

UFPB - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPIN - COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**UM SUPORTE PARA GERÊNCIA DE PRODUÇÃO COM
USO DE REDES INDUSTRIAIS**

Fernando William Cruz

Campina Grande - Pb

Outubro/94

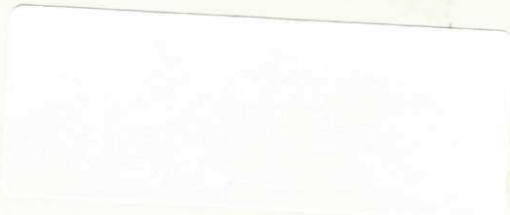
Um Suporte para Gerência de Produção Com Uso de Redes Industriais

Fernando William Cruz

**Dissertação apresentada ao curso de
MESTRADO EM INFORMÁTICA
da Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Mestre.**

Área de concentração: Redes de Computadores

Joberto Sérgio Barbosa Martins
(Orientador)



*Div. de
COP. A. 12
C. 10 x 10*

Campina Grande, Pb
Outubro/1994



C957s

Cruz, Fernando William.

Um suporte para gerência de produção com uso de redes industriais / Fernando William Cruz. - Campina Grande, 1994.

91 f.

Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1994. "Orientação : Prof. Dr. Joberto Sérgio Barbosa Martins". Referências.

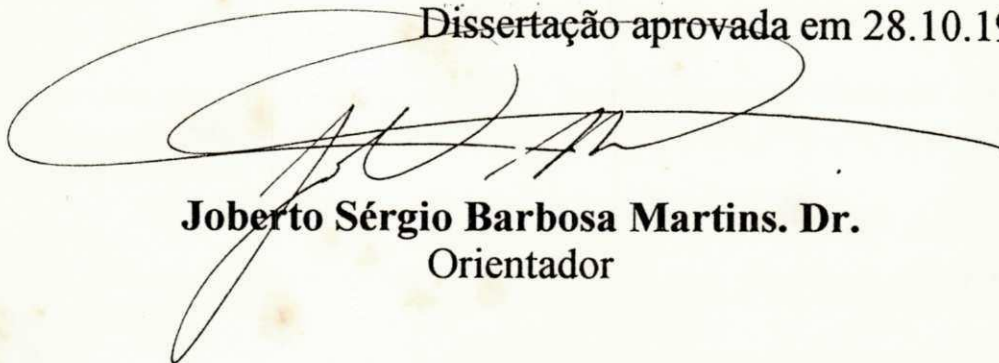
1. Redes de Computadores. 2. Redes Industriais. 3. Gerência de Produção. 4. Dissertação - Informática. I. Martins, Joberto Sérgio Barbosa. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 004.7(043)


**UM SUPORTE PARA A GERÊNCIA DE PRODUÇÃO EM REDES
INDUSTRIAIS**

FERNANDO WILLIAM CRUZ

Dissertação aprovada em 28.10.1994



Joberto Sérgio Barbosa Martins. Dr.
Orientador



Misael Elias de Moraes, Dr. Ing.
Componente da Banca



Carlos Frederico Bremer, Eng.
Componente da Banca

Campina Grande, 28 de outubro de 1994

AGRADECIMENTOS

“Obrigado meu Deus porque criaste o desconhecido e ao mesmo tempo nos deste a liberdade de voar pelo espaço em busca de nós mesmos, através das pesquisas, das leituras, da ciência, da vida enfim.”

“Mãe (D. Iracema), pai (Sr. Tota) e irmãos (Sérgio, Cláudia, Leninha e Renata). Neste momento choro emocionado ao perceber que venci outra etapa... Mais uma vez vocês estiveram ao meu lado observando e compreendendo minha busca e, mais que isso, demonstraram amor e compreensão sem tamanho. Vocês estarão comigo onde quer que eu esteja. Saudades ...”

