possuir uma interface para cada equipamento específico, esta interface é denominada de *driver*.

Quando se adquire um SS é necessário especificar quais são os equipamentos com os quais se deseja conectar, para que o fornecedor inclua os *drivers* necessários ou forneça informações para o desenvolvimento destes.

Do ponto de vista quantitativo é necessário saber quantos pontos digitais e analógicos podem ser monitorados pelo sistema, sendo este um dado básico de especificação.

IV.3.6 Histórico de dados e alarmes

Um histórico de dados consiste em uma coleção de dados organizados de acordo com o instante de tempo de sua aquisição, possuindo diversas utilidades, tais como servir de subsídio para auditoria do processo e como ferramenta de depuração do processo, através de sua análise.

Como elemento de auditoria podemos citar o exemplo da verificação de operação: se ocorrer uma falha, o operador deve tomar atitudes corretivas, tanto a situação anterior à falha quanto as atitudes tomadas pelo operador e a posterior resposta do sistema são armazenadas, permitindo que uma auditoria técnica verifique se a operação foi correta.

Através do acompanhamento das medidas de uma determinada variável é possível inferir o nível de desgaste ou descalibração do instrumento associado, podendo propor manutenção corretiva se for o caso.

Os alarmes são dados especiais, da análise dos mesmos pode-se determinar se a planta está sendo bem operada e/ou se há problemas de ajuste dos processos.

IV.3.7 Tendências

Gráficos contendo tendências do processo são apresentados, servindo tanto como ferramenta de operação quanto como auxílio a depuração e otimização do processo.

Os gráficos de tendência podem ser de tempo real (apresentados conforme o processo evolui) ou de dados históricos (usando dados já coletados e armazenados em uma base de dados)

O uso destes gráficos é similar ao dos históricos, com a vantagem da apresentação já ser na forma gráfica, em comparação o volume de dados disponível em geral é menor, correspondendo a um subconjunto dos dados históricos.

IV.3.8 Geração de Relatórios

Os relatórios servem a propósitos administrativos e técnicos, é interessante que o SS contenha alguma ferramenta de geração de formulários, para facilitar a geração dos relatórios.

Alguns Sistemas de Supervisão utilizam formatos de relatórios compatíveis com softwares comerciais do tipo planilha de cálculo, isto facilita a importação e exportação dos dados para o ambiente corporativo.

IV.3.9 Análise de dados

Uma ferramenta muito utilizada na indústria, o controle estatístico de processos (CEP) pode ser incorporado aos Sistemas de Supervisão.

Utilizando os dados armazenados no banco de dados do SS, o módulo CEP traça gráficos que permitem avaliar o desempenho do processo monitorado. Pela análise dos gráficos o operador pode decidir se o processo está sendo bem conduzido ou se existem problemas a serem resolvidos.

Estes gráficos são aqueles tradicionalmente usados no CEP, como gráfico de Pareto, histogramas, valor médio x amplitude, valor médio x desvio padrão, médias móveis e diagramas de atributos (p , np , u , c).

IV.3.10 Controle de processos

Dependendo do processo sob supervisão pode ser necessário o uso de bibliotecas especiais para otimização do mesmo, estas bibliotecas contêm algoritmos específicos para cada tipo de processo a ser controlado (por exemplo: siderurgia, injeção de plásticos, produção de papel)

Normalmente são usados na indústria algoritmos clássicos de controle, da família do controlador PID (Proporcional Integral Derivativo), mas o desempenho destes algoritmos só é bom quando os processos são bem comportados ou considerados lineares próximos ao ponto

de operação. Em alguns casos são necessários algoritmos especiais, usando técnicas de controle adaptativo, controle robusto, lógica nebulosa (*fuzzy logic*), redes neurais e outras. As bibliotecas que contêm estes algoritmos algumas vezes são disponíveis junto aos fabricantes de sistemas de supervisão, outras vezes devem ser adquiridas de uma terceira parte e incorporadas ao sistema.

IV.3.11 Criação e manipulação de receitas

Os sistemas de supervisão atendem tanto à indústria de manufatura quanto à indústria de processos contínuos, em ambos os casos ocorre a necessidade de se reconfigurar tais processos de maneira dinâmica, trocando as configurações de acordo com a necessidade. Na indústria química esta necessidade está presente quando se trata da operação em batelada, como ocorre por exemplo nos reatores químicos; na indústria mecânica podemos ilustrar com o caso da modificação da programação de soldagem da carcaça de um automóvel na linha de montagem (supondo que a linha admita carrocerias de formatos distintos).

A administração desta reconfiguração é feita usando o conceito de **receitas**, as quais podem ser entendidas como configurações particulares de processo, incluindo todos os aspectos pertinentes como por exemplo valores iniciais de variáveis, referências (*set-points*), configurações de entrada-saída etc.

A transferência de uma nova receita para uma parte (ou todo) do sistema controlado pode ocorrer a qualquer instante, através de algum evento que gatilhe a mudança (por exemplo na indústria química poderia ser o esvaziamento de um reator, indicando que o mesmo está disponível para mais um ciclo de trabalho), ou mesmo em uma data, hora, minuto e segundo previamente especificados

Estas receitas devem estar catalogadas e o seu conteúdo disponível para modificações pelo engenheiro de sistemas.

IV.3.12 Modos de Operação

Um SS, antes de entrar em operação, deve ser configurado/otimizado para os processos a serem controlados.

O **Modo de Operação** é o corriqueiro, consistindo na monitoração do sistema com o auxílio de um operador; se houver controle ele será exercido pelo sistema de maneira automática, manualmente através do operador, ou de forma mista e cooperativa entre o operador e o modo automático.

Durante as partidas e paradas do sistema é necessário uma intervenção manual do operador, garantindo uma operação segura. Em operação normal o operador limita-se a verificar o funcionamento normal do sistema e em caso de falha, este deve ser sinalizado através de algum tipo de alarme, requerendo atitudes corretivas, inclusive a passagem para o modo manual.

Um outro modo possível é o chamado **Modo de Engenharia**, que é utilizado para configurar o sistema, escolhendo as entradas e saídas, níveis de alarmes, prioridade de alarmes, seqüência de telas, agrupamento de controladores, vistas do sistema, valores iniciais de variáveis, valores de referências (*set-points*) dos controladores, algoritmos de controle, comunicação, definição de relatórios e as mais variadas atividades associadas com a configuração do sistema.

Com o sistema configurado e em operação normal, o departamento de engenharia pode desejar otimizar o funcionamento do mesmo, isto é feito dentro do modo de engenharia, onde o responsável pode modificar os valores ajustados dos controladores para melhorar as características de resposta do sistema; este modo também pode ser usado quando é necessário compensar modificações não previstas originalmente nos insumos do processo, como por exemplo aumentar a temperatura de injeção de um certo plástico, devido a variações na matéria prima recebida.

IV.3.13 Restrição de acesso

O aspecto segurança é considerado no mínimo em três ocasiões, a primeira diz respeito ao acesso de uma pessoa qualquer ao sistema, que é uma característica normalmente indesejável e pode ser impedida pelos mecanismos de restrição de acesso. A segunda ocasião é quanto ao acesso dos operadores ao modo de engenharia, que pode ser potencialmente perigoso, dado que todas as características do processo podem ser modificadas; a terceira ocasião é quanto ao acesso dos responsáveis pela engenharia ao modo de engenharia, acesso este que deve ser liberado somente à pessoal habilitado.

Para definir estes níveis de acesso existem mecanismos de proteção incorporados ao sistema, estes mecanismos podem ser físicos ou lógicos. Os mecanismos físicos são chaves que podem existir em partes vitais dos equipamentos, como teclados de computador, portas de painéis, teclas especiais etc. Os mecanismos lógicos são senhas criptografadas, sendo que para cada nível de acesso lógico apenas um subconjunto da funcionalidade do sistema é colocado a disposição do usuário.

IV.3.14 Comunicação com chão de fábrica

Conforme citado no item aquisição de dados, o SS adquire dados da instrumentação ligada a ele, podendo também enviar dados para os atuadores do processo. As redes de computadores estão cada vez mais comuns neste nível de comunicação, que poderia ser chamado de nível de comunicação de chão de fábrica.

Está em curso um processo de normalização para definir o padrão Barramento de Campo (*Fieldbus*). Para este processo concorrem diversos padrões tais como o *Profibus*, o *FIP* e o *ISA-SP50*, devendo o padrão final conter uma combinação dos mesmos.

A idéia básica do *Fieldbus* é usar um barramento único (par trançado blindado ou cabo coaxial) que passe por cada atuador ou sensor, sendo estes dispositivos dotados de capacidade de comunicação. Um árbitro de barramento seria encarregado de gerenciar a comunicação, sendo possível incorporar características de controle nestes dispositivos, bem como outras capacidades tais como filtragens, linearizações, verificações de variáveis, calibrações etc.

Enquanto a normalização não se conclui, os fabricantes vendem soluções proprietárias, algumas delas aderentes a padrões de alcance nacional (*FIP* na França, *Profibus* na Alemanha); isso significa que ainda não é possível conectar na mesma rede de chão de fábrica, de forma padronizada, dispositivos de diferentes fabricantes.

Portanto para garantir a comunicação efetiva com os dispositivos de chão de fábrica é necessário especificar os *drivers* para cada elemento adquirido, essa necessidade leva algumas vezes à aquisição de elementos de um único fabricante, o que em geral não é desejável.

No capítulo seguinte será brevemente descrito o processo de padronização do Barramento de Campo.

IV.3.15 Comunicação com níveis superiores

Um SS pode trabalhar de maneira autônoma, fornecendo relatórios impressos e permitindo que sua base de dados seja acessada localmente, mas além disso ele pode ser conectado com os níveis superiores do empreendimento.

Esta conexão permite a empresa um conhecimento mais detalhado do curso das operações no chão de fábrica, informando dados do tipo: detalhamento da produção, índice de rejeitos, relatórios de falhas de equipamentos, ociosidade de equipamentos e outros, objetivando a gestão da produção.

Uma conexão imediata pode ser com o sistema de gerenciamento da produção, que define que produtos devem ser fabricados e quando; podendo-se obter um controle mais efetivo da produção.

Neste nível de comunicação são usadas redes de computadores tradicionais, do tipo *Ethernet* (IEEE 802.3) e *Token Ring* (IEEE 802.5), em alguns empreendimentos pode ser utilizada uma rede do tipo *Token Bus* (IEEE 802.4) que tem a característica de possuir um tempo de acesso determinístico e é recomendada para uso industrial.

IV.4 Estrutura de um Sistema de Supervisão

Um arquitetura de um SS contém diversos módulos, conforme pode ser verificado na figura IV.4.

O coração de um SS é formado pela dupla : sistema operacional/base de dados, sendo que ambos devem possuir características de tempo real. Os diversos módulos periféricos utilizam os recursos fornecidos por essa dupla.



Figura IV.4: Arquitetura de um Sistema de Supervisão.

IV.4.1 Sistema operacional de tempo real

Uma necessidade básica é a existência de um *sistema operacional de tempo real*, ou pelo menos de extensões que permitam a um sistema operacional comum atender às necessidades de tempo real. Alguns sistemas antigos são baseados no *DOS*, adicionando um núcleo de tempo real, outros sistemas usam o *OS2*, que possui robustez no tratamento de múltiplas tarefas, mais recentemente tem sido usado o *Windows*, que apesar de ser multitarefa não é tão robusto quanto o *OS2*.

O *Windows NT* aparece como um sistema operacional candidato à implementação de Sistemas de Supervisão, sendo que o *UNIX*, juntamente com o *VMS* da *DEC (Digital Equipment Corporation)* já tem um mercado estabelecido neste tipo de aplicação.

O desempenho e a segurança de operação do SS estão fortemente ligados ao sistema operacional. A quantidade de pontos monitorada depende deste desempenho, a segurança de operação pode ser avaliada analisando-se a possibilidade do SS ficar bloqueado ou sair do ar devido a um erro de operação, por exemplo, se no *Windows* o operador teclar *CTR ALT DEL*. Um sistema bem planejado possui mecanismos para evitar este tipo de operação incorreta.

IV.4.2 Banco de dados

Outro ponto central que caracteriza um SS é o *banco de dados* utilizado; podendo existir diversas possibilidades, entre as quais o uso de um banco de dados proprietário e o uso de banco de dados comerciais.

As soluções proprietárias visam dar melhor desempenho ao sistema, já que se trata de um **banco de dados de tempo real**. Ultimamente tem havido uma tendência ao uso de banco de dados comerciais, já que a melhoria de desempenho dos computadores tem permitido a estes sistemas aproximar-se dos requisitos de tempo real.

Quase sempre os dados são colocados à disposição de outros programas, através de dois mecanismos, o primeiro é a utilização de formatos de banco de dados padrão de mercado, como por exemplo o formato *Dbase*; o segundo método é utilizar-se de uma interface que aceite chamadas no padrão *ANSI- SQL (Structured Query Language - ISO 9075)*, este método normalmente está disponível somente em sistemas mais complexos.

A tendência é a utilização de bancos de dados aderentes a padrões, de direito ou de fato, como decorrência da evolução do mercado em direção aos sistemas abertos. Bancos de dados orientados a objetos também estão se firmando, em contraposição aos tradicionais bancos relacionais.

Com a larga difusão do *Windows*, associado ao baixo custo das máquinas que suportam este sistema operacional, surgiram diversos Sistemas de Supervisão que o utilizam como

sistema operacional, neste caso os fabricantes estão optando por usar estruturas de banco de dados que permitam a importação e exportação dos dados através do uso de mecanismos *DDI* (*Dynamic Data Exchange*) e *OLE* (*Object Linking and Embedding*).

Quando o sistema deve partilhar os dados em rede, isto pode ser feito de duas maneiras: a mais simples e também mais comum é partilhar os arquivos de banco de dados, a segunda é permitir acessos *SQL* aos mesmos, a vantagem desta última opção é que o usuário do dado não necessita conhecer a estrutura do banco de dados e a desvantagem é o maior custo de um sistema com essa capacidade.

Descrevem-se a seguir os outros módulos funcionais de um Sistema de Supervisão:

IV.4.3 Aquisição de dados

Para adquirir os dados do chão de fábrica são necessárias *interfaces de aquisição de dados*, que podem ser simples placas acopladas ao barramento de um computador pessoal, módulos independentes de aquisição, ligados via interface paralela ou via rede, ou então podem ser usados controladores programáveis para coletar os dados, usando suas próprias interfaces.

Sistemas de baixo custo usam placas acopladas ao computador pessoal, sistemas mais profissionais operam usando os controladores programáveis, os quais adicionam segurança ao sistema, pois podem operar independentes do SS.

IV.4.4 Interfaces de equipamentos

Quando são usados os controladores programáveis, ou módulos de E/S de fabricantes desvinculados do fornecedor do SS, é necessário adquirir as *interfaces de equipamento (drivers)*, as quais são programas que traduzem os protocolos usados nos equipamentos para os formatos compreensíveis pelo SS.

IV.4.5 Monitoração e controle

A *monitoração e controle* utiliza os dados obtidos através das interfaces de equipamentos e interfaces de aquisição de dados, armazena-os no banco de dados, apresenta-os através da interface com o operador e toma atitudes pertinentes, tais como geração de alarmes, filtragens, preparação de tendências e atitudes de escalonamento e controle do processo supervisionado.

IV.4.6 Interface de operador

A *interface de operador* mostra, através de uma tela gráfica e de dispositivos auxiliares (painéis de controle) o que está ocorrendo no processo. O nível de detalhamento acessível ao operador depende da configuração do sistema e das capacidades de apresentação que são disponíveis. Alguns sistemas aceitam a existência de diversas estações de operação simultaneamente.

Os sistemas baseados em janelas, e com o uso de dispositivos apontadores, têm se tornado comuns. Quando é utilizado um sistema do tipo *Windows* ou *X-Windows* é possível aproveitar a familiaridade que o operador já tenha com a interface, facilitando o aprendizado e a operação.

IV.4.7 Geração de relatórios

Com o propósito de manter disponíveis informações em papel, podem ser gerados relatórios através do módulo de *geração de relatórios*. Este módulo deve obter os dados do banco de dados e apresentá-los de uma maneira especificada pelo operador. Se o banco de dados usado é comercial, então também podem ser usados pacotes de programa de geração de relatórios, que trabalhem em conjunto com estes banco de dados.

IV.4.8 Análise dos dados

Os dados coletados durante a evolução do processo e aqueles que já estão disponíveis no banco de dados podem ser objeto de análises, através do uso de programas que usualmente são específicos aos tipos de processos sendo controlados. Por exemplo um processo de produção de papel disporá de ferramentas de análise que permitirão otimizar o desempenho do mesmo, ou então detectar problemas existentes no processo ou operação. A *análise dos dados* é uma atribuição da engenharia do sistema, não estando disponível para os operadores (os gráficos de tendência estão acessíveis aos operadores, mas são ferramentas menos poderosas de análise).

IV.4.9 Interface de comunicação

O SS necessita deste módulo tanto para comunicar-se com os equipamentos subordinados (Controladores Programáveis, Máquinas a Comando Numérico etc.) e instrumentação inteligente (usando Barramento de Campo) quanto com os computadores de nível superior. Neste último caso fará uso de redes comerciais (se não houver requisitos estritos de tempo real) ou de redes específicas para manufatura (vide item IV.3 Funcionalidade dos SS).

A importância deste módulo é crescente, tanto que poderá em futuro próximo ser considerado também como núcleo do SS a exemplo do sistema operacional e base de dados.