“Joberto, obrigado por você ter acreditado no meu potencial. Obrigado também pela paciência que tiveste em mostrar-me o caminho das pedras para que eu pudesse chegar com êxito ao fim deste trabalho.”

“Vicente, acho que a vida é melhor por que você está aqui. Você é um amigo de verdade. Obrigado por tudo.”

“Sr. José Vicente, Babita, Luiz Maurício, Suca, César, Tia Zira. Obrigado pelo carinho, amizade e compreensão. Vocês são a minha segunda família.”

“Cláudia, obrigado pelo carinho e apoio durante todo o período deste trabalho. Guardo-te sempre comigo.”

Agradeço a todo o corpo de professores e funcionários da Coordenação de Pós em Informática (Profs. Hélio Menezes, Jacques Sauvé, Antônio Moura, Pedro Nicolleti, Aninha da secretaria, Liliane do laboratório, dentre outros) por terem ajudado a acrescentar meus conhecimentos sobre a ciência da computação.

Um agradecimento e muitas recordações a todo o pessoal que conheci durante o mestrado, dentre eles: Meu irmão oriental Lauro Japa, a Soninha, o Fernandinho, Luiz de Brasília, Gedeon, Madalena, Jorge Boi, Rita vizinha, Claudete, Isaac Douglas, Sérgio Brito, Mônica Aguiar, André Felipe, Walfredo, Mário Fofoca, Alfredo e tantos outros.

Por fim um agradecimento especial às instituições que me apoiaram na realização de estágios, visitas técnicas e esclarecimentos: CRH/Coordenação de Recursos Hídricos da Bahia - Salvador-Ba; IBM/Fábrica - Sumaré-SP; FIAT/Fábrica - Betim-MG; BOSCH/Fábrica - Campinas-SP; BRAHMA/Fábrica - Anápolis-Go e Laboratório de Máquinas e Ferramentas da USP/São Carlos-SP.

RESUMO

A gerência de produção é uma atividade importante no ambiente industrial e, nos dias atuais, pode utilizar a tecnologia de redes industriais para a implementação de seus aplicativos de forma eficiente. Este trabalho descreve a implementação de um conjunto de serviços providos para suportar as aplicações básicas de gerência de produção. Estes serviços são baseados no protocolo MMS ("Manufacturing Message Specification") e são tipicamente voltados para as indústrias de manufatura.

ABSTRACT

Production Management is an important activity in the industrial environment. Currently, industrial network technology can be used to implement applications in an efficient form. This work describes the implementation of a set of services suitable for supporting production management (PM) applications. The PM services are based on the MMS ("Manufacturing Message Specification") protocol and oriented for manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 2.1** Atividades básicas nas indústrias de manufatura, 04
- Fig. 2.2** Exemplo de um produto manufaturado, 06
- Fig. 2.3** Visão geral de um chão de fábrica automatizado, 09
- Fig. 2.4** Exemplo de uma máquina de comando numérico, 09
- Fig. 2.5** Esquema funcional de um controlador programável, 10
- Fig. 2.6** Exemplo de um robô estilo braço mecânico, 11
- Fig. 2.7** Exemplo de um veículo auto-guiado, 12
- Fig. 3.1** Modelo CIM-OSA para definir e derivar modelos CIM, 17
- Fig. 3.2** Elementos básicos de um sistema de manufatura flexível, 21
- Fig. 3.3** Níveis funcionais hierárquicos na manufatura, 23
- Fig. 3.4** Uma visão de estruturação de base de dados para sistemas de manufatura dentro do conceito CIM, 26
- Fig. 3.5** Redes de computadores como blocos básicos para a manufatura, 27
- Fig. 3.6** Relacionamento dos níveis funcionais da manufatura / uso sistemático de redes, 27
- Fig. 4.1** Visão de equipamentos no chão de fábrica comunicando-se entre si e com os equipamentos de controle através dos recursos MMS, 31
- Fig. 4.2** Visão do modelo VMD utilizado na definição do MMS, 32
- Fig. 4.3** Aplicabilidade do VMD dentro do modelo cliente/servidor, 33
- Fig. 4.4** Padrões Associados ao MMS, 34
- Fig. 4.5** Tipos de serviços utilizados na comunicação entre entidades pares MMS, 35
- Fig. 4.6** Exemplo de entidades pares MMS vistas como autômatos, 38
- Fig. 4.7** Funções básicas de uma entidade de protocolo, 39

-
- Fig. 4.8** Primitiva de serviço MMS-Status, 40
- Fig. 4.9** Fases de uma comunicação entre entidades pares MMS, 41
- Fig. 4.10** Exemplo de uma sequência de serviços utilizados numa comunicação MMS, 42
- Fig. 5.1** Visão de um chão de fábrica gerenciado com uso de redes de computadores, 44
- Fig. 5.2** Visualização da interface de gerência na monitoração de servidores MMS, 45
- Fig. 5.3** A gerência de produção auxiliada com uso da interface API-GP, 47
- Fig. 5.4** Funções definidas para a interface API-GP, 48
- Fig. 5.5** Tela principal da interface gráfica de uso da API-GP, 60
- Fig. 5.6A** Interface para a função PM_PREPARE_TM, 61
- Fig. 5.6B** Interface de retorno para a função PM_PREPARE_TM, 61
- Fig. 5.7A** Interface para a função PM_PREPARE_WP, 62
- Fig. 5.7B** Interface de retorno para a função PM_PREPARE_WP, 62
- Fig. 5.8A** Interface para a função PM_SET-UP, 63
- Fig. 5.8B** Interface de retorno para a função PM_SET-UP, 63
- Fig. 5.9A** Interface para a função PM_TRANSMIT, 64
- Fig. 5.9B** Interface de retorno para a função PM_TRANSMIT, 64
- Fig. 5.10A** Interface para a função PM_STATUS, 65
- Fig. 5.10B** Interface de retorno para a função PM_STATUS, 65
- Fig. 5.11A** Interface para a função PM_MACHINE, 66
- Fig. 5.11B** Interface de retorno para a função PM_MACHINE, 66
- Fig. 5.12A** Interface para a função PM_MANPOWER, 67
- Fig. 5.12B** Interface de retorno para a função PM_MANPOWER, 67
- Fig. 5.13A** Interface para a função PM_ABSENCE, 68
- Fig. 5.13B** Interface de retorno para a função PM_ABSENCE, 68
- Fig. 5.14A** Interface para a função PM_TRANSFER, 69

-
- Fig. 5.14B** Interface de retorno para a função PM_TRANSFER, 69
- Fig. 5.15A** Interface para a função PM_LOAD-UNLOAD, 70
- Fig. 5.15B** Interface de retorno para a função PM_LOAD-UNLOAD, 70
- Fig. 5.16A** Interface para a função PM_STORE, 71
- Fig. 5.16B** Interface de retorno para a função PM_STORE, 71
- Fig. 5.17A** Interface para a função PM_ENVIRONMENT, 72
- Fig. 5.17B** Interface de retorno para a função PM_ENVIRONMENT, 72
- Fig. 5.18A** Interface para a função PM_MESSAGE, 73
- Fig. 5.18B** Interface de retorno para a função PM_MESSAGE, 73
- Fig. 5.19A** Interface para a função PM_ERROR, 74
- Fig. 5.19B** Interface de retorno para a função PM_ERROR, 74
- Fig. 5.20A** Interface para a função PM_INSPECT, 75
- Fig. 5.20B** Interface de retorno para a função PM_INSPECT, 75
- Fig. 5.21A** Interface para a função PM_REPORT, 76
- Fig. 5.21B** Interface de retorno para a função PM_REPORT, 76
- Fig. 5.22A** Interface para a função PM_SERVICE, 77
- Fig. 5.22B** Interface de retorno para a função PM_SERVICE, 77
- Fig. 6.1** Estrutura dos processos para a Gerência de Produção em rede, 79
- Fig. 6.2** Inicialização dos processos utilizados na implementação, 80
- Fig. 6.3** Algoritmo de funcionamento do Adaptador de Rede, 82
- Fig. 6.4** Caminho percorrido pelos parâmetros das funções API-GP, 83
- Fig. 6.5** Fluxograma geral de funcionamento das funções API-GP, 83