IV.4.10 Gerenciador de base de dados

Finalmente a *gerência do base de dados* é um módulo indispensável ao SS, para realizá-la é necessário a existência do gerenciador de base de dados (GBD), que pode ser proprietário ou comercial. Observe-se que sempre existirá a parte de tempo real da base de dados, eventualmente a parte que não é de tempo real pode ser implementada com o uso de GBD comerciais.

IV.5 Sistema de Supervisão e tratamento da informação

O SS integra o conceito de Tecnologia de Informação, representado pelo diagrama FIC (apresentado no capítulo anterior), ao nível de um Sistema Automatizado de Produção (SAP). Normalmente está localizado no nível de célula, fornecendo dados condensados para o nível de produção e supervisionando/controlando as estações e equipamentos.

A figura IV.5 ilustra o posicionamento do SS no diagrama FIC.

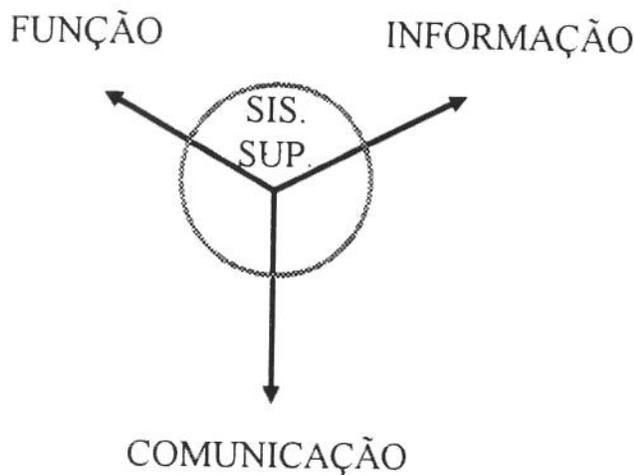


Figura IV.5: Posição do Sistema de Supervisão no diagrama FIC.

No capítulo III foi mostrado que o SAP engloba os três níveis inferiores do eixo de função (Equipamento, Estação e Célula), mostrou-se também que no tocante aos eixos de comunicação e informação o SAP apresenta requisitos de tempo real e necessita tanto de base de dados otimizadas para manufatura quanto de arquiteturas de rede reduzidas (usando três camadas tipo *Mini-MAP* e *Fieldbus*)

Um Sistema de Supervisão normalmente encontra-se nos mesmos níveis funcionais do SAP, o SS fornece os meios pelos quais o SAP pode gerenciar suas informações e disponibiliza-las para os níveis hierárquicos superiores. O SS é a consolidação atual dos conceitos de Tecnologia de Informação, através do qual o SAP pode participar em um sistema de Manufatura Integrada por Computador.

No capítulo seguinte será apresentado o protocolo MMS (Especificação de Mensagens para a Manufatura), o qual define serviços de comunicação para os dispositivos de chão de fábrica, permitindo que os mesmos interajam entre si e com o SS; também será feita uma breve descrição dos Barramentos de Campo.

IV.6 Sistemas de Supervisão comerciais

Uma série de sistemas de supervisão disponíveis comercialmente foi estudada, através de seus folhetos promocionais, demos e documentos técnicos, para elaborar o documento “Sistemas de Supervisão” [CTI94], no qual este capítulo foi baseado. Reproduz-se a seguir a lista destes sistemas:

In Touch, Wonderware Software Development Corporation

Factory Link, USData (United States Data Corporation), Technical Notes, 1991.

PCIM (Personal Computer Integrated Manufacturing), Concepts and Facilities, AFCON Control and Automation Inc., 1990

AutoNet, Data Acquisition System Software Features ver. 2.02, Imagination Systems Inc., 1990.

Labtech Control, Laboratory Technology Corporation, 1991.

Wizcon, Product Summary, PC Soft International Ltd., 1991.

Wizcom 5.0, PC Soft International Ltd, ReSid Comércio e Serviços Ltda, 1995.

The Fix, Software Integrado para Controle de Processos Industriais, Intellution, 1989.

Fix Dmacs for Windows Software, Intellution, 1993.

Aimax-Win, Functions & Features Overview, TA Engineering Corporation, 1993.

O Protocolo de Especificação de Mensagens para Manufatura - MMS

O Protocolo de Especificação de Mensagens para a Manufatura (*MMS Manufacturing Message Specification*) é uma norma internacional padronizada pela ISO (ISO 9506) [MMS90]. Seu propósito é fornecer um conjunto de mensagens que permitam aos dispositivos de manufatura comunicar-se de maneira cooperativa.

No Cap.III, na descrição do eixo de comunicação do modelo FIC, apresentou-se a Camada de Aplicação do modelo OSI-ISO a qual realiza a interface da rede com o usuário (neste caso os usuários são os dispositivos de manufatura); dependendo do caráter da aplicação pode-se escolher entre alguns protocolos que implementam esta camada. A arquitetura MAP [MAP88] utiliza nesta camada o MMS , o qual foi considerado adequado às aplicações de automação industrial.

O MMS é adotado nas arquiteturas MAP e Mini-MAP, sendo que um subconjunto deverá ser adotado para a padronização do Barramento de Campo.

Os serviços MMS são extremamente adequados à manufatura, de tal forma que a despeito do projeto MAP não ter conseguido aceitação irrestrita, o MMS hoje é utilizado em diversos países. Os esforços de padronização para o Barramento de Campo (*FieldBus*), na forma de suas propostas regionais **FIP** [AFN90], **PROFIBUS** [GOD90] e **ISA SP50** utilizam subconjuntos do MMS para definir a camada de aplicação [PLE94].

Sendo um protocolo de aplicação o MMS necessita interfacear-se com a camada de apresentação, para isso a norma especifica que deve ser utilizada uma codificação das mensagens MMS no formato ASN1 (*Abstract Syntax Notation One* - ISO 8824) [ASN87].

O MMS define com seus serviços um conjunto geral de mensagens para a manufatura; dada a diversidade de dispositivos de chão de fábrica existentes a ISO criou um conjunto complementar de protocolos, chamados de **padrões associados** (*Companion Standards*) os quais especializam os serviços do MMS para dispositivos específicos como Robôs ou Controladores Programáveis.

Neste capítulo o MMS será apresentado da seguinte forma: inicialmente será mostrada a metodologia que a ISO usou para estruturar o MMS, a seguir serão descritos os componentes do mesmo, continuando com a descrição dos serviços existentes; serão apresentados os padrões associados, a padronização do Barramento de Campo e finalmente concluir-se-á com uma descrição do uso de MMS no Brasil. -

No decorrer deste capítulo, a menos que seja explicitamente citado, a referência básica será a norma MMS - ISO 9506, partes 1 e 2 [MMS90]. Alguns autores são fontes alternativas de consulta, descrevendo o MMS de maneira menos formal e mais condensada que na norma. Entre estes podemos citar na ordem decrescente de abrangência: Brill [BRI91], Omnicom [OPE86] e Hoekstra [HOE90].

V.1 Estrutura do MMS

Na descrição da estrutura do MMS a ISO utilizou duas técnicas que atualmente estão bastante disseminadas, uso da arquitetura **Cliente/Servidor** e **Modelagem por Objetos**.

V.1.1 Cliente/Servidor

Na Arquitetura Cliente/Servidor um dos lados em comunicação faz o papel de Servidor, ou seja o elemento que atende as requisições de serviços, o outro lado é o Cliente, aquele que solicita a execução dos serviços. Serviços são funções que o MMS disponibiliza para o usuário. O Cliente representa o dispositivo de manufatura que detém o controle, o Servidor é o dispositivo sob controle [HOE90].

V.1.2 Modelagem por Objetos

A Modelagem por Objetos consiste em agrupar os recursos ou funcionalidades do dispositivo de manufatura em entidades, chamadas objetos, pelas quais estes recursos ou funcionalidades serão acessados por outros dispositivos ou programas de aplicação.

Os serviços MMS são modelados para ler e modificar os atributos dos objetos [HOE90], eles são codificados em mensagens MMS que viajam pela rede de dispositivos.

Os objetos MMS podem ser manipulados pelos serviços, as operações normalmente possíveis são: criar, apagar, modificar ou obter os atributos de um objeto; existem algumas poucas exceções, como por exemplo o objeto **VMD** (*Virtual Manufacturing Device* - vide item seguinte), que não pode ser criado ou apagado. No modelo do MMS o VMD está colocado como um Servidor, de acordo com a fig. V.

Os objetos podem possuir alguma conexão com outros objetos, os quais fazem parte da sua descrição (por exemplo o objeto semáforo possui um atributo “Lista de Objetos Entradas de Semáforo”).

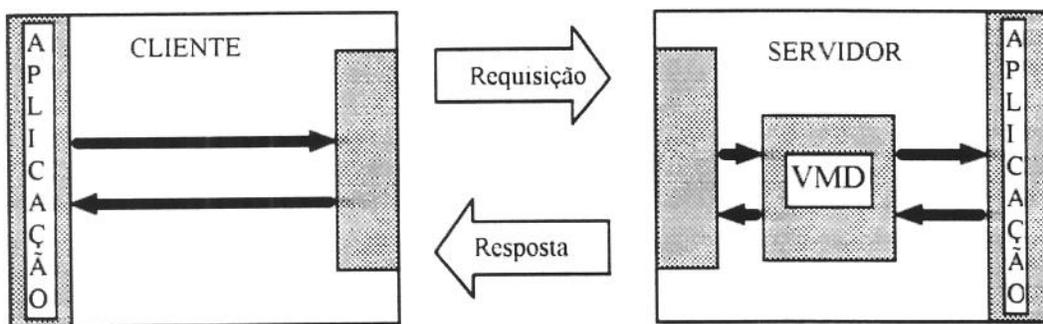


Figura V: Relação Cliente/Servidor no MMS

Pleinevaux [PLE94] observa algumas limitações no uso da modelagem por objetos pela norma MMS, devidos às simplificações que foram adotadas pelos projetistas. Estas limitações encontram-se na fraqueza do conceito de contenção (*containment*), operações não homogêneas com nomes, e falta de homogeneidade na classificação de serviços; isso no entanto não invalida a adequação do MMS, segundo o mesmo autor.

V.1.3 Objetos do MMS

Esta é uma breve descrição dos objetos existentes no MMS. Nos itens subsequentes estes objetos serão detalhados em conjunto com os serviços que atuam sobre eles.

VMD - O VMD - "*Virtual Manufacturing Device*" é o objeto que está hierarquicamente situado no nível mais alto dentro dos objetos do MMS. O VMD torna disponíveis para manipulação e controle os recursos e funcionalidade associados ao dispositivo real de manufatura.

Transação - Governa o processamento de um serviço confirmado, sendo que serviço confirmado é aquele que requer uma resposta do servidor (a maioria dos serviços do MMS são confirmados).

Domínio - Conjunto de instruções ou dados que são mapeados em recursos específicos do VMD.

Invocação de Programa - Programa executável modelado para execução.

Variável, Lista de variáveis, Objeto de acesso espalhado - Descrevem a forma de acesso a variáveis no VMD. Existe o conceito de tipo de dado tal como: inteiro, ponto flutuante, estrutura: *arrays* e combinações destes tipos.

Semáforo - Uma ou mais variáveis binárias que indicam se um recurso ou conjunto de recursos está sendo utilizado. Possui uma fila associada.

Condição de Evento - Condição lógica baseada numa variável binária.

Ação de Evento - Ação a ser tomada pelo VMD quando da ocorrência de um evento.

Inscrição de Eventos - Faz a ligação entre uma condição de evento e uma ação de evento que será disparada quando ocorrer uma transição neste evento específico.

Periódico - Contém informação ordenada cronologicamente, sobre as atividades na fábrica obtida de vários dispositivos.

Estação do Operador - Modela interface simples com o operador.

V.1.3.1 Objetos MMS no Dispositivo Virtual de Manufatura - VMD.

O Servidor do MMS tem seu comportamento externo modelado pelo objeto VMD - *Virtual Manufacturing Device*. O VMD torna disponível para controle e monitoração os recursos e funcionalidade associados ao dispositivo real de manufatura.

Os dispositivos reais são do tipo Controladores Programáveis (CP), Máquinas de Comando Numérico (CNC), Robôs e outros; para estes três inicialmente citados existem normas complementares ao MMS, chamados de padrões associados [CPM89], [ROB90], [CNC91] as quais detalham o MMS para o dispositivo específico relativo à norma.

Um VMD mapeia um recurso físico real. Quando dois VMDs são mapeados no mesmo recurso físico o(s) Processo(s) de Aplicação deve(rão) prover um mecanismo de acesso a este recurso. Este mecanismo pode ser modelado fazendo com que cada VMD obtenha o controle de um semáforo virtual que por sua vez pode estar mapeado em um semáforo real.

Um Objeto VMD possui :

- **Função Executiva** (não é um objeto) que gerencia o acesso do MMS aos recursos específicos do VMD (memória, processadores, portas E/S etc.). Estes recursos são usados para descrever os elementos que compõem um **Domínio**.
- **Lista** com zero ou mais **Invocações de Programa** que consistem de procedimentos e dados que podem estar definidos estática ou dinamicamente (por ex. pela criação de um Domínio através do uso de serviços que atuam sobre os Domínios como o Download).
- **Lista de domínios**, em que cada domínio é uma instância de uso de um conjunto de recursos do VMD e que também pode ser estático ou dinâmico.
- **Lista de objetos transação**, sendo que cada objeto Transação, é criado quando um VMD recebe uma requisição de um dos serviços confirmados. Serviço confirmado é aquele que requer que o servidor responda explicitamente com uma resposta positiva ou negativa. Governa o processamento deste serviço.

- **Lista** de outros **objetos específicos do VMD** - contem referências a todos os outros objetos que estão definidos no VMD como por ex. semáforos, variáveis, eventos etc.

V.2 Serviços do MMS

Serão descritos os serviços do MMS, agrupados de acordo com sua funcionalidade em: suporte do VMD, gerenciamento de domínios, execução remota de programas, gerenciamento de contexto/conexão, acesso a variáveis, comunicação com o operador, gerenciamento de eventos e alarmes, gerenciamento de semáforos, gerenciamento de periódicos e gerenciamento de arquivos.

V.2.1 Suporte do VMD

Estes serviços permitem a um cliente MMS a determinação das características e condições gerais de um servidor MMS.

Status - Informa a um cliente MMS as condições gerais do servidor MMS, estas condições englobam os aspectos lógicos (serviços disponíveis) e físicos (estado do hardware). A resposta deste serviço inclui detalhes de padrões associados.

UnsolicitedStatus - É gerado espontaneamente pelo servidor MMS para informar as suas condições; no mais é idêntico ao serviço de Status.

GetNameList - Através deste serviço um cliente MMS pode solicitar, ao servidor MMS, a devolução de uma lista de nomes de objetos que cumpram os requisitos especificados no serviço. Estes requisitos devem incluir, por exemplo, a classe do objeto (Named Variable, Semaphore, etc.).

Identify - Fornece a informação de identificação do servidor MMS, a qual contem: o nome do fabricante, nome do modelo e o nível de revisão de sistema em utilização.

Rename - Usado por um cliente MMS, para pedir a modificação do identificador de um objeto, para um novo identificador especificado.

V.2.2 Gerenciamento de domínios

Um domínio representa um subconjunto de recursos de um VMD que é usado para um propósito específico. Exemplos de domínios são programas, variáveis e dados. Segue abaixo uma descrição sumária dos serviços que operam sobre os domínios.

InitiateDownloadSequence - Permite que um cliente , comece uma seqüência de carga de um domínio no servidor.

DownloadSegment - Permite que o servidor obtenha uma parte da imagem que deve ser carregada no servidor.

TerminateDownloadSequence - Permite que o servidor termine o serviço de carga do domínio.

InitiateUploadSegment - Permite que um cliente, comece um processo de transferência do conteúdo de um domínio de um determinado servidor.

UploadSegment - Permite, ao cliente, obter uma parte da imagem que deve ser transferida pelo servidor.

TerminateUploadSequence - Permite que um cliente termine o serviço de transferência de um domínio.

RequestDomainDownload - Permite que um servidor requisiute a um cliente a carga de um domínio do cliente para o servidor.

RequestDomainUpload - Permite que um servidor requisiute a um cliente a carga de um domínio do servidor para o cliente.

LoadDomainContent - Permite que um cliente requisiute a um servidor a ação de carga de um domínio no próprio servidor. Esta carga pode ser feita do próprio armazenador de arquivos do servidor ou de algum outro servidor.

StoreDomainContent - Permite que um cliente requisiute a um servidor a ação de transferência de um domínio para um armazenador de arquivos.

DeleteDomain - Permite que um cliente requisite a um servidor que destrua um domínio e coloque os seus recursos disponíveis.

GetDomainAttributes - Permite que um cliente requisite do servidor uma lista dos atributos de um determinado domínio.

V.2.3 Execução remota de programas

Entre os vários objetos definidos no MMS, para o modelo do VMD, existe o que se chama *Invocação de programa*, que é o agrupamento de um ou mais domínios na forma de um programa executável. Uma invocação de programa pode ser predefinida ou criada, sendo que a sua criação pode ser feita através dos serviços do MMS ou por ação local. Os serviços que são oferecidos para o cliente gerenciar estes programas são apresentados a seguir:

CreateProgramInvocation - Usado para especificar um ou mais domínios que juntos formarão no servidor um programa executável. O modelo de execução do MMS permite que múltiplos programas sejam executados simultaneamente, e com a possibilidade de compartilharem um ou mais domínios.

DeleteProgramInvocation - Permite que o cliente elimine uma invocação de programa no servidor.

Start - Através deste serviço, um cliente, faz com que uma invocação de programa previamente criada seja executado.

Stop - Este serviço permite que um cliente paralise a execução de um programa no servidor.

Resume - Permite que um cliente comande a continuação da execução de um programa, que antes estava paralisado no servidor.

Reset - Permite que um cliente comande a transição de um programa, no servidor, que está executando ou paralisado, para o estado inativo.

Kill - Permite que um cliente force o término da execução de um programa no servidor.

GetProgramInvocationAttributes - Este serviço permite que um cliente requisi-te ao servidor os atributos associados a um determinado programa.

V.2.4 Gerenciamento de contexto/conexão

Estes serviços permitem que os pares de Processos de Aplicação(o iniciador e o receptor da comunicação) negociem, mantenham, liberem e abortem uma conexão lógica. Segue uma breve descrição destes serviços:

Initiate - Usado para estabelecer uma associação de aplicação com outro usuário MMS em um entre vários contextos e para estabelecer os atributos da mesma (tais como o tamanho máximo da mensagem, número máximo de requisições de serviços que podem estar esperando uma confirmação ao mesmo tempo, etc.). Nenhuma comunicação pode ser estabelecida antes que seja feita uma chamada para este serviço e que a mesma seja confirmada.

Conclude - Usado para terminar uma associação de aplicação entre dois usuários MMS e para liberar os recursos alocados à associação (tais como máquinas de estado, variáveis temporárias, etc.).

Abort - Este é um serviço não confirmado e é usado para terminar, de forma abrupta, uma associação de aplicação. Diferentemente do serviço Conclude, a requisição deste serviço não é respondida e os dados da associação são perdidos. Em alguns casos, a associação é abortada pelo provedor do MMS ou por alguma outra parte do sistema de comunicação. Nestes casos, ambos os usuários são avisados através da primitiva ABORT INDICATION.

Cancel - Usado para cancelar uma requisição prévia de algum serviço do MMS. A maioria dos serviços do MMS pode ser cancelada, independente de quão rapidamente se dará este cancelamento. Alguns serviços não podem ser cancelados (tais como o próprio serviço CANCEL).

Reject - Este é um serviço não confirmado e que é usado pelo provedor do MMS para indicar que um erro de protocolo foi detectado durante a análise da mensagem do

MMS. Ambos os usuários do MMS são notificados a respeito do problema através da primitiva REJECT INDICATION.

V.2.5 Acesso às variáveis

O objetivo dos serviços de acesso às variáveis do MMS é permitir a leitura e escrita de variáveis contidas em um VMD.

Uma variável, para um VMD, é definida como um objeto capaz de prover (quando lida) ou aceitar (quando escrita) um valor de dado com tipo.

Procurou-se na norma implementar um conceito de variável semelhante ao encontrado nas linguagens de alto nível. As variáveis possuem tipos, os quais podem ser obtidos pela concatenação de tipos básicos, formando estruturas complexas.

Os cinco objetos de acesso a variáveis definidos pelo MMS são:

- *Objeto Variável Anônima.*
- *Objeto Variável Nomeada.*
- *Objeto de Acesso Espalhado.*
- *Objeto Lista Nomeada De Variáveis.*
- *Objeto Tipo Nomeado.*

O *Objeto Variável Anônima* existe para mapear variáveis preexistentes, que dependam de uma determinada máquina ou implementação, isto pode ocorrer, por exemplo em sistemas antigos que estejam sendo integrados ao ambiente OSI. Nestes casos o *software* pode não ter facilidades de relocar as variáveis para conformá-las às regras das Variáveis Nomeadas.

As *Variáveis Anônimas* são caracterizadas por seu endereço; um objeto deste tipo não pode ser destruído ou criado dinamicamente.

O *Objeto Variável Nomeada* modela uma variável abstrata, como normalmente se define em uma linguagem de alto nível, com nome e tipo.

Uma *Variável Nomeada* pode ter endereço, mas o atributo chave para acessá-la é seu nome.

Os componentes de uma *Variável Nomeada* devem ocupar endereços contíguos dentro do VMD, de tal forma que possam ser acessados a partir de um endereço base.

O *Objeto de Acesso Espalhado* determina os meios necessários para acessar variáveis que não possuem endereços contíguos, isto é, estão espalhadas dentro do VMD. Esse objeto modela uma estrutura, cujos componentes são as variáveis espalhadas. O acesso a essa estrutura, do ponto de vista do MMS, se dá como se fosse a uma única variável, assim não pode ser obtido um sucesso parcial do acesso (ele ocorre ou não).

O *Objeto Lista Nomeada de Variáveis* permite mapear um nome MMS (nome da lista) em uma seqüência de nomes de variáveis de qualquer tipo (isto é, cujos acessos possam ser modelados por qualquer um dos objetos definidos).

Neste caso pode ser indicado sucesso ou falha a nível de cada variável.

O *Objeto Tipo Nomeado* permite a definição de tipos para serem aplicados as variáveis, estes tipos são formados recursivamente, a partir de tipos básicos para os quais já existem predefinições.

Para o MMS, o que caracteriza os objetos de acesso a variáveis, é seu nome, com exceção apenas do *Objeto Variável Anônima*, para o qual o atributo chave é o endereço.

Todos eles contem um parâmetro que indicam se eles são ou não apagáveis pelo MMS, além disso sempre contem alguma descrição do tipo das variáveis que representam.

Funções de Acesso às Variáveis O VMD tem acesso às variáveis reais através de duas funções:

V_Get e V_Put.

A função *V_Get* obtém os valores da variável selecionada, utilizando o tipo especificado; a função *V_Put* atualiza o valor da variável, também utilizando a descrição do tipo fornecida.

O acesso às variáveis reais modifica o estado do VMD, este estado é entendido como o conjunto de modificações que o VMD necessita realizar para concretizar o acesso.

Dentro do VMD o acesso a uma variável nunca pode ser notificado como parcialmente realizado, ele obtém sucesso ou não, além disso o VMD deve tentar fazer com que o acesso seja ininterruptível (sendo que esta característica deve constar da tabela de conformidade para estes serviços de acesso às variáveis).

Lista dos Serviços de Acesso às Variáveis

Obs.: Todos os serviços são requisitados pelo cliente MMS, a menos que seja explicitamente declarada uma outra origem para o serviço.

Na definição do acesso, em cada serviço, sempre é referenciado o tipo da variável. Existe uma facilidade chamada acesso alternado que permite ao VMD responder uma solicitação de acesso usando um tipo definido pelo requisitante do serviço, e que não necessariamente casa com o tipo da variável acessada.

Read - Serve para pedir a um VMD que devolva o valor de uma ou mais variáveis definidas no VMD. Podem ser especificados como parâmetros de entrada deste serviço, tanto uma lista de variáveis (explicitando o nome de cada uma) , quanto o nome de uma lista que contem o nome das variáveis.

Write - Requisita ao VMD que este atualize os conteúdos de uma ou mais variáveis cujos valores são fornecidos na chamada do serviço. Novamente podem ser especificadas uma seqüência de variáveis ou o nome de uma lista de variáveis.

InformationReport - Este serviço pode ser solicitado tanto por um cliente MMS, quanto por um servidor MMS. Seu objetivo é informar o outro usuário_MMS (servidor ou cliente) do valor de uma ou mais variáveis especificadas, isto é, equivale a resposta de um serviço de Read. A implementação deste serviço não é definida no MMS, ele é um serviço não confirmado.

GetVariableAccessAttributes - Serve para obter os atributos de uma variável, nomeada ou anônima, definida no VMD; ou então fazer com que o VMD devolva a descrição do tipo derivado de um *Objeto de Acesso Espalhado* definido no VMD. Os

atributos são: *MMS deletable*, que indica se o objeto referenciado pode ser apagado; endereço (quando possível) e a especificação do tipo da variável.

DefineNamedVariable - Requisita que o VMD crie um *Objeto Variável Nomeada* o qual descreve o mapeamento de uma variável real no VMD.

DefineScatteredAccess - Pede ao VMD que crie um *Objeto de Acesso Espalhado*. Este objeto descreve o acesso às variáveis espalhadas, através de uma variável estruturada, construída a partir de outras variáveis, as quais podem ser nomeadas, anônimas ou de acesso espalhado. Este serviço existe para uso em sistemas que possuam variáveis que não possam ser acessadas a partir de um endereço base único.

GetScatteredAccessAttributes - Faz com que o VMD devolva os atributos de um *Objeto de Acesso Espalhado* definido no VMD. Pode ser usado também para obter a especificação do tipo derivado de um objeto de acesso espalhado. Os atributos são: se o objeto é apagável pelo MMS e a descrição do acesso espalhado.

DeleteVariableAccess - Requisita ao VMD que este apague um ou mais *Objetos Variável Nomeada* ou *Objetos de Acesso Espalhado* que tenham o atributo "MMS_deletable" igual a verdadeiro. Pode ser selecionado o escopo de apagamento: específico (uma certa variável), específico_de_AA (aplicação), domínio e VMD; além disso pode ser fornecida uma lista de nomes a serem apagados, a falta desta lista no caso do escopo ser específico_de_AA, domínio ou VMD, implica no apagamento de todos os objetos dentro do escopo definido.

DefineNamedVariableList - Solicita ao VMD que crie um *Objeto Lista Nomeada de Variáveis*, que descreve o acesso às variáveis através de uma lista de variáveis que pode conter qualquer um dos tipos de variáveis e em qualquer combinação.

GetNamedVariableListAttributes - Solicita ao VMD que devolva os atributos de um *Objeto Lista Nomeada de Variáveis* definido no VMD. Os atributos são: se o objeto é apagável pelo MMS e a lista de variáveis, contendo a especificação de cada variável e se necessário o acesso alternativo a essa variável.

DeleteNamedVariableList - Requisita ao VMD que este apague um ou mais *Objetos Lista Nomeada de Variáveis* definidos no VMD. As regras de escopo são as mesmas do serviço DeleteVariableAccess.

DefineNamedType - Solicita que o VMD armazene uma especificação de um *Objeto Tipo Nomeado*, para uso subsequente na definição de variáveis nomeadas ou tipos nomeados, ou ambos.

GetNamedTypeAttributes - Solicita que o VMD devolva os atributos de um *Objeto Tipo Nomeado*. Os atributos são: se o objeto é apagável pelo MMS e uma especificação do tipo.

DeleteNamedType - Pede ao VMD que apague um ou mais *Objetos Tipo Nomeado* definidos no VMD.

V.2.6 Comunicação com o operador

Estes serviços permitem a comunicação com uma estação de operador, que aceite entrada de dados, apresentação de dados ou ambas as coisas.

Os serviços fornecidos são bastante simples, uma vez que não é objetivo do MMS cobrir a interface com o operador a fundo, desde que já existe uma norma referente ao assunto (ISO Virtual Terminal ISO 9040 e 9041). Um sistema que exija uma interface mais potente deve utilizar as normas citadas ao invés dos serviços do MMS.

O modelo da estação de operador proposto é bastante simples, compondo-se de duas partes: a primeira é a interface de entrada e a outra a de saída. Uma estação real pode possuir apenas uma destas interfaces ou ambas.

O MMS provê um *Objeto Estação de Operador* que implementa este modelo, esse objeto é caracterizado por alguns atributos como: nome; semáforo de controle de acesso ao objeto; tipo de estação (de entrada, saída ou entrada/saída) e, segundo o tipo de estação, define-se o último atributo "dados de entrada" - que não existe se a estação é do tipo saída.

Os dois serviços possíveis sobre este objeto são Input e Output, o serviço de Input é utilizado em estações do tipo entrada ou entrada/saída.

Input - Utilizado por um usuário_MMS para obter dados de uma estação de operador, se a estação for do tipo entrada/saída o serviço pode especificar a emissão de uma mensagem ao operador, bem como pode-se escolher se haverá ou não eco na tela. Para o MMS o serviço termina quando for recebida uma linha de entrada, desta linha são eliminados o CR (retorno de carro) e o LF (alimentação de linha).

Output - Utilizado por um usuário_MMS para escrever uma mensagem na estação do operador. Uma lista de linhas pode ser especificada como saída, o CR e o LF não devem estar presentes nestas linhas.

V.2.7 Gerenciamento de eventos e alarmes

Os serviços disponíveis para o gerenciamento de eventos e alarmes são descritos a seguir.

DefineEventCondition, DeleteEventCondition, GetEventConditionAttributes - Estes serviços são usados para criar, eliminar ou para obter os atributos de um objeto denominado Condição de evento (*Event Condition*). Uma Condição de evento pode ser habilitada ou desabilitada e se desabilitada, pode estar no estado ativo (*Active*) ou inativo (*Idle*). As ações de eventos (*Event Actions*) podem ser disparadas quando uma Condição de evento transita do estado inativo para o ativo, ou vice-versa. Também é possível disparar estas Ações de eventos explicitamente através do serviço *TriggerEvent*. Os serviços *DefineEventCondition* e *GetEventConditionAttributes* contem informações externas especificadas nos "*MMS Companion Standards*".

DefineEventAction, DeleteEventAction, GetEventActionAttributes - Estes serviços são usados para criar, eliminar ou obter os atributos de um objeto denominado Ação do evento (*Event Action*). Uma Ação de Evento é uma requisição de um serviço do MMS que não é executado até que uma Condição de evento a dispare. Quando uma Ação de evento é disparada, a requisição de serviço do MMS especificada é executada, e a

informação resultante desta execução é enviada, via requisições de serviços EventNotification, para um ou mais clientes escritos.

AlterEventConditionMonitoring - Este serviço é usado para alterar certos atributos de uma Condição de evento localmente monitorada (por exemplo, para habilitar ou desabilitá-la).

TriggerEvent - Este serviço é usado para disparar as Ações de evento que dependem de uma determinada Condição de evento. Ele só pode ser usado para disparar as Condições de evento disparáveis através da rede (*network-triggered*), que não são monitoradas localmente. As Condições de evento podem ser monitoradas ou disparadas pela rede. No primeiro caso, o VMD é responsável pela monitoração e sinalização de uma variável associada à Condição de evento, que indica o estado da mesma, enquanto que no segundo caso, a monitoração não existe, pois a sinalização da ocorrência do evento virá pela rede, através da requisição do serviço TriggerEvent.

DefineEventEnrollment, DeleteEventEnrollment, AlterEventEnrollment, GetEventEnrollmentAttributes DefineEventEnrollment, DeleteEventEnrollment, AlterEventEnrollment, GetEventEnrollmentAttributes \fm - Estes serviços são usados para criar, modificar, eliminar ou obter a definição de uma ou mais inscrições de eventos (*Event Enrollment*). Inscrições de eventos são referências aos clientes que deverão receber um dos itens citados a seguir :

- uma simples resposta à uma requisição de serviço que foi modificada através do modificador AttachToEventCondition, sendo a resposta gerada quando um determinado evento ocorrer, ou
- uma requisição do serviço EventNotification a cada vez que um determinado evento ocorrer.

EventNotification - Este é um serviço não confirmado que é usado para notificar, aos clientes que estão inscritos, a ocorrência de um determinado evento e para incluir a informação de resposta de uma Ação de evento, que foi executada, quando da ocorrência do evento. Este serviço contém informações externas especificadas pelos padrões associados.

AcknowledgeEventNotification - Este serviço é usado por um cliente, que recebeu uma requisição de um serviço EventNotification, para informar o reconhecimento por um operador.

GetAlarmSummary - Este serviço é usado para obter um resumo dos alarmes, que ocorreram em um servidor, relacionados à um conjunto específico de Condições de evento. Um alarme é simplesmente um evento que um cliente inscrito, através de uma Inscrição de evento, indicou para ser gravado no resumo de alarme. A requisição do EventNotification correspondente a alguns alarmes devem ser reconhecidos. Este serviço contém informações externas especificadas pelos padrões associados.

GetAlarmEnrollmentSummary - Este serviço é usado para obter um relatório do status de todas as inscrições de evento que especificam um tipo de evento de alarme. Este serviço contém informações externas especificadas pelos padrões associados.

ReportEventConditionStatus, **ReportEventActionStatus,**
ReportEventEnrollmentStatus - Estes serviços são usados para obter algumas informações de status sobre cada um dos objetos: Condições de evento, Ações de evento e Inscrições de evento.

AttachToEventCondition Modifier - Este modificador pode ser associado à serviços, que o cliente desejar, para retardar a sua ação no servidor, até que haja uma transição de uma Condição de evento.

V.2.8 Serviço de gerência de semáforos

Estes serviços permitem a sincronização, controle e coordenação de recursos compartilhados entre usuários do MMS. O mecanismo provido pelo VMD é para controlar e liberar um objeto semáforo.

Um semáforo é referenciado por um nome que pode ser “específico do VMD” ou “específico do Domínio” e pode estar predefinido ou ser definido dinamicamente devido à criação de um Domínio, pelo serviço DefineSemaphore do MMS.

O MMS provê o gerenciamento de dois tipos de semáforos:

Semáforos do tipo Token - permite um ou mais proprietários.

Semáforos do tipo Pool - permitindo alocação explícita ou dinâmica de *Tokens* nomeados. Um *Token* nomeado é uma entidade referenciada por um nome cuja semântica está definida localmente e não pode ser gerenciada explicitamente por serviços do MMS.

Um semáforo possui uma lista de proprietários e uma fila de solicitantes, cada elemento da fila é um objeto, *SemaphoreEntry*, que é criado ou por um serviço do MMS ou por um pedido associado a um modificador (*Attach to Semaphore Modifier*) ou por questões locais e tem seus parâmetros fornecidos na solicitação do semáforo.

O proprietário de um semáforo é um Processo de Aplicação identificado por uma Referência de Aplicação.