LISTA DE SIGLAS

- AGV - "Automated Guided Vehicle"
- API - "Application Programming Interface"
- AS/R - "Automated Storage and Retrieval"
- ASN.1 - "Abstract Syntax Normal Number One"
- CAD - "Computer Aided Design"
- CAM - "Computer Aided Manufacturing"
- CAPP - "Computer Aided Process Planning"
- CAQC - "Computer Aided Quality Control"
- CIM - "Computer Integrated Manufacturing"
- CIM-OSA - "Computer Integrated Manufacturing - Open System Architecture"
- CLP - Controlador Lógico Programável
- CNC - "Computer Numerical Control"
- CNR - "Control Numerical Robot"
- COPIN - Coordenação de Pós-Graduação em Informática
- CP - Controlador Programável
- CS - "Companion Standard"
- DARPA - "Defense Advanced Research Projects Agency"
- DEC - "Digital Equipment Corporation"
- EDI - "Electronic Data Interchange"
- EIA - "Electronics Industries Association"
- FDDI - "Fiber Distributed Data Interface"
- FMC - "Flexible Manufacturing Cell"
- FMS - "Flexible Manufacturing System"
- GP - Gerência de Produção
- GT - "Group Technology"

GUI - "Graphical User Interface"

ISA - "Instrumental Society of America"

ISO - "International Standard Organization"

MAC - "Medium Access Control"

MAP - "Manufacturing Automation Protocols"

MCI - Mecanismo de Comunicação entre Processos

MMFS - "Manufacturing Message Format Specification"

MMS - "Manufacturing Message Specification"

MRP - "Material Requirement Planning"

MRP II - "Material Resource Planning"

NEMA - "National Electrical Manufacturers Association"

NFS - "Network File System"

OSI - "Open System Interconnection"

PDU - "Protocol Data Unit"

PM - "Production Management"

RIA - "Robot Industries Association"

TOP - "Technical Office Protocols"

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Unidades Funcionais MMS / serviços associados, 36

Tabela 5.1 - Sugestões de Mapeamentos API-GP / serviços MMS, 57

SUMÁRIO

1. Introdução, 01

2. As Indústrias de Manufatura, 04
 - 2.1 As Atividades de Produção, 05
 - 2.1.1 Engenharia do Produto, 05
 - 2.1.2 Engenharia do Processo, 07
 - 2.1.3 Planejamento da Produção, 12
 - 2.1.4 Gerência de Produção, 14

3. A Integração da Manufatura Por Computador, 16
 - 3.1 Tecnologias de Informação Úteis ao CIM, 17
 - 3.2 Sistemas de Manufatura, 22
 - 3.2.1 Modelo Funcional Hierárquico para a Manufatura, 23
 - 3.2.2 Requisitos de Banco de Dados, 25
 - 3.2.3 Requisitos de Redes Industriais, 26

4. MMS - Um Suporte de Redes para a Manufatura, 30
 - 4.1 Definição do MMS, 31
 - 4.1.1 VMD - Dispositivo Virtual de Manufatura, 32
 - 4.1.2 O Modelo Cliente/Servidor, 33
 - 4.1.3 Padrões Associados (CS's - "Companion Standards"), 33
 - 4.2 Descrição dos Serviços, 35
 - 4.3 Descrição do Protocolo MMS, 37
 - 4.3.1 Unidade de Dados do Protocolo - PDU's, 39
 - 4.3.2 Procedimentos para Comunicação entre Entidades Pares, 40