Serviços que dão suporte ao gerenciamento de semáforos

TakeControl: Cria um Objeto *SemaphoreEntry* e coloca-o na lista de solicitantes do semáforo. Enquanto o *SemaphoreEntry* não se torna o proprietário do semáforo não é enviada uma resposta ao cliente.

RelinquishControl - Apaga da lista de Proprietários de um semáforo o objeto *SemaphoreEntry*.

DefineSemaphore - Cria um objeto semáforo com a lista de proprietários vazia e com os *tokens* livres.

DeleteSemaphore - Destrói um objeto semáforo.

ReportSemaphoreStatus - Fornece o número de proprietários do *token*, o número de *tokens* disponíveis e número de *tokens* associados ao objeto *SemaphoreEntry* que estão no estado SUSPENSO (HUNG).

ReportPoolSemaphoreStatus - Fornece os mesmos parâmetros acima só que para *token* nomeado.

ReportSemaphoreEntryStatus - Fornece o status dos objetos *SemaphoreEntry* relacionados com um semáforo determinado.

AttachToSemaphoreModifier - É um modificador que associa a execução de um serviço a um semáforo, isto é, o serviço só será realizado quando obtiver o controle do semáforo ao qual está associado.

V.2.9 Gerenciamento de periódicos

Existem para prover facilidade no armazenamento e recuperação de informação cronologicamente ordenada que diz respeito a eventos, variáveis associadas a eventos ou ambos e texto, que é utilizado como anotação explicativa ou comentário.

Esses Periódicos não são criados dinamicamente. A possibilidade de relatar ocorrências relacionadas a variáveis de transições de eventos é relacionada com um dos atributos do objeto que é a notificação no Periódico (*list of Entry*). As informações contidas nesta lista relacionam o objeto que está sendo relatado e o instante de tempo em que ocorreu o relato.

Os periódicos possuem uma lista destas notificações.

Os serviços associados ao Gerenciamento de Periódicos são:

ReadJournal - Este serviço possibilita a leitura das notificações do Periódico.

WriteJournal - Escreve uma ou mais notificações do Periódico no Periódico.

InitializeJournal - Limpa uma ou mais notificações do Periódico.

ReportJournalStatus - Retorna o número das notificações do Periódico. Informações adicionais podem ser retornadas ficando esta definição a cargo de padrões associados.

V.2.10 Gerenciamento de arquivos

São utilizados na leitura de arquivos, para gerenciar armazenadores de arquivos, renomear e apagar arquivos. Não são utilizados para acesso aleatório ou modificação nos arquivos.

Os serviços existentes no MMS para gerenciar arquivos são um subconjunto do FTAM (*File Transfer, Access and Management*).

Os serviços oferecidos são:

FileOpen - Identifica o arquivo a ser lido.

FileRead - Usado para transferir, totalmente ou em parte, o conteúdo de um arquivo.

FileClose - Usado para que os recursos utilizados na transferência de um arquivo sejam liberados.

FileRename - Usado para mudar o nome de um arquivo no armazenador de arquivos virtual.

FileDelete - Usado para remover um arquivo no armazenador de arquivos virtual.

FileDirectory - Usado para obter o nome e os atributos de um arquivo ou conjunto de arquivos.

V.3 Padrões Associados

A norma MMS, em suas partes 1 e 2, descreve um sistema de mensagens para manufatura de caráter genérico e abrangente. Como existem diversos dispositivos distintos de manufatura, a norma permite especializar o MMS para considerar cada um destes dispositivos, mantendo ao mesmo tempo conformidade com as diretrizes gerais especificadas; a estas especializações deu-se o nome de padrões associados (*Companion Standards*)

Existem três grupos da ISO desenvolvendo padrões associados. São o grupo de Robótica [ROB90], o de Controladores Programáveis [PCM89] e o de Máquinas de Comando Numérico [CNC91].

Os padrões associados trabalham com o conceito de VMD, Dispositivo Virtual de Manufatura; como o VMD é um objeto MMS é possível usar a capacidade de herança para transmitir as características genéricas do MMS para um dispositivo específico, que será definido através de um VMD cujos atributos serão especializados de acordo com o dispositivo real representado.

Como exemplo desta abordagem pode-se citar os padrões para Robôs e Máquinas CNC, os quais definem uma série de novos objetos a partir do arcabouço básico do MMS. Estes objetos são por exemplo sistemas de coordenadas, que podem representar a posição do dispositivo em relação ao mundo, a uma referência local na base do dispositivo e também podem posicionar as ferramentas em relação ao dispositivo (coordenadas da ferramenta).

De maneira similar são definidos objetos para as características relevantes de cada dispositivo, no caso dos Robôs são definidos parâmetros como Fator de Velocidade e Velocidade Programada de Execução dos ciclos.

Para os Robôs o padrão associado considera requisitos de segurança conforme especificados na norma ISO DP 10218 - *Manipulating Industrial Robots - Standard for Safety*.

Os serviços do MMS são especializados para os distintos dispositivos através de recursos que foram previstos na definição da norma. Os serviços dispõem, em sua definição

formal, de um campo onde podem ser adicionadas características extras; estes campos são então especificados em cada um dos padrões associados.

São definidos uma série de objetos que já existiam na norma MMS em caráter genérico, mas que ao nível do padrão associado são explicitamente nomeados. Exemplo é a definição de um domínio chamado R_ARM para os Robôs, contendo vários atributos representativos de um braço robotizado real. Uma invocação de programa com o nome R_ARM é usada para controlar o braço robotizado. Observe-se que apesar do nome ser o mesmo, R_ARM, as classes dos objetos são distintas, no caso do domínio a classe é a de domínios e no último caso a classe é de invocação de programas, assim um objeto R_ARM (domínio) não aceitará serviços relacionados a um R_ARM (invocação de programas).

Podem ser definidas variáveis para representar aspectos do dispositivo, a proposta de padrão para Máquina CNC define entre outras a variável N_NumAxes, a qual contém o número de eixos da máquina.

A especialização dos serviços do MMS, através dos padrões associados é necessária, pois o significado de um serviço pode variar dependendo do dispositivo onde o mesmo é realizado; exemplificando com o serviço de STOP, o qual pára a execução de um programa: se o dispositivo é um CP podemos simplesmente interromper o programa, mas se o dispositivo é uma máquina CNC ou um robô, será necessário adotar um procedimento de posicionar o porta-ferramentas ou o braço do robô em um ponto seguro antes de efetuar a parada.

Os mecanismos para a criação dos padrões associados podem ser usados também para a criação de um VMD de um dispositivo qualquer, assim Rondeau [RON93] em seu artigo "*Creation of Virtual Manufacturing Devices by means of information system models*", criou VMDs que foram usados pela Companhia de Metrô de Paris, através de um aprimoramento da análise dos objetos sob a ótica da metodologia entidade-relacionamento.

V.4 Barramento de Campo

O Barramento de Campo (*FieldBus*) é uma rede de dispositivos inteligentes que atua no nível de chão de fábrica, permitindo a comunicação entre os elementos finais de atuação e controle. A tendência tecnológica é de que os sensores e atuadores incorporem inteligência, devido aos avanços da microeletrônica; assim, um medidor de temperatura, ao invés de conter simplesmente um termopar, poderá conter um circuito integrado que realize operações de linearização e filtragem, incorporando capacidades extras ao instrumento.

Com estas capacidades adicionais, parte das funções dos sistemas computadorizados que ficavam nos níveis superiores podem ser executadas nos próprios dispositivos inteligentes de chão de fábrica. Para que este objetivo seja atingido é necessário que os mesmos possam comunicar-se, de uma maneira padronizada e independente do fabricante, este é o propósito final do barramento de campo.

Historicamente a comunicação no chão de fábrica, quando se tratava de instrumentação, utilizava o padrão **4 a 20 mA**, em que o sinal do instrumento é transmitido de maneira analógica. Um protocolo misto, analógico e digital, que possibilita o uso da fiação 4 a 20 mA é o **Hart** (*Highway address remote transducer*), ele permite que uma codificação digital seja sobreposta ao canal analógico, viabilizando a comunicação digital com o dispositivo de campo.

A tendência do mercado de dispositivos de campo é de que seja usado uma comunicação totalmente digital, de maneira que a solução *Hart* não será contemplada na padronização do barramento de campo.

V.4.1 Padronização do Barramento de Campo

Os países detentores de tecnologia na área desenvolveram padrões nacionais que atendessem requisitos particulares de seus mercados, assim surgiram os padrões **Profibus** (*Processus FieldBus*, norma alemã DIN 19245) [GOD90], **FIP** (*Factory Information Protocol*, norma francesa) [AFN90] e, nos EUA, o padrão de mercado Hart já citado.

Também nos EUA, a partir de 1985, através da ISA (*International Society for Measurement and Control*), foi criado um comitê para a padronização do *FieldBus*, o **SP50**, sendo que posteriormente este grupo adquiriu um caráter de definição de norma internacional.

Enquanto não se define a norma internacional, os fabricantes se associam e tentam lançar produtos que sejam parcialmente compatíveis com os resultados já alcançados de padronização. Havia dois grandes consórcios de fabricantes, o WorldFip e o ISP (*Interoperable System Project*), atualmente ambos se fundiram em um único grupo.

V.4.2 Estrutura do Barramento de Campo

Como o modelo Mini-MAP, o Barramento de Campo usa uma estrutura aderente ao modelo OSI/ISO, sendo que apenas três camadas são usadas, física, enlace e aplicação. As justificativas para este tipo de estrutura foram apresentadas no Cap. III, item Eixo de comunicação.

Na camada física já foi definido que a norma usada será a RS485 (EIA), sendo previstas taxas de comunicação de 31.25 Kb/s, 1 e 2.5 Mb/s.

A camada de enlace incorpora características tanto do Profibus quanto do FIP.

A camada de aplicação utiliza um conjunto de serviços semelhantes aos do MMS quanto à funcionalidade.

Uma novidade é que foi criada uma camada extra, chamada de Camada do Usuário, não descrita no modelo OSI/ISO [REE93], a qual pretende ser como uma API (*Application Program Interface*), para facilitar o uso do Barramento de Campo.

V.5 Uso do MMS

A tendência das indústrias de manufatura é caminhar para o uso intensivo dos recursos de informática, dos quais as redes de computadores fazem parte. Os usuários dos sistemas informatizados, depois dos projetos pioneiros MAP e TOP, viram as vantagens da adoção dos sistemas abertos, entendidos na acepção mais ampla, que engloba o uso de padrões de comunicação, de direito (normas técnicas internacionais) e de fato (padrões de mercado), mesmo que o MAP não tenha ocupado mais do que quatro por cento do mercado de CIM [FOL90].

Os usuários perceberam as vantagens de pressionar os órgãos de padronização e os fornecedores de equipamentos, para obter soluções de comunicação fabril que fossem capazes de aceitar produtos de diversos fabricantes, interoperando sem custo extra. O exemplo tradicional é a própria General Motors americana, que investiu fortemente no MAP e obteve bons resultados [LIV90].

Por sua vez, os fornecedores foram forçados, tanto pela exigência dos usuários comuns, quanto pelos governos nacionais, a tentar adaptar seus produtos aos sistemas abertos. Como os fornecedores são mais ágeis do que os organismos de normalização sempre existirão produtos novos que não são totalmente compatíveis com as normas, devido mesmo ao fato das normas não ficarem prontas antes dos produtos chegarem ao mercado; além disso os fornecedores têm interesse em diferenciar seus produtos dos concorrentes por uma questão mercadológica.

O MMS firmou-se como Sistema de Mensagens para a Manufatura, tornando-se independente do MAP, vários sistemas comerciais usam o MMS, algumas vezes abandonando o nível físico especificado pelo MAP (*Token bus* - IEEE 802.4) e usando a rede Ethernet.

Após a apresentação da primeira demonstração comercial do MAP na ENE (*Enterprise Networking*) que ocorreu em 1988 [ENE88], vários trabalhos foram feitos usando o MMS como modelo para comunicação industrial [WES89] [ZWO94] [RON94], no Brasil não houve nenhuma implementação industrial mas há uma série de artigos publicados sobre o MMS, mostrando que o mesmo está divulgado no meio acadêmico [ALM89] [MEN90] [VAL90] [NOV92] [NOV93] [MEN93].

Certamente os conceitos do MMS estarão incorporados na norma de Barramento de Campo em discussão; como o mercado do Barramento de Campo é muito amplo o MMS deverá receber um impulso extra para firmar-se como protocolo de comunicação industrial.

No capítulo seguinte será descrita a PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação), no Cap. VII será apresentada uma proposta de infraestrutura de comunicação para a PIPEFA, onde busca-se a abertura de espaços para o uso futuro do MMS.

Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação

O Laboratório de Automação Integrada e Robótica, da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, está desenvolvendo um projeto denominado PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação) [PIP95].

O propósito do projeto é a concretização da funcionalidade de um SAP, considerando-se os requisitos da Manufatura Integrada, os quais foram analisados nos capítulos anteriores.

O projeto pretende atender às necessidades de formação do corpo discente, de pesquisa e paralelamente servir como disseminador de tecnologias de automação para as indústrias. Dentro desse contexto, foi criado um grupo multi-disciplinar de pesquisadores envolvendo a **Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM**, **Faculdade de Engenharia Elétrica - FEE**, **Centro de Tecnologia - CT** (instituições da UNICAMP) e **Fundação Centro Tecnológico para Informática - CTI**, concentrando seus esforços no estudo de problemas de Automação Industrial e Robótica.

VI.1 Objetivos Gerais

Comentar-se-ão os objetivos gerais do projeto em relação à Indústria, à Pesquisa e ao Ensino.

VI.1.1 Cooperação com a Indústria:

Este é um projeto de pesquisa multi-disciplinar onde pretende-se implementar uma plataforma para automação e controle industrial, que permita o desenvolvimento de métodos e ferramentas para a automação das Pequenas e Médias Empresas - PME.

A intenção é colocar à disposição das PME, ferramentas e métodos dentro do domínio de Engenharia de Automação, para melhoria da qualidade, custo e produtividade de fabricação, de maneira acessível em termos de custo e facilidade de utilização.

VI.1.2 Ensino:

A Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP (FEM), vem realizando grandes esforços para modernização de cursos a nível de graduação e pós-graduação, tendo implantado, a partir de 1990, um novo currículo, que dá maior ênfase à informática e à eletrônica, na formação de Engenheiro Mecânico, além de reduzir a carga de horas - aula para ampliar as horas de trabalho extra-classe, possibilitando a realização de projetos e o uso mais intensivo do computador.

Pretende-se tornar disponível para o corpo discente uma infra-estrutura que permita a realização de projetos de automação, utilizando equipamentos e componentes reais e dando ênfase à aquisição de uma visão sistêmica de automação

VI.1.3 Pesquisa:

Dentro de uma visão de Manufatura Integrada, surgem diversas áreas de pesquisa, como: Gestão da Manufatura, Sequenciamento de Máquinas, Comunicação Industrial, Base de Dados para Manufatura, Novos Dispositivos de Chão de Fábrica (Sensores e Atuadores).

Construir-se-á um sistema que permita a interação, via rede de computadores, com diversas instituições de pesquisa, permitindo o compartilhamento de conhecimentos e recursos e o trabalho cooperativo.

VI.2 Arquitetura da PIPEFA.

A PIPEFA tomou de empréstimo elementos acumulados pela experiência do Dr. Jean-Paul Frachet, do Laboratório de Engenharia Integrada de Sistemas Industriais (ISMCM-CESTI/LIISI), Paris, França que vem desenvolvendo há algum tempo um projeto dessa natureza denominado PEREGA (*Plateforme Expérimentale pour la Recherche et l'Enseignement en Génie Automatique*).

Para a consecução dos objetivos gerais do projeto, a arquitetura considerou os seguintes pontos:

- Capacidade de execução de operações básicas de um Sistema Automatizado de Produção (SAP), como: carregamento/descarregamento, transferência, execução de uma operação, planejamento e controle de processos, armazenagem intermediária e controle de qualidade.
- Operação realista, do ponto de vista de seqüenciamento, de maneira a validar uma arquitetura que permita um diálogo concreto com o meio industrial.
- Generalidade e Reconfigurabilidade.

Para satisfazer a estes requisitos decidiu-se pela:

- Utilização de sistemas de monitoramento autônomos de baixo custo para sinais lógicos e analógicos provenientes de diferentes sensores/atuidores pertencentes a um processo automatizado.
- Utilização de controladores programáveis (CP) e/ou dedicados de baixo custo utilizando conceitos/métodos de automação industrial, linguagens de programação de controladores programáveis [IEC92][IEC91], redes de PETRI e diagramas de relês, entre outros métodos e ferramentas.
- Incorporação de capacidades de comunicação, nos níveis interno e externo ao SAP.
- Utilização de insumos reutilizáveis.

O objetivo da PIPEFA não é a fabricação de um produto particular, mas a simulação, da maneira mais realística possível, da fabricação de diferentes tipos de produtos industriais; sendo definido um produto genérico tal que seus custos de concepção, produção e fabricação sejam os mais baixos possíveis, de modo a balancear o custo de fabricação com investimentos em termos de sistemas de controle/comando.

O produto genérico utilizado na plataforma, constitui-se de uma placa padrão, que aceita a inserção de subconjuntos de montagem em diversas posições. A placa padrão, ao mesmo tempo que permite a simulação de um problema real é facilmente desmontável para futuras aplicações, fazendo com que a plataforma não tenha gastos com insumos.

A concepção da plataforma foi idealizada como "distribuída", de maneira que possa ser utilizada pelos diferentes parceiros. Inicialmente, os diferentes laboratórios utilizados serão interligados através redes de computadores. A figura VI.2 apresenta a estrutura conceitual dessa plataforma.

Conforme foi apresentado no item anterior, a plataforma será constituída de postos de trabalho funcionando em torno de um produto genérico. Durante este projeto de pesquisa, serão estabelecidos quatro postos de trabalhos.

Cada produto (placa padrão mais uma combinação de cubos) possuirá um código que permitirá um tratamento específico do mesmo. Cada posto terá uma leitora para este código. Futuramente o código poderá ser substituído por etiquetas magnéticas ou de código de barras, que possibilitarão uma gestão de produção mais flexível.

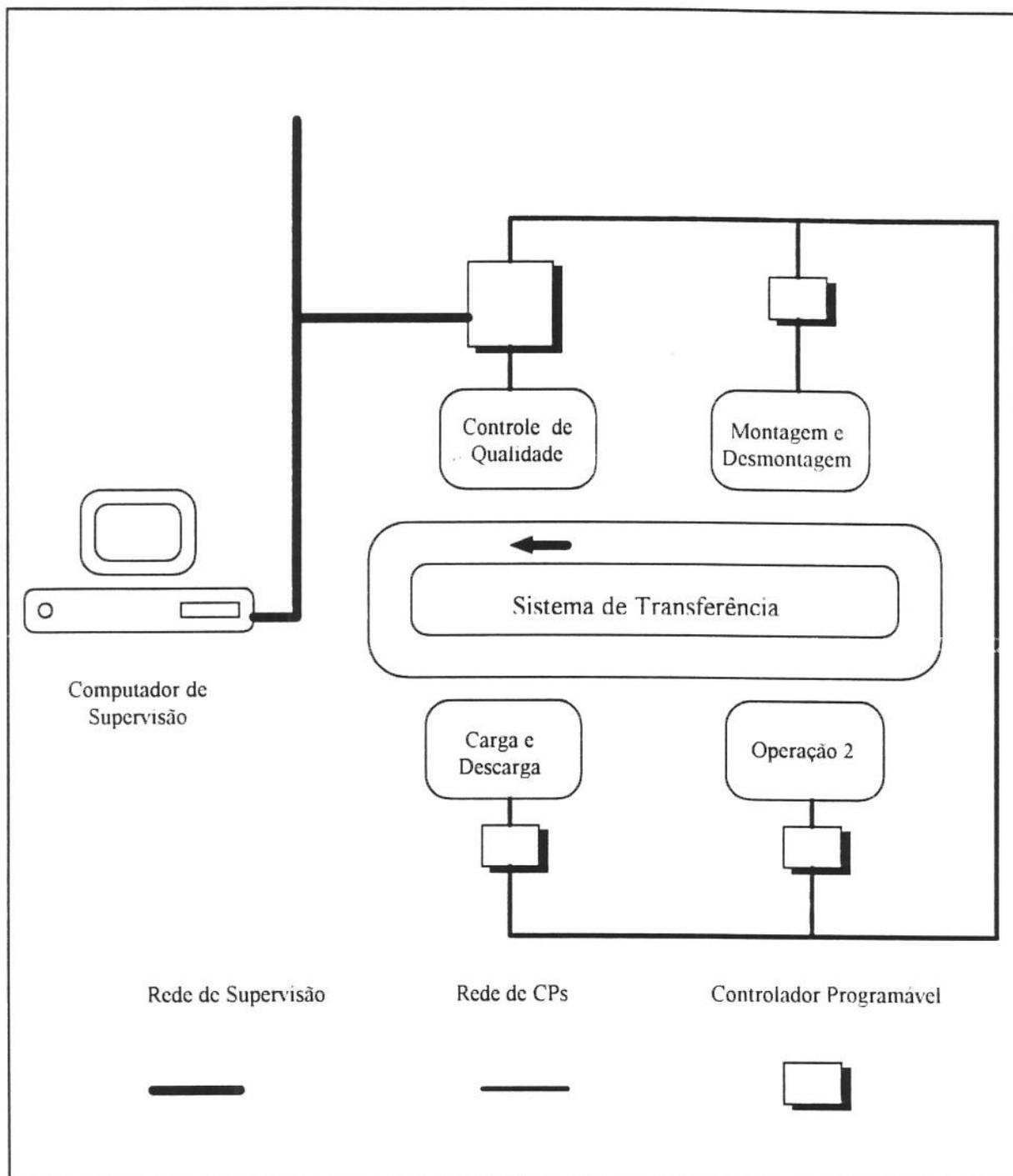


Figura VI.2: Estrutura conceitual da plataforma.

Os seguintes aspectos deverão ser levados em consideração durante a montagem dessa plataforma experimental :

- Cada posto será montado sobre uma mesa padrão de tal forma que possa ser modificada facilmente a arquitetura física do SAP, permitindo assim a simulação de um problema industrial e podendo a mesma ser estendida aos outros postos.
- Cada posto poderá trabalhar de forma independente ou de maneira totalmente integrada com outros postos, possuindo assim um sistema de controle próprio (um CP por posto).
- Sobre cada posto, os elementos de controle e atuação/sensoreamento serão dispostos de maneira visível e acessível para facilitar a demonstração, ensino e eventuais modificações.

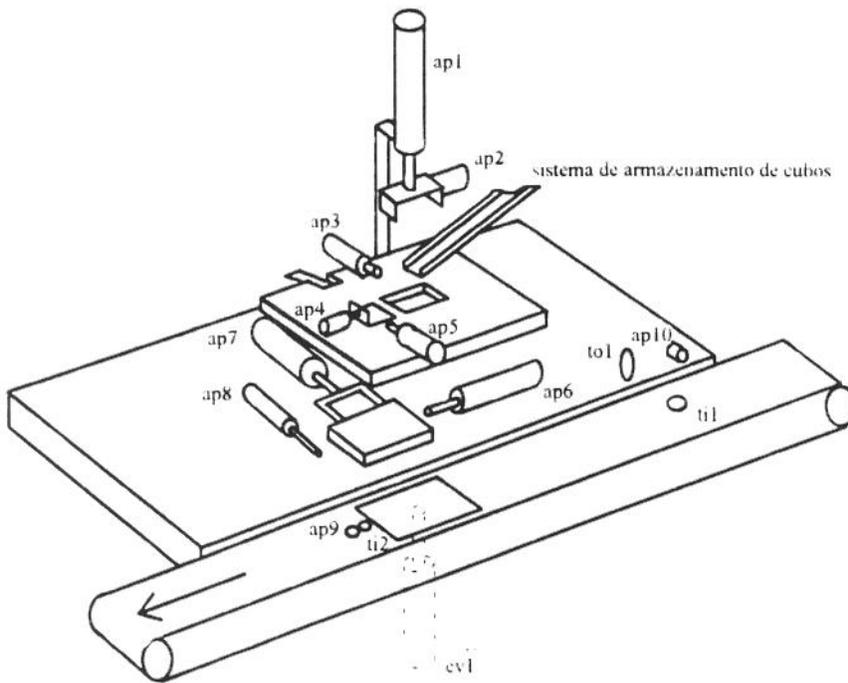
A estrutura física de cada posto poderá ser modificada em função do produto genérico e exigências do mercado, respeitando a mesma arquitetura lógica e rede computacional.

A seguir descreve-se o posto de montagem e desmontagem, o qual será o primeiro a ser montado. Para uma descrição dos demais postos deve ser consultada a documentação da PIPEFA.

VI.3 Descrição do posto de montagem e desmontagem

Todos os cilindros pneumáticos, menos os bloqueadores de placas pertencendo ao sistema de transferência, possuirão transdutores de início e de fim de curso. Por convenção, esses transdutores não serão representados no esquema do posto (fig. VI.3).

Este posto realizará a operação de montagem/desmontagem dos cubos na placa de base. Os cubos serão montados segundo um sistema de códigos fixado em cada placa. Os cubos terão três posições para montagem: esquerda, central e direita, e isso em dois níveis de empilhamento. O posto será conectado ao sistema de supervisão possibilitando uma gestão de produção eficiente (detecção de falha do posto, ritmo de produção ...)



ap : atuadores pneumáticos
ev : elevadores pneumáticos

to : transdutor ótico
ti : transdutor indutivo

Figura VI.3: Posto de montagem/desmontagem.

Um transdutor indutivo (ti1) detecta a chegada da placa em frente ao posto. A partir deste momento as seguintes etapas deverão ser atingidas:

- Leitura do código da placa para identificação a partir de um transdutor ótico (to1), e interrupção do processo de chegada das placas através de um atuador pneumático (ap10).
- A placa chega ao elevador (ev1) e a detecção de presença da mesma é realizada a partir de um transdutor indutivo (ti2), sendo a mesma bloqueada em posição a partir de um transdutor pneumático (ap9).
- Um sistema de gaveta inferior é acionado através de um atuador pneumático (ap7), o elevador desce, a placa fica na gaveta inferior que entra no posto. O atuador pneumático (ap10) permite a passagem de outras placas.

- No momento que a gaveta inferior entrou no posto, a gaveta superior é acionada através de um acionador pneumático (ap4), sendo a mesma carregada com um cubo através de um atuador pneumático (ap3) (os cubos chegam em frente a um acionador pneumático (ap3) por gravidade).
- Um sistema de pinça desce através de um atuador pneumático (ap1) para fixar o cubo através de outro acionador pneumático (ap2) num sistema gaveta superior .
- A pinça sobe (ap1), a gaveta superior (ap4) entra.
- A pinça desce (ap1), coloca o cubo na placa (pressão regulada através de um sensor).
- A pinça sobe (ap1), a gaveta inferior sai (ap7), o elevador sobe (ev1), a gaveta entra e finalmente o elevador desce colocando a placa no sistema de transferência.

VI.4 Supervisão

A PIPEFA é uma linha de produção com postos comandados por diferentes CPs. Para que se possa realizar o controle e a gestão de tal sistema torna-se necessária uma visão global do mesmo. Esta visão não pode ser obtida através de uma vigilância posto por posto individualmente, mas do conjunto de postos.

O interesse por um sistema de supervisão vem da sua capacidade de reunir as informações provenientes de todos os postos e torná-las disponíveis para utilização pelo usuário, ao mesmo tempo a disponibilidade deste sistema comercialmente permite incorporá-lo à PIPEFA visando atender aos objetivos gerais do projeto.

O sistema de supervisão possui as seguintes finalidades :

- Controle dos meios de produção possibilitando uma visão precisa dos diferentes postos de produção e permitindo a realização de uma gestão eficiente dos diferentes elementos constituintes dos postos.
- Controle de produção, permitindo observar globalmente a linha de produção.
- Detecção e gestão das falhas possibilitando a intervenção rápida no posto avariado. Obtenção de estatísticas do funcionamento da linha de produção.
- Comunicação com os níveis superiores de empreendimento, que no caso da PIPEFA estarão localizados nas Instituições Parceiras

Todas essas ações devem ser realizadas em tempo real, para que a supervisão seja efetiva.

No capítulo seguinte serão detalhadas as diretivas para especificação do sistema de supervisão.

VI.5 Suporte ao trabalho cooperativo

A PIPEFA, fisicamente, está localizada no prédio da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, contudo pode-se considerá-la como sendo parte de uma Empresa Virtual, consistindo no chão de fábrica desta empresa.

O conceito de Empresa Virtual [FUT92] consiste na idéia de que as diversas atividades executadas dentro de uma empresa possam ser consideradas como disponíveis através de fornecedores externos. Poder-se-ia constituir uma Empresa Virtual através da contratação das atividades necessárias para a concepção, desenvolvimento e produção de um produto; por exemplo, no caso da fabricação de uma embalagem plástica para um hidratante de pele, a concepção estilística da embalagem poderia ser feita por um escritório na Itália, o detalhamento dos materiais e processos poderiam ser feitos na Alemanha e a produção poderia ser feita num chão de fábrica localizado no Brasil.

Este conceito está disseminando-se, inicialmente sob a forma simplificada de terceirização, mas caminhando para a forma mais abrangente de trabalho cooperativo, como é o caso da manufatura da empresa de computadores SUN [SUN95]

A PIPEFA considera esta tendência tecnológica na sua concepção. A implementação física da mesma contém até o nível de célula do Modelo NBS (descrito no Cap. III), os demais níveis poderão ser supridos pelas Instituições Parceiras no decorrer do projeto.

O trabalho cooperativo é parte das estratégias de Integração da Manufatura, para suportá-lo é necessário prover a infra-estrutura de sistema de informação representada pelo modelo FIC apresentado no Cap. III.

Apresenta-se a seguir a divisão inicial de atividades segundo as áreas de atuação de cada Instituição:

FEM: Tecnologia de Dispositivos de Chão de Fábrica, Técnicas de Programação de Dispositivos.

CT: Tecnologia de Processos.

FEE: Modelagem Matemática de Sistemas a Eventos Discretos, Sistemas Multimídia.

CTI: Planejamento Estratégico, Planejamento e Sequenciamento da Produção, Tecnologia de Comunicação Industrial e Corporativa.

Em especial, no contexto deste trabalho, a questão da comunicação entre os parceiros foi cuidadosamente analisada, pois a mesma é o suporte último dos aplicativos para trabalho cooperativo existentes e daqueles que venham a ser desenvolvidos para o projeto.

No capítulo seguinte será apresentada uma arquitetura de comunicação e processamento proposta para a conexão da PIPEFA com seus parceiros.

VI.6 Extensões

A partir da implementação desse projeto inicial, outros postos poderão ser criados, incorporando necessidades da Indústria, de Ensino e de Pesquisa. Dois trabalhos sobre SAPs industriais analisados apontam possíveis extensões: o primeiro é o artigo de Trabasso [TRA92], o qual apresenta a descrição de uma célula de manufatura robotizada e o esquema de detecção e recuperação de erros na mesma, o segundo é a descrição de Chan [CHA87] de uma linha de produção robotizada para acionadores de disco rígido.

Em ambos casos a estrutura física dos SAPs apresenta semelhanças com a PIPEFA, sendo possível emulá-los com a mesma.

No primeiro caso o propósito da célula é decorar modelos automotivos miniaturizados, o que foi feito por meio do uso de robôs e de uma máquina de impressão. Um elemento que pode ser incorporado pela PIPEFA é o uso, no Posto de Controle de Qualidade, de um sistema de **Visão Computadorizada**, de maneira análoga ao efetuado nesta célula. Do ponto de vista das Instituições parceiras também pode ser considerado o elemento **Sistema Especialista para o Tratamento de Falhas**.

No segundo caso, uma linha de produção de acionadores de disco rígido, o elemento interessante é a existência de duas etapas de limpeza dos componentes, isto normalmente é feito através da imersão em um líquido de limpeza, havendo posterior evaporação do mesmo; o controle do banho de imersão, da evaporação e recuperação do líquido de limpeza pode ser considerado um processo contínuo.

Processos contínuos costumam ocorrer na manufatura, como por exemplo o processo de pintura por imersão de carcaças de automóveis, a secagem desta carcaças em estufas de passagem, o controle de lubrificação e do sistema de recuperação de fluido de corte em máquinas sofisticadas etc.

A incorporação de um **Posto de Processo Contínuo** aumentaria a capacidade da PIPEFA de representação de sistemas reais.

VI.7 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada a Plataforma Experimental para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação (PIPEFA).

Mostrou-se como a mesma foi estruturada, considerando não apenas os aspectos dos equipamentos produtivos mas também os requisitos da Manufatura Integrada, e já antecipando os requisitos das Empresas Virtuais.

Como elemento vital nesta concepção destaca-se a necessidade de existir uma comunicação eficiente entre as instituições parceiras que utilizarão a PIPEFA; do ponto de vista de aquisição de dados e controle foi ressaltada a necessidade da existência de um sistema de supervisão.

No capítulo seguinte será apresentada uma proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para a PIPEFA, onde os conceitos de Sistema de Informação, Sistemas Abertos, Sistemas de Supervisão e Processamento em Tempo Real desenvolvidos nos capítulos iniciais desta dissertação serão utilizados.

Proposta de Integração

Apresenta-se, no decorrer deste capítulo, uma proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para a PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação), visando permitir a realização dos objetivos gerais da mesma.

São considerados os aspectos de tecnologia de informação apresentados no Cap. III, com especial atenção dedicada ao ramo de comunicação do diagrama FIC e em particular ao protocolo de comunicação MMS.

Viu-se no Cap. III que um Sistema Automatizado de Produção (SAP) necessita integrar-se ao conjunto do empreendimento e para isso pode utilizar os recursos de um sistema de informação, resumidamente apresentado como composto de três partes: comunicação, informação e função.

Do ponto de vista da **componente funcional** (representada pelo modelo NBS) o SAP abrange até o nível de célula, sendo que os níveis superiores devem ser contemplados por outros elementos do empreendimento. No caso da PIPEFA, conforme mostrou-se no capítulo anterior, os níveis de Fábrica e Produção poderão ser realizados pelas instituições parceiras, algumas das quais estarão externas à UNICAMP.

A **componente de informação**, ao nível do SAP, está contemplada pelo uso de um Sistema de Supervisão, o qual deve obrigatoriamente conter uma base de dados de processo. Naturalmente é possível estruturar-se uma base de dados independente do Sistema de Supervisão, usando as metodologias citadas no Cap. III, mas tal empreitada iria além do escopo deste trabalho.

Finalmente a **componente de comunicação** será considerada em uma escala mais ampla, dado que as características da PIPEFA determinam a existência de trabalho cooperativo entre as instituições parceiras, o qual deve usufruir de uma infra-estrutura adequada de comunicação.