5. Uma Proposta de Gerência de Produção em Redes Industriais,	43
5.1 API-GP: Uma Interface de Aplicação para Gerência de Produção,	44
5.1.1 Descrição dos Serviços API-GP,	47
5.1.1.1 Preparação do Ambiente para Produção,	49
5.1.1.2 Controle dos Processos Ativos,	51
5.1.1.3 Controle de Inventário,	52
5.1.1.4 Supervisão Física e Ambiental da Fábrica,	54
5.1.1.5 Controle de Qualidade,	55
5.1.1.6 Manutenção de Equipamentos,	56
5.1.2 Sugestões de Mapeamentos em Serviços MMS,	57
5.2 Uma Interface Gráfica para Uso da API-GP,	59
6. Aspectos Gerais de Implementação,	78
6.1 A Inicialização do Ambiente Operacional,	80
6.2 O Adaptador de Rede,	81
6.3 A Implementação da API-GP,	82
6.3.1 Adaptações Necessárias para os Testes da API-GP,	84
6.4 A Implementação da Interface Gráfica,	85
7. Conclusão,	87
8. Bibliografia,	89

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A indústria de manufatura é hoje um dos setores que mais tem exigido pesquisas e suporte tecnológico para vencer a questão da competitividade gerada pela abertura da economia de mercado mundial.

Dentro deste contexto, com o passar dos anos, foram surgindo várias iniciativas (tecnologias CAD - “Computer Aided Design”, CAM - “Computer Aided Manufacturing”, entre outras), que permitiram melhorar o desempenho das fábricas nos sentido de diminuir o custo e o tempo de produção ao mesmo tempo em que aumentaram a qualidade dos produtos. Essas tecnologias em geral são aplicações da computação nos mais diversos setores, caracterizando sua importância nos requisitos de tratamento da informação.

Uma das iniciativas recentes de melhoria do processo de otimização do trabalho nas indústrias foi o CIM (“Computer Integrated Manufacturing”) [KUSIAK88], que, na realidade, é uma filosofia de integração das informações em todos os níveis da indústria de manufatura com auxílio do computador.

No que se refere a integração de informações, as redes de computadores ganham importância na aplicabilidade industrial exatamente por fornecer suporte de comunicação, um dos requisitos básicos exigidos pela filosofia CIM.

Quanto às tecnologias de redes industriais, tem-se alternativas em termos de arquiteturas padronizadas segundo a orientação do modelo de referência OSI (“Open System Interconnection”) [ISO84], padrões “de facto” e soluções proprietárias. Além dessas podemos classificar as tecnologias de rede como tecnologias genéricas (Ethernet, Token Ring, etc) ou como tecnologias específicas cujo objetivo é preencher os requisitos funcionais dos diferentes níveis da automação industrial. Dentre as alternativas apresentadas, destacam-se as soluções padronizadas que se adequam melhor aos

problemas de comunicação entre os diferentes tipos de equipamentos existentes no chão de fábrica.

Um dos pontos fortes de aplicabilidade das redes industriais segundo a filosofia de arquiteturas padronizadas é o protocolo MMS (“Manufacturing Message Specification”) [EIA87], que é considerado importante na medida em que permite a troca de mensagens entre sistemas de controle e equipamentos no nível de fábrica.

Por outro lado, as gerências de produção e operação podem ser vistas como atividades relacionadas com a criação efetiva de produtos e serviços por diversos tipos de indústrias de manufatura [HEIZER91]. Essas atividades implicam, em geral, na tomada de decisões estratégicas quanto ao projeto do produto, o tipo de processo a ser utilizado, o “layout” da unidade funcional em questão, recursos humanos, controle de estoques, etc. Dentro do contexto da manufatura integrada, grande parte dessas atividades passaram a ser controladas por softwares, em geral sistemas especialistas, cuja complexidade varia em função do grau de automação do ambiente e dos recursos de rede utilizados.