A organização deste capítulo será a seguinte: inicialmente será apresentada uma metodologia de especificação de sistemas de manufatura integrada, serão discutidos os aspectos de comunicação e processamento e as características de um Sistema de Supervisão adequado à PIPEFA, finalmente será apresentada a proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento, a qual considerará cada um dos elementos discutidos e também levará em conta a disponibilidade de equipamentos e programas no mercado nacional.

VII.1 Metodologia de Especificação

Para determinação dos requisitos de capacidade de armazenamento de dados, processamento e comunicação, foram utilizadas as recomendações contidas no livro "*Design Rules for a CIM System*" [CIM85], para especificação de sistemas de manufatura integrada. Reproduz-se a seguir, de forma resumida, as diretivas para definição da capacidade de processamento e de comunicação, as quais serão referenciadas mais adiante.

<p>Requisitos gerais - Confiabilidade - Extensibilidade</p>
<p>Estratégia de Processamento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Processamento Local Inteligente. 2- Projeto de Sistemas deve visar a Distribuição do Processamento. 3- Projeto de Sistemas deve visar a ausência de Travamento Mortal. 4- Os subsistemas devem prover informações de diagnóstico. 5- Falhas não devem propagar-se. 6- Tarefas de Tempo Real devem ser bem especificadas. 7- Projeto de <i>Software</i> deve visar que partes críticas relativas ao tempo sejam poucas e pequenas. 8- Para obter simplicidade, extensibilidade, portabilidade, flexibilidade e confiabilidade, linguagens de alto nível devem ser usadas. 9- Componentes básicos devem ser usados quando aplicável. 10- Projeto de Sistemas deve visar independência de programador, dispositivo e máquina. 11- Sistemas de Programação e Sistemas de Controle devem ser claramente separados. 12- Princípio da espera de compleição dos dados. 13- Princípio da utilização igual de recursos. 14- Princípio da capacidade distribuída. 15- Princípio do processamento itemizado.

Estratégia de Comunicação

- 1- Modificação da rede não deve levar a queda do sistema.
- 2- Protocolos padrões devem ser usados quando possível.
- 3- A especificação de uma rede deve esclarecer quais requisitos de tempo podem ser manipulados por ela.
- 4- Uma rede deve permitir uma mescla de diferentes tecnologias de Hardware.
- 5- Precauções especiais devem ser tomadas contra o acesso não autorizado e deve ser provida segurança de dados.
- 6- A rede deve suportar o ruído ambiental.
- 7- A falha de um componente da rede não deve afetar o restante.
- 8- Um compromisso deve ser feito entre a performance e a confiabilidade da rede, dependendo da aplicação.
- 9- A rede deve permitir o uso de mensagens com diferentes prioridades.
- 10- A rede deve prover diagnósticos e relatório de erros.
- 11- O número de protocolos especiais de aplicação deve ser tão pequeno quanto possível.
- 12- Uma rede deve ser capaz de transportar diferentes tipos de dados.
- 13- Um esquema de endereçamento flexível e uniforme é necessário.
- 14- Protocolos em elos rápidos e confiáveis não devem tornar-se ineficientes devido à presença de elos lentos e não confiáveis.

VII.2 Processamento e Comunicação na PIPEFA

No capítulo anterior foi apresentada, na fig. VI.2, uma arquitetura inicial para a PIPEFA, na qual foram atendidos basicamente as necessidades de comunicação interna ao SAP. Mostra-se a seguir, na fig. VII.2, uma visão ampliada do ambiente onde está inserida a PIPEFA, enfatizando a infra-estrutura de comunicação e processamento

VII.2.1 Processamento

Os requisitos gerais de confiabilidade e extensibilidade podem ser atendidos através do uso de processadores distribuídos, na forma dos Controladores Programáveis (CPs) e da unidade de Supervisão.

Os itens listados na estratégia de processamento podem ser agrupados em dois segmentos, o primeiro considera os **requisitos de operação**, determinando que exista a capacidade de processamento distribuído, tolerância a falhas e uso de módulos básicos, o outro grupo considera os **requisitos de projeto e programação** dos dispositivos, enfatizando os aspectos de tempo real.

Para o primeiro segmento, que diz respeito aos equipamentos em si, a solução proposta é a utilização de distribuição física de processamento, na forma do uso de vários CPs, um por posto e de um computador para efetuar a Supervisão.

Seria possível usar apenas um CP de médio porte para controlar toda a PIPEFA, mas esta solução apresentaria dois inconvenientes: do ponto de vista didático encobriria o problema de relacionamento entre CPs distintos (comunicação e intertravamento) e, do ponto de vista de falha, um mau funcionamento no CP único causaria problemas em toda a PIPEFA e não apenas em um posto.

A solução de um CP único seria a de menor custo, mas face aos objetivos pretendidos foi descartada em favor do uso de múltiplos CPs, os quais além de atender aos requisitos de processamento permitirão também a realização de trabalhos com dispositivos heterogêneos (CPs de diferentes fabricantes).

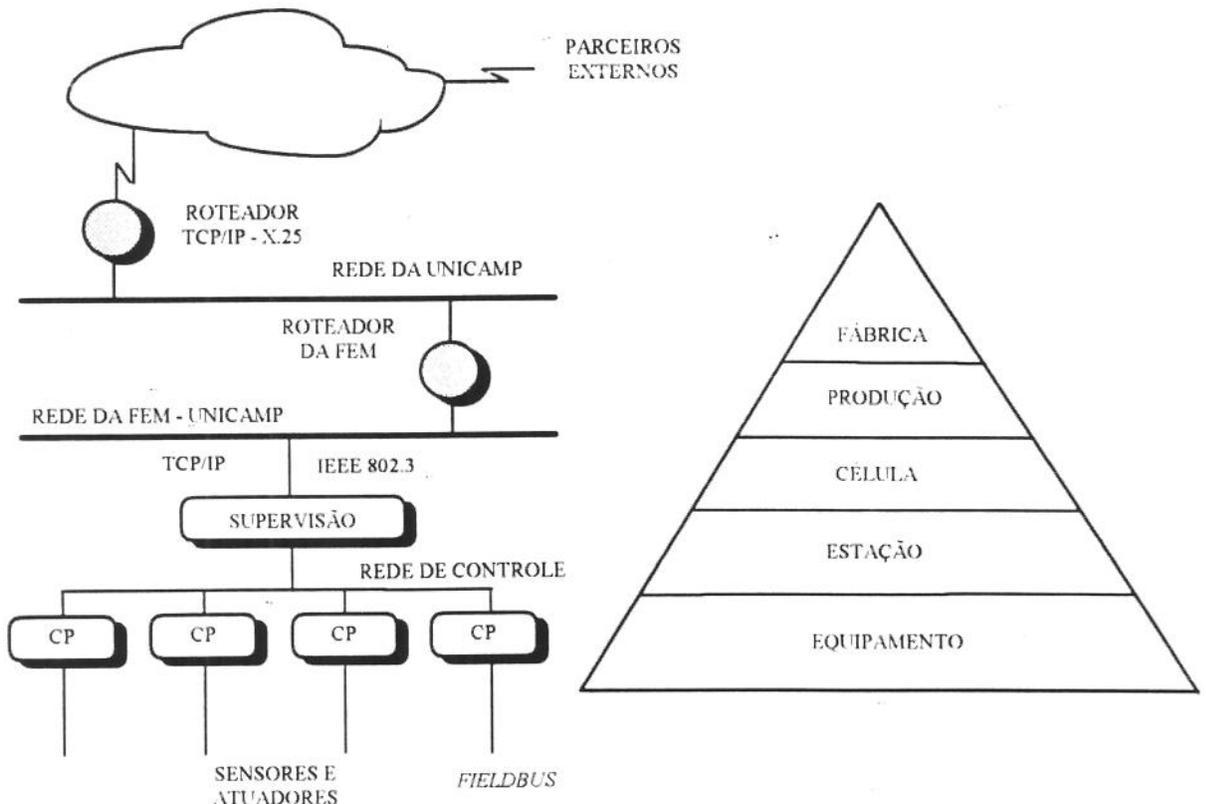


Figura VII.2: Comunicação e Processamento na PIPEFA

O segundo segmento é satisfeito pela utilização de linguagens padronizadas para a programação dos CPs, estas linguagens estão definidas na norma IEC 1131 [IEC92], entre elas encontra-se a tradicional linguagem de relês e a linguagem GRAFCET (Estabelecimento de Diagramas Funcionais para Sistemas de Controle) [IEC91]; os aspectos de Tempo Real podem ser considerados utilizando-se, por exemplo, a Metodologia de Desenvolvimento Estruturado para Sistemas de Tempo Real [WAR85][WAR86].

VII.2.2 Comunicação

Diversos aspectos são citados na estratégia para comunicação, o aspecto de implementação física, o aspecto de programação, o aspecto de desempenho e o aspecto de segurança.

Detalhar-se-á cada um destes aspectos.

VII.2.2.1 Implementação física

Está relacionada com o *Hardware* (itens 1, 4, 6 e 7); os itens “Modificação da rede não deve levar a queda do sistema” e “A falha de um componente da rede não deve afetar o restante” exigem que o esquema de conexão de novas estações, ou de retirada de estações, permita a operação continuada da rede. Isto é possível na PIPEFA através da predeterminação de pontos de inserção e retirada de estações, dispondo nestes pontos de conectores adequados de acordo com o cabo utilizado (cabo coaxial fino e par trançado blindado) para barramento.

Item 6, “A rede deve suportar o ruído ambiental”, as redes comerciais disponíveis geralmente atendem a estes requisitos para ambientes normais de manufatura, os casos de ambientes extremamente ruidosos, que contenham por exemplo equipamentos de solda elétrica de alta potência ou fornos de indução podem requerer o uso de meios físicos de rede tolerantes ao ruído, como a fibra ótica. Não é este o caso da PIPEFA, a qual deverá usar as soluções padrões do tipo cabo coaxial e par trançado blindado.

VII.2.2.2 Programação

Os requisitos representados pelos itens 2 e 11, “Protocolos padrões devem ser usados quando possível”, “O número de protocolos especiais de aplicação deve ser tão pequeno quanto possível”, visam a diminuição da complexidade da tarefa de programação, bem como o aumento da portabilidade das soluções desenvolvidas.

Na PIPEFA advoga-se o uso de protocolos padronizados, de direito e de fato, sempre que possível, o que vem atender a estes requisitos. Em especial, como foi apresentado no Cap. V, o MMS apresenta-se como a solução mais completa de protocolo para comunicação. Verificou-se que a oferta de dispositivos MMS é quase inexistente no país, mas no médio prazo deve aumentar. A PIPEFA deve, quando possível, buscar a incorporação, se não de dispositivos MMS - dada a sua baixa disponibilidade - ao menos dos conceitos trazidos pelo protocolo - no caso do desenvolvimento de aplicações.

Observa-se também que os serviços MMS são utilizados nas propostas de Barramento de Campo existentes, sendo a tendência que o MMS se torne uma espécie de língua franca na manufatura, permitindo uma visão unificada da questão de programação de dispositivos de chão de fábrica.

“Uma rede deve ser capaz de transportar diferentes tipos de dados”, “Um esquema de endereçamento flexível e uniforme é necessário”, itens 12 e 13, estes requisitos dependem do tipo de rede utilizado (vide aspecto de desempenho).

VII.2.2.3 Desempenho

O itens 3 e 9, “A especificação de uma rede deve esclarecer quais requisitos de tempo podem ser manipulados por ela”, “A rede deve permitir o uso de mensagens com diferentes prioridades” dependem do tipo de rede. Na PIPEFA encontramos dois tipos de rede, de acordo com o critério de Tempo Real. O primeiro tipo não é de Tempo Real e pode ser representado na figura VII.2 pelas redes da UNICAMP e da Mecânica, as quais são do tipo Ethernet (IEEE 802.3) e cujas camadas de Enlace e Física não foram especificadas para desempenho de Tempo Real.

O segundo tipo de rede é aquela de Tempo Real, representada pelas Redes de Controle e Redes de Barramento de Campo (*Fieldbus*), fazendo que a PIPEFA necessite, neste nível, de redes que atendam os critérios seguintes: tempo de acesso ao meio determinístico, tempo de tráfego de mensagens determinístico, capacidade de atribuição de prioridades às mensagens, capacidade de tratamento de mensagens curtas (datagramas).

Estes requisitos podem ser atendidos, por exemplo, por Redes do tipo MAP e Mini-MAP (nível físico *Token Bus* - IEEE 802.4) [MAP88], bem como pelas Redes de Barramento de Campo existentes (FIP, PROFIBUS, ISA-SP50), além de por diversas redes proprietárias.

Itens 5, 10, 8 e 14, “Precauções especiais devem ser tomadas contra o acesso não autorizado e deve ser provida segurança de dados”, “A rede deve prover diagnósticos e relatório de erros”, “Um compromisso deve ser feito entre a performance e a confiabilidade da rede, dependendo da aplicação”, “Protocolos em elos rápidos e confiáveis não devem tornar-se ineficientes devido à presença de elos lentos e não confiáveis” estes requisitos são dependentes do projeto da arquitetura da rede e da gerência da mesma.

O projeto deve tentar evitar pontos críticos através do uso de estratégias do tipo segmentação da rede e separação das partes de Tempo Real daquelas que não são de Tempo Real. A PIPEFA utiliza estas estratégias e claramente isola a parte de Tempo Real (Barramento de Campo e Rede de Controle) da outra parte (Rede da Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM), através do uso de pontes, que podem ser implementadas no computador de Supervisão ou opcionalmente em um CP com maior capacidade de processamento.

VII.2.2.4 Comunicação externa

Como foi descrito no capítulo anterior a PIPEFA foi projetada considerando a exigência de trabalho cooperativo com as Instituições Parceiras. Para viabilizar esta comunicação é necessário utilizar os recursos de telecomunicações, representados na figura VII.2 pela nuvem. O protocolo normalmente utilizado neste caso é o X25, um protocolo da CCITT, que já foi referenciado no Cap. III.

A rede pública de telecomunicações (RENPAQ) interligando a UNICAMP e a instituição parceira CTI (única no momento fora da UNICAMP) é de baixa velocidade (9600 Kb/s),

existe também uma linha privada (LP) entre ambas, de mesma velocidade. A questão de qual conexão utilizar prioritariamente dependerá de estudos mais detalhados.

No momento está sendo utilizado a conexão através da linha privada usando o conjunto de protocolos **Internet**, baseados no TCP/IP. Considera-se que os protocolos Internet são abertos, quando disponível poder-se-á migrar para uma pilha de protocolos totalmente OSI/ISO, mas no momento esta última possibilidade não é viável.

A definição das redes internas da UNICAMP e Engenharia Mecânica não é do escopo deste trabalho, considera-se portanto a estrutura existente como ela é, baseada no uso de redes Ethernet (IEEE 802.3, IEEE 802.2) e tendo como mecanismo de transporte o TCP/IP; ao nível da PIPEFA, no entanto, aplicam-se os requisitos já citados.

VII.3 Tratamento da Informação - Sistema de Supervisão

A PIPEFA deverá utilizar um Sistema de Supervisão disponível comercialmente, o qual deverá disponibilizar as informações coletadas e aceitar comandos dos níveis superiores; especificam-se a seguir as características desejáveis do mesmo:

VII.3.1 Possibilidade de expansão

O *software* deve prover capacidade de expansão, tanto do número de variáveis, quanto da capacidade de sua base de dados. Esta característica permite adquirir um sistema com uma configuração mínima e expandi-lo conforme as necessidades.

VII.3.2 Conexão com níveis superiores

O Sistema de Supervisão, que pode ser posicionado no nível de célula, deve ter capacidades de comunicação tanto com os níveis inferiores (estação e equipamento) quanto com os níveis superiores (fábrica e produção), especialmente conexões remotas. Esta comunicação requer uma conexão física, que pode ser feita através de redes de computadores ou de conexões ponto a ponto em linha discada (usando a RENPAC); requer também conexão lógica, a qual depende do conjunto de protocolos de comunicação sendo usados.

Do ponto de vista prático, ao nível de Aplicação, a conexão lógica é facilitada se a base de dados do Sistema de Supervisão for acessível através de mecanismos padronizados de acesso, do tipo consultas *SQL* (*Structured Query Language*, vide Cap. III.3.) ou então, se o ambiente computacional suportar troca de dados dinâmica (por ex. uso de *Dynamic Data Exchange - DDE* ou *Object Linking and embedding - OLE* no *Windows*).

VII.3.3 Sistema operacional padrão

A tendência no momento é o uso de interfaces gráficas baseadas em padrões de fato, o uso de um sistema operacional padrão permite um melhor entendimento, aprendizado, programação e manutenção dos programas desenvolvidos dentro do Sistema de Supervisão, pois é possível usar o conhecimento já adquirido relativo ao sistema operacional.

O uso de mecanismos de troca de dados entre aplicativos, pertinente ao sistema operacional selecionado, permite que o Sistema de Supervisão seja mais aberto. Um exemplo é o uso de *Windows* como sistema operacional, o banco de dados pode ser compatível com *DDE* e *OLE*, permitindo que estes dados sejam usados por aplicativos do tipo planilha eletrônica, geradores de formulários e editores de texto.

VII.3.4 Interface com banco de dados padrão

Para que o Sistema de Supervisão possa se comunicar dentro de um ambiente aberto, seu banco de dados deve aderir a padrões, em especial é interessante que o mesmo aceite requisições de dados atendendo o padrão *SQL*, o que permitirá que os dados sejam lidos de diferentes plataformas computacionais.

VII.3.5 Interfaces amigáveis

A atuação do operador é fundamental em situações de emergência; as interfaces devem permitir que o operador possa receber as informações relevantes e devidamente priorizadas.

A operação deve ser possível por longos períodos, sem que o operador sinta um excessivo cansaço visual, para que o mesmo possa atentar para qualquer ocorrência anormal no processo.

Uma interface baseada em janelas, e com auxílio de mecanismos apontadores (*mouse ou trackball*) é recomendada, atentando-se para a priorização adequada das janelas de maneira a não sobrecarregar a tela, desviando a atenção do operador. Diversas interfaces comerciais podem ser usadas, como *Windows, X-windows(UNIX) e Program Manager (OS2)*.

VII.3.6 Facilidade de programação e manutenção

Grande parte do custo de implantação e uso de um Sistema de Supervisão está na fase de configuração e partida, sendo necessário que este permita a realização desta fase da maneira mais produtiva possível.

A utilização de um ambiente de programação baseado em janelas, usando ícones movimentáveis por dispositivos apontadores é altamente recomendável.

Os menus utilizados para a programação devem ser logicamente organizados, não redundantes e com capacidade para memorização de seqüências de criação de entidades (por exemplo, criação de uma máquina ferramenta), de maneira a poder propagar aquela entidade para outros pontos do sistema.

Um mecanismo de depuração, e de verificação da consistência dos programas de controle deve estar disponível.

VII.3.7 Possibilidade de circular entre as diversas telas de áreas

Considerando-se que a PIPEFA é dividida em diversos postos, para fins de monitoração e controle torna-se necessário dispor de mecanismos que permitam um trânsito rápido entre telas, para selecionar uma área de interesse.

Nos SDCDs, que usavam estações de operação dedicadas, havia teclas específicas para trafegar entre áreas, no caso de Sistemas de Supervisão que usem interfaces comerciais estas

teclas não estarão disponíveis, devendo ser substituídas por mecanismos equivalentes (programadas).

VII.3.8 Possibilidade de visão de detalhes nos controladores de cada área

Cada área representa um subconjunto da planta, podendo conter diversas malhas de controle, os controladores associados a estas malhas devem estar acessíveis através da janela da área, para permitir que o operador verifique detalhes de configuração dos mesmos.

VII.3.9 Disponibilidade de *drivers* para equipamentos nacionais

Um Sistema de Supervisão sem os *drivers* para equipamentos de E/S é inútil, dado que não poderá operar. Considerando-se que a oferta brasileira de equipamentos de E/S é pequena deve-se observar se o Sistema de Supervisão adquirido oferece recursos para a comunicação com os equipamentos de E/S de que se dispõe.

VII.3.10 Resposta automática de alarmes

Algumas situações de alarme são passíveis de recuperação, desde que atitudes corretivas sejam tomadas. Nestes casos a existência de uma capacidade de resposta automática de alarmes, associada com a execução dos procedimentos corretivos, é útil.

Os alarmes ocorridos são armazenados pelo sistema, o qual deve executar o código alternativo de correção e continuar a operação.

VII.4 Proposta de infra-estrutura para processamento e comunicação.

Nos itens anteriores deste capítulo foram apresentados os argumentos para a determinação das características dos equipamentos e programas necessários para compor a infra-estrutura de processamento e comunicação da PIPEFA. Neste item estes requisitos serão utilizados para a seleção dos equipamentos e programas disponíveis no mercado e que melhor atendam às especificações anteriores.

Inicialmente será mostrado um caso idealizado, baseado na figura VI.2 a qual já serviu como base para a apresentação da PIPEFA no capítulo anterior; posteriormente será apresentada a proposta final.

VII.4.1 Caso idealizado.

Os elementos básicos do projeto encontram-se aqui: é utilizado um sistema de supervisão para permitir a disponibilização dos recursos da PIPEFA para os níveis superiores e é utilizado um controlador programável por posto (fig. VII.4.1). Esta organização no entanto apresenta uma limitação básica que é o uso de uma rede de controle homogênea, conectando todos os controladores; atualmente esta solução só é viável se os controladores forem de um mesmo fabricante.

Para atingir os objetivos gerais da PIPEFA, de ensino, pesquisa e colaboração com a indústria esta solução proprietária de rede não é admissível, apesar de ser possivelmente a mais eficiente no tocante ao desempenho global do sistema

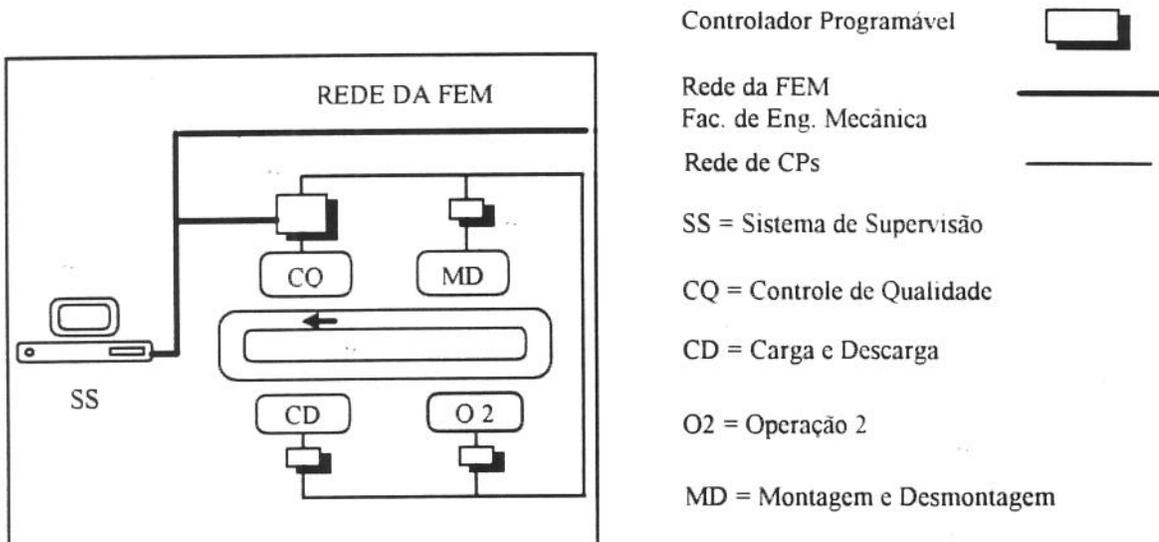


Figura VII.4.1: Caso idealizado

Assim propõe-se uma estrutura como descrita na figura VII.4.2, a qual foi chamada de caso real.

VII.4.2 Caso real.

Neste caso a rede de controle foi desmembrada em dois segmentos, o primeiro conecta dois controladores programáveis compatíveis em termos de comunicação e o outro é composto por conexões seriais ponto a ponto ligando dois outros controladores distintos.

Do ponto de vista da representação de sistemas heterogêneos esta solução é mais adequada, servindo tanto ao objetivo de representar sistemas industriais reais quanto aos objetivos de ensino e pesquisa, pois coloca os usuários diante do problema da interação entre controladores distintos.

O sistema de supervisão garante que os dados tratados pelos controladores estejam disponíveis e ao mesmo tempo permite uma interação mínima entre os controladores através de intertravamentos baseados em variáveis locais.

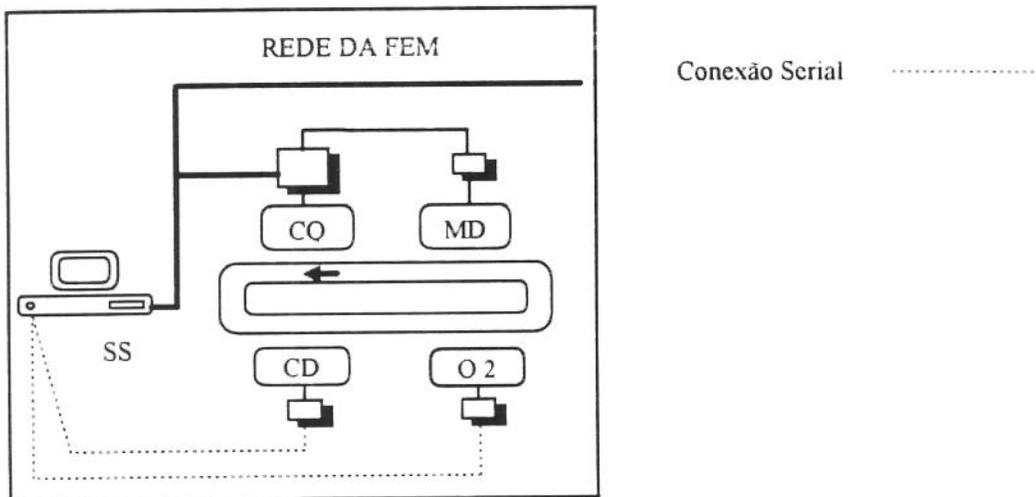


Figura VII.4.2: Caso real.

VII.4.2.1 Sistema de Supervisão.

Conforme se depreende da fig. VII.4.2 o sistema de supervisão deve ser capaz de comunicar-se no mínimo através de **conexões seriais** individuais e uma conexão em **rede Ethernet** (IEEE802.3).

Os requisitos listados no item VII.3, Sistema de Supervisão, aplicam-se, sendo importante destacar que foi feita uma opção pelo sistema operacional *Windows*, dada a sua grande aceitação, sua habilidade de permitir interação entre os aplicativos através dos mecanismos de *DDE* e *OLE*, ampla oferta de aplicativos e literatura disponíveis e finalmente uma relação custo /desempenho satisfatória para esta aplicação. Ressalte-se que também estão disponíveis sistemas de supervisão para o *Windows NT*, mas julgou-se que os mesmos ainda não estão suficientemente estabelecidos.

A capacidade de **conexão remota**, ou seja com as instituições parceiras, também foi considerada, buscando-se sistemas de supervisão que possuíssem a capacidade de comunicar-se com redes baseadas em **TCP/IP** e que permitissem acesso **SQL** à sua base de dados (mesmo que a título opcional).

A capacidade de comunicação com dispositivos de barramento de campo aderentes aos padrões de fato existentes foi considerada como não determinante na escolha do sistema de supervisão, apesar de ser uma característica desejável.

Dentre os sistemas disponíveis no mercado que atendem a estes requisitos pode-se citar o **FIX DMACS** da Intellution [FIX93] e o **WIZCON** da PC Soft International [WIZ95], a decisão final sobre qual será adquirido dependerá de conversações mais detalhadas com os distribuidores.

VII.4.2.2 Controladores programáveis

Como citado anteriormente, haverá uma dupla de controladores que se comunicará com um protocolo proprietário, podendo interagir diretamente. Os outros dois controladores serão de fabricantes distintos e não se comunicarão diretamente e nem com a outra dupla.

A seguir encontra-se a especificação inicial, por posto, dos controladores e o estado do processo de aquisição dos mesmos.

VII.4.2.2.1 Posto de Montagem e Desmontagem

Este posto já encontra-se com a montagem mecânica finalizada e está em testes. O controlador já foi adquirido e é um controlador programável TSX172-3428 da Telemecanique.

Este controlador possui 20 entradas e 12 saídas, sendo as saídas com relês; contém uma interface RS232 que pode operar a 19200 Kb/s. É compatível com o protocolo proprietário de comunicação da Telemecanique denominado FIPWAY (baseado no protocolo FIP).

VII.4.2.2.2 Posto de Controle de Qualidade

O controlador que está alocado ao posto de controle de qualidade terá duas funções adicionais, a primeira será formar uma rede de controle com o posto de montagem e desmontagem, através do uso do protocolo proprietário FIPWAY, a outra função será servir como elemento de conexão entre o posto de montagem e desmontagem e a unidade de supervisão. Observe-se que foi aproveitada a capacidade de comunicação Ethernet deste módulo para conectá-lo diretamente a rede da FEM, assim é possível simular a condição de falha do sistema de supervisão.

Este controlador também poderá opcionalmente ser carregado com o protocolo MMS (ISO 9506), permitindo testes de interoperabilidade com equipamentos comerciais que utilizem este protocolo ou mesmo com protótipos que venham a ser desenvolvidos pelas instituições parceiras. Estão disponíveis 27 serviços MMS, que permitem as atividades de: gerência de contexto, gerência de domínios, suporte do VMD, gerência de programas e acesso às variáveis.

Pode ser programado utilizando a linguagem de programação GRAFCET (IEC 848).

O equipamento TSX 47-425 da Telemecanique possibilita o atendimento das funções citadas e foi especificado para o posto de controle de qualidade, ele pode ser configurado para atingir até 1024 conexões de entrada/saída através do uso de módulos.

VII.4.2.2.3 Posto de Carga e Descarga

Para este posto já foi adquirido um controlador da Matsushita, modelo FP1-C40, que se comunicará com a unidade de supervisão através de uma conexão serial RS422. Esta interface atinge até 19200 Kb/s, sendo disponível um conversor do protocolo RS422 para RS232, que permite conectar o controlador a um microcomputador comum.

O controlador Matsushita dispõe de 24 entradas e 16 saídas a relê.

VII.4.2.2.4 Posto de Operação 2

A idéia inicial do projeto PIPEFA é que a operação 2 também seja realizada por um posto de montagem e desmontagem mas que possa ter algumas características distintas. O controlador disponível para este posto é um Mitsubishi, modelo FX0-30MR-ES, com 16 entradas e 14 saídas a relê.

A interface de comunicação é uma RS422, que atinge até 19200 Kb/s, sendo disponível um conversor para RS232.

Este controlador pode ser programado usando a linguagem GRAFCET (IEC 848).

VII.4.2.3 Comunicação

Os itens anteriores, Sistema de Supervisão e Controladores, já adiantaram a maioria das especificações de comunicação; deve-se considerar a comunicação interna e a externa.

VII.4.2.3.1 Interna

Existirão três tipos de conexões físicas: entre os dois controladores Telemecanique será usada a rede proprietária FIPWAY, com conexão física baseada em par trançado; os outros dois controladores possuem interfaces seriais (RS232) e finalmente a conexão do posto de controle de qualidade e da unidade de supervisão com a rede da FEM será baseada em cabo coaxial.

VII.4.2.3.2 Externa

Conforme a figura VII.2 a conexão da PIPEFA com a rede da FEM se dará através da unidade de supervisão, opcionalmente poderá ser usado um outro microcomputador como roteador, a rede da FEM por sua vez faz parte da rede da UNICAMP (Uninet), a qual conecta-se com a malha da rede Internet e com a rede pública.

As instituições externas, atuais e futuras, terão duas opções de conexão com a PIPEFA, a primeira e imediata será através da Internet, necessitando portanto dos protocolos TCP/IP; a segunda opção será via rede pública, com conexão via RENPAC (X25). O Centro Tecnológico para Informática, parceiro no projeto, possui as duas possibilidades de acesso, mas inicialmente pretende-se utilizar o acesso Internet, sendo que as soluções que forem desenvolvidas poderão ser repassadas às futuras instituições parceiras

VII.5 Conclusão

Apresentou-se a proposta de uma infra-estrutura de comunicação e processamento que permita a Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação a consecução de seus objetivos gerais. A proposta foi consubstanciada através do estudo da relação de um sistema automatizado de produção com o empreendimento como um todo, através do qual conclui-se da necessidade de definir um Sistema de Supervisão que componha em conjunto com as diversas soluções de comunicação e processamento um subsistema que habilite a gestão da PIPEFA, tanto local quanto remotamente.

Não foram citados neste capítulo as possíveis aplicações que poderão valer-se desta infra-estrutura, sendo este um dos temas do capítulo seguinte; no capítulo VI adiantaram-se algumas possibilidades.

Na busca pelas soluções compatíveis com os sistemas OSI/ISO adotou-se o protocolo MMS, sendo que, dada a baixa oferta do mesmo no país, foi tomado o cuidado de não colocá-lo como entrave para o andamento do projeto, antes reservando espaço para a sua posterior adoção. Do mesmo modo agiu-se em relação aos protocolos de barramento de campo, que poderão ser incorporados nesta proposta quando a normalização internacional esteja consolidada.

Conclusão e Sugestões

Neste trabalho apresentou-se uma proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para a Plataforma Industrial de Pesquisa, Ensino e Formação em Automação (PIPEFA).

Os trabalhos futuros que serão realizados utilizando a PIPEFA apoiar-se-ão nesta infra-estrutura, daí adveio a necessidade de especificá-la de uma maneira abrangente, procurando torná-la o mais aberta possível, entendendo-se esta abertura como possibilidade de alteração e expansão para atender aos objetivos gerais da PIPEFA, os quais foram descritos no Cap. VI.

Para atingir estes objetivos é preciso compreender que um Sistema Automatizado de Produção não pode ser considerado apenas de maneira autônoma, mas incluído em um contexto de Sistema de Manufatura. Dentro deste contexto aplicam-se os conceitos de Manufatura Integrada por Computador (CIM), apresentados de maneira abreviada no Cap. II. A PIPEFA pretende explorar estes conceitos através de trabalhos cooperativos com as instituições parceiras no projeto, que são: Faculdade de Engenharia Mecânica - **FEM**, Faculdade de Engenharia Elétrica - **FEE**, Centro de Tecnologia - **CT** (pertencentes à Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP) e Fundação Centro Tecnológico para Informática - **CTI** (Ministério da Ciência e Tecnologia).

Esta dissertação intencionalmente teve uma característica mais descritiva, visando garantir a coleta dos elementos necessários para permitir a continuidade dos trabalhos que utilizam a PIPEFA. Estes elementos podem ser agrupados em dois conjuntos: metodológicos e tecnológicos.

Os elementos metodológicos, que consistiram em: enquadramento da PIPEFA de acordo com a ótica de um Sistema de Informação (Cap. III), descrição da estruturação de um Sistema de Supervisão (Cap. IV) e descrição de métodos de especificação de Sistemas Integrados de Manufatura (Cap. VI), permitirão a evolução da PIPEFA

Estes elementos serviram como balizamento para a definição da proposta inicial de integração (apresentada no Cap. VII) e consideraram as tecnologias disponíveis nas áreas de: computadores industriais, controladores programáveis, redes de computadores corporativas, redes de computadores industriais (incluindo Barramento de Campo) e programação de dispositivos de chão de fábrica.

Muitas vezes, em propostas de integração de equipamentos, os elementos tecnológicos são dominantes, podendo causar problemas para a evolução dos sistemas projetados. Neste trabalho buscou-se um equilíbrio entre métodos e técnicas, para garantir os recursos necessários aos objetivos de pesquisa da PIPEFA.

A proposta de integração perseguiu a incorporação dos elementos tecnológicos, sujeitos a uma criteriosa seleção, baseada nas metodologias descritas no decorrer deste trabalho. Esta seleção considerou também a necessidade da construção de uma infra-estrutura factível; neste sentido as tecnologias mais recentes de protocolos de comunicação industrial para a manufatura, representados pelo MMS (*Manufacturing Message Specification* - ISO 9506) e pelas propostas de barramento de campo (FIP, Profibus e ISA SP-50), não puderam ser plenamente incorporadas. Mesmo assim a proposta permite a utilização, de uma maneira experimental, do MMS e do protocolo FIPWAY, o qual é baseado na norma FIP.

Evitou-se a solução mais simples do sistema homogêneo de controladores, isto é uso de controladores de um só fabricante, e definiu-se um sistema heterogêneo que permitirá representar sistemas automatizados de produção de um modo mais realista.

VIII.1 Resultados alcançados

Mesmo não estando disponível na sua totalidade, já é possível computar alguns resultados da plataforma; estes são enunciados a seguir, organizados de acordo com os objetivos gerais da PIPEFA, os quais foram apresentados no Cap. VI.

- **Cooperação com a indústria** - Houve um relacionamento com diversas empresas, entre elas a Telemecanique, que participou na definição dos objetivos da PIPEFA e também cedeu um controlador programável, diversos componentes de automação e manuais. A PIPEFA está aberta para projetos conjuntos com empresas e poderá ser utilizada para demonstração de equipamentos e cursos de atualização profissional.
- **Pesquisa e desenvolvimento** - A Fundação Centro Tecnológico para Informática (CTI) é, no momento, a única instituição parceira no projeto que está localizada externamente à Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). O CTI encontra-se conectado com a UNICAMP e em particular com a FEM e FEE através da rede Internet, sendo que a mesma vem sendo utilizada para o diálogo de especificação da PIPEFA. Esta conexão deverá ser aprimorada no decorrer do projeto, principalmente quando estiver disponível o Sistema de Supervisão, que permitirá o monitoramento remoto das atividades na PIPEFA.

O CTI participou em todas as etapas do projeto e desenvolve pesquisas na área de Comunicação Industrial e Corporativa e Modelagem de Sistemas de Produção, as quais poderão beneficiar-se da infra-estrutura que foi proposta, as três dissertações de mestrado listadas no item seguinte são decorrência deste projeto conjunto.

Da mesma maneira as demais instituições parceiras, uma vez plenamente implementada a infra-estrutura, poderão realizar trabalhos conjuntos utilizando os recursos da PIPEFA.

- **Ensino** - O projeto e montagem da estrutura básica da PIPEFA foi utilizado como assunto em dois cursos ministrados a nível de pós-graduação na FEM. Diversos alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado, já puderam usufruir da mesma como plataforma de ensino em automação.

Em torno da PIPEFA há uma série de trabalhos de iniciação científica, mestrado e doutorado em andamento. Descreve-se a seguir, sucintamente, alguns trabalhos já definidos (os títulos são provisórios):

- **Proposta de infra-estrutura de comunicação e processamento para um Sistema Automatizado de Produção.** Trata-se do trabalho descrito nesta dissertação, realizado em cooperação entre FEM e CTI.
- **Estudo sobre as propostas de Barramento de Campo e aplicação em um Sistema Automatizado de Produção.** Trabalho a nível de mestrado, sendo realizado em conjunto entre a FEM e CTI. Analisam-se as diversas propostas de barramento de campo e verifica-se a aplicabilidade em um SAP. Apresenta-se o estado da normalização a nível mundial e a nível nacional, esta última sendo realizada através da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).
- **Reconhecimento, Análise e Tratamento de Falhas em um Sistema Automatizado de Produção.** Trabalho a nível de mestrado, sendo realizado entre a FEM e o CTI. Utiliza-se a infra-estrutura de comunicação e processamento da PIPEFA para determinar a ocorrência de falhas, as mesmas são analisadas e pode ser determinado um tratamento.

Há também dois trabalhos de doutorado em andamento, os quais utilizarão os recursos da PIPEFA

A infra-estrutura de comunicação e processamento ainda não foi implementada, pois a montagem mecânica da PIPEFA está em uma etapa inicial, havendo sido construído apenas o posto de montagem e desmontagem. Este posto está em testes, em conjunto com o controlador programável associado.

A proposta apresentada não pôde ser exaustiva nos detalhes, dada a dimensão do problema: no momento trabalham cerca de dez pessoas no detalhamento das especificações e nos testes do posto já construído; como os detalhes ainda estão sujeitos a modificações optou-se por não apresentá-los.

VIII.2 Perspectivas futuras

No capítulo VI, Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação, quando descreveu-se a PIPEFA, foram apresentadas algumas propostas de extensões para a plataforma, estas extensões dariam lugar a novos trabalhos de pesquisa.

Apresenta-se algumas sugestões de trabalhos que poderiam ser realizados:

- **Visão Computadorizada** - A incorporação de equipamentos de aquisição de imagens permitiria o estudo de algoritmos de análise de imagens, os quais poderiam ser aplicados aos processos produtivos. A especificação do Sistema de Supervisão já considera a possibilidade de manipular imagens digitalizadas.
- **Sistema Especialista para o Tratamento de Falhas**. - A detecção, análise e tratamento de falhas pode ser realizada de diversas formas, uma delas é a utilização de Sistemas Especialistas. A utilização de tal sistema poderia permitir a reconfiguração dinâmica de um SAP em caso de falha em um dos postos.
- **Sistema Multimídia para Manufatura** - Com a diminuição dos custos da infraestrutura computacional necessária, houve um crescimento na oferta de sistemas multimídia. O estudo das características adequadas de um sistema multimídia, para utilização no suporte à manufatura, seria uma área possível para novos trabalhos.
- **Arquiteturas de Integração da Manufatura** - Existem diversas arquiteturas para integração da manufatura (CIM-OSA, GRAI-GIM, ARIS etc.) o estudo das mesmas poderia ser proveitoso para incorporação dos conceitos mais recentes de integração da manufatura à PIPEFA.
- **Modelagem de Sistemas de Produção** - A PIPEFA representa uma parte de um sistema produtivo, a modelagem de sua dinâmica e interação com o restante do sistema, seria de grande interesse para permitir a realização dos seus propósitos de cooperação com a indústria, ensino e pesquisa.

Bibliografia

- [AFN90] AFNOR, FIP (Flux d'Information Processus) NF C 46_602, 1990
- [AGO91] Agostinho, O. L., Manufatura Integrada por Computador, IPESI- Metal Mecânica, p. 71-90, nov/dez 1991
- [ALM89] Almeida, H. J., Apezato, L., Araujo, O. F. N., Faria, M. M., Koyama, M. F., Pereira, F. E. D., Ribeiro, I. M. C. e Tavares, R. F., Implementação de um sistema de comunicação industrial no CTI, Seminário Franco-Brasileiro em Sistemas Informáticos Distribuídos, Florianópolis, SC, setembro 1989.
- [ASN87] Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1), ISO 8824, (ISO/TC97/SC21 N2335), Information Processing Systems - Open Systems Interconnection, 1987
- [BAU94] Bauer, A., Bowden, R., Browne, J., Duggan, J. e Lyons, G., Shop Floor Control Systems - From Design to Implementation, Chapman & Hall, 1994, ISBN 0 412 58150 7
- [BRI91] Brill, M. e Gramm, U, MMS: MAP applications services for the manufacturing industry, Computer Networks and ISDN Systems, 21, p. 357-380, 1991
- [CHA87] Chan, P. L., The Factory of the Future, Production Engineering, março 1987.
- [CIM85] Yeomans, R. W., Choudry, A., e Ten Hagen, P. J. W., Design Rules for a CIM system, Elsevier Science Publishers B. V. 1985, ISBN: 0 444 87812 2

- [CIM89] ESPRIT- Project 688, Open System Architecture for CIM, Springer Verlag, 1989, ISBN 0-387-52058-9
- [CNC91] Manufacturing Message Specification, Part 4, Companion Standard for Numerical Control, ISO DIS 9506-4, 1991
- [COM88] Comer, D., Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols and Architecture, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1988
- [CON85] Conaway, J., What's in a Name: Plain Talk About CIM, Computers In Mechanical Engineering, Nov. 1985
- [CPM89] Programmable Controller Message Specification, International Eletrotechnical Comission - IEC/SC65A/WG6/TF7, Rough Draft, 1989.
- [CTI94] Koyama, M. F., Lopes da Silva, J. V., Sistemas de Supervisão, Documento Técnico do Instituto de Automação (DTIA), Fundação Centro Tecnológico para Informática (CTI) Campinas, em catalogação, 1994
- [DAT82] Date, C. J., An Introduction to Database Systems, third edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1982, ISBN 0-201-14471-9
- [DAT89] Date, C. J., Guia para o Padrão SQL, Ed. Campus, 1989
- [DEC90] Digital Equipment Corporation, Manufacturing Enterprise Handbook, 1990.
- [DEC91] Digital Equipment Corporation, Open Systems Handbook: A Guide to Building Open Systems, 1991
- [ELM94] Elmasri, R., Navathe, S. B., Fundamentals of database systems, The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 1994, ISBN 0-8053-1748-1
- [FIX93] Fix Dmacs for Windows Software, Intellution, 1993.
- [FOL90] Foley, M. J., It's easier to achieve enterprise-wide CIM, Systems Integration, nov. 1990.
- [FUT92] Future View - A Game of Musical Factories, Manufacturing Engineering, jan. 1992

-
- [GIO86] Giozza, W. F., Moura, J. A., Sauv e, J. P., Araujo, J. F. M., *Redes Locais de Computadores*, McGraw-Hill Ltda., 1986.
- [GRA87] Doumeingts, G., Vallespir, B., Darricau, D. and Roboam, M., *Design Methodologies for Advanced Manufacturing Systems*, *Computers in Industry*, n. 9, p. 271-296, 1987
- [GOD90] G ddertz, J., *Profibus*, Klocner Moeller, Bonn, 1990.
- [HOE90] Hoekstra, J., *The Manufacturing Message Specification*, *Open Systems Information Services*, v. 2, n. 8, 1990.
- [IBM89] International Business Machines, *Computer Integrated Manufacturing- "The CIM Enterprise"*, 1989.
- [IEC92] *Programmable Controllers - Part 3: Programming Languages*, Draft International Standard IEC 1131-3, 1992.
- [IEC91] *Preparation of function charts for control systems*, International Standard IEC848, ref. num. CEI/IEC 848:1988, segunda impress o, 1991.
- [LAV88] Lavelle, M. R., Park, G. J. e Renda, R. B., *Manufacturing Workstations and Cell Controllers in a CIM Application*, *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 8, no. 2, p. 161-165. 1988
- [LIV90] Livingston, D., *CIM to the rescue*, *Systems Integration*, nov. 1990.
- [MAP88] *Manufacturing Automation Protocol Ver. 3.0* 1988.
- [MEN90] Um modelo estrutural de mensagens na implementa o do protocolo, MMS, Mendes M. J. e Jacintho, D. C. A., I SAI - S mpoio de Automa o Integrada, CEFET, Curitiba, PR, 16 a 20 de julho de 1990.
- [MEN93] Mendes, M. J. e outros, *Sisdi-OSI: Sistema Did tico para o Modelo OSI*, 11 S mpoio Brasileiro de Redes de Computadores, maio 1993.
- [MER85] Merchant, M. E., *Computer-Integrated Manufacturing as the Basis for the Factory of the Future*, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol 2, n. 2, 1985

- [MMS90] Manufacturing Message Specification, ISO 9506-1, ISO 9506-2, 1990
- [NAK93] Nakano, N., Time Critical Communication Architecture in Factory Automation, IFIP Transactions B [[Applications in Technology] , vol.B-14, p 363-374, 1993
- [NBS83] C. McLean, M. Mitchell e Barkmeyer, E., A computer architecture for small-batch manufacturing, IEEE Spectrum, vol. 20, n. 5, 1983
- [NOV92] Um sistema de coleta de dados industrial usando o padrão MMS, Novaes, M. e Pedroza, A. C. P., CONAI 92, 1992.
- [NOV93] O Protocolo MMS: Projeto e Aplicações, Novaes, M. e Burrowes, F. B., 11 Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, maio 1993.
- [ODR86] Odrey, N. G., Integrated Workstation Control, CIM Review, vol. 4, n. 4, p. 29-35, summer 1986
- [OPE86] Manufacturing Automation Protocol: MAP version 2.1 Architecture and beyond, Open Systems Data Transfer, n. 22, june 1986, ISSN 0741-286X
- [OWE93] Owen, J., STEP An Introduction, Information Geometers, 1993, ISBN 1-874728-04-6
- [PIP95] PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação), Laboratório de Automação e Robótica, FEM, UNICAMP, documento em elaboração, 1995.
- [PLE94] Pleinevaux, P., An Analisis of the MMS Object Model, IEEE Transactions on industrial eletronic, vol. 41, n. 3, p. 265-268, june 1994
- [PLO87] Plossl, K. R., Computer Integrated Manufacturing, Production Engineering, 1987 jun, p. 38-50
- [PRI90] Pritschow, G., Automation Technology- On the Way to an Open System Architecture, Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, vol. 7, n. 1/2, p. 103 - 111, 1990, Pergamon Press

- [PRI95] Pritschow, G. e Uhl, J., The Alslys Adaptable Control System for Flexible Production, Control Eng. Practice, vol. 3, n. 1, p. 89-95, 1995
- [REE93] Reeve, A., Plots and Pressure Focus On Fieldbus, Intech, julho 1993.
- [ROB90] Manufacturing Message Specification, Part 3, Robot Specific Message System, ISO DIS 9506-3, 1990.
- [ROD89] Rodd, M. G., Real-Time Issues in Distributed Data Bases For Real-Time Control, IFAC Distributed Databases in Real-time Control, Budapest, Hungary, 1989, keynote address, p. 1-7
- [RON94] Rondeau, E., Divoux, T., Lepage, F., Veron, M., Creation of Virtual Manufacturing Devices by means of information system models, Towards World Class Manufacturing 1993 (B-17), M.J. Wozny and G. Olling (Editors), Elsevier Science B. V., IFIP 1994
- [ROZ94] Rozenfeld, H.; Aguiar, A. F. S.; Rentes, A. F.; Bremer, C. F.; Alliprandini, D. H.; Integração da manufatura: o caminho para a modernização, Máquinas e Metais, set. 1994
- [SCH92] A.W. Scheer, Architecture of Integrated Information Systems, Foundations of Enterprise Modelling, Springer-Verlag, 1992.
- [SHI91] Shina, S. G., Concurrent Engineering and Design for Manufacture of Electronics Products, Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-00616-0, 1991
- [SUN95] Evento explora os novos caminhos da Manufatura, Rev. Sun Network, n. 10, p. 9, junho 95
- [THI82] Thierauf, R. J., Decision support systems for effective planning and control, Prentice-Hall, 1982, ISBN 0-13-19823-6
- [TAN89] Tanenbaum, A. S. ,Computer Networks, Prentice-Hall International 1989, ISBN 0-13-166836-6
- [TOP88] Technical and Office Protocol Specification Ver. 3.0 1988.

- [TRA92] Trabasso, L. G., Detecção e Recuperação de Erros em uma célula de Manufatura Robotizada, Congresso Nacional de Automação Industrial, 1992
- [VAL90] Valadier, J.C., Fonseca, K. V. O., Hautbergue, B e Neves Jr., F., Quasimap, uma rede industrial padronizada para automação da produção, I SAI - Simpósio de Automação Integrada, CEFET, Curitiba, PR, 16 a 20 de julho de 1990.
- [WAR85] Ward, P.T., Mellor S., Structured Development for Real-Time Systems, vols. I, II, III, New-Jersey, Prentice-Hall Inc., 1985.
- [WAR86] Ward, P.T., "The Transformation Schema : An Extension of the Data Flow Diagram to Represent Control and Timing", IEEE Transactions on Software Engineering, vol. SE 12, n 2, p.198-210, Fevereiro 1986.
- [WES89] Weston, R. H., Gascoigne, J. D., Sumpter, C. M., Hodgson, A., Robot Integration within computer-integrated manufacture, Int. J. Production Research, vol. 27, n. 3, p. 515-528, 1989.
- [WIL93] Williams, T. J., P. Bernus, L. Nemes, Architectures for Enterprise Integration, IFAC/IFIP Task Force On Architectures for Integrating Manufacturing Activities and Enterprises. 1993
- [WIZ95] Wizcom 5.0, PC Soft International ltd, ReSid Comércio e Serviços Ltda, 1995.
- [ZWO94] Zwoll, K., e outros, Flexible Data Acquisition System for Experiments at COSY, IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 41, n. 1, fev. 1994.