O objetivo deste trabalho é fazer a proposição de um serviço de gerência de produção em rede, tendo como suporte os serviços do protocolo MMS. Este serviço é colocado como uma alternativa de integração dos sistemas de controle com os recursos controlados do chão de fábrica de uma maneira mais simplificada e que ao mesmo tempo vai de acordo com os requisitos exigidos pela filosofia CIM.

Como forma de apresentação, preferiu-se fazer uma separação do trabalho em duas partes. A primeira parte, relacionada aos Capítulos 2 a 4 são uma introdução ao escopo principal da tese, que por sua vez está descrito nos Capítulos 5 e 6.

Seguindo uma ordem de apresentação, no Capítulo 2 foram mencionados alguns setores básicos das indústrias de manufatura, dentre eles o setor de gerência de produção (ou gerência do chão de fábrica). A seguir, no Capítulo 3, foi feita uma abordagem sobre o CIM e tecnologias relacionadas para que o leitor possa inteirar-se melhor sobre esse conceito. No Capítulo 4 é apresentado o protocolo MMS e as características que o tornaram tão importante para o contexto das indústrias de manufatura.

A segunda parte, específica da pesquisa, inicia-se no Capítulo 5 onde foram apresentados um conjunto de funções voltadas para a gerência de produção na forma de uma biblioteca, e uma interface gráfica que permite um uso mais eficaz da mesma. O Capítulo 6 refere-se à comprovação das propostas apresentadas por intermédio de uma experiência de implementação. Dessa forma são apresentados detalhes dos testes, dificuldades encontradas e soluções providas.

As conclusões e observações finais sobre o trabalho foram colocadas no Capítulo 7, enquanto que as referências bibliográficas consultadas foram listadas em ordem alfabética no Capítulo 8.

CAPÍTULO 2

AS INDÚSTRIAS DE MANUFATURA

As indústrias de manufatura são organizações que produzem bens para a sociedade e podem ser vistas como formadas pelas atividades básicas de marketing, finanças e produção [HEIZER91].



Figura 2.1 Atividades básicas nas indústrias de manufatura

Dentre as várias atribuições do setor de marketing pode-se mencionar as tarefas de manter contato com os clientes, encontrar nichos de mercado em expansão, detectar objetivos-chaves a serem atacados e incrementar a venda dos produtos já existentes. Para essas atividades são utilizadas várias técnicas tais como, pesquisa de mercado, previsões e análises de vendas, comportamento de produtos diante do mercado consumidor, campanhas de vendas, dentre outras atividades.

As atividades de finanças referem-se a todos os controles sobre as contas da organização. Esses controles envolvem planos financeiros de custos, orçamentos, gastos com

fornecedores, materiais, fundos, investimentos e todos os procedimentos de maneira a fazer com que a empresa funcione dentro das suas capacidades e com previsões de crescimento.

As atividades de produção são os procedimentos de geração dos produtos que serão comercializados pela empresa. A seção 2.1 abaixo descreve com mais detalhes alguns aspectos relacionados a essa última atividade.

2.1 AS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO

A geração de produtos de consumo implica em geral, na tomada de decisões estratégicas quanto ao projeto do produto, o tipo de processo a ser utilizado, alocação de recursos humanos, equipamentos, materiais e diversas outras atividades correlacionadas.

De um modo geral, pode-se ver as atividades de produção distribuídas nos setores de engenharia do produto, engenharia do processo, planejamento da produção e gerência de produção.

As engenharias do produto e do processo são responsáveis por criar os produtos e os processos de produção. O planejamento da produção faz o levantamento das necessidades de materiais com os fornecedores e a programação das estratégias de produção, considerando as capacidades operacionais da fábrica. A efetivação dos mecanismos necessários para a criação dos produtos projetados fica por conta do setor de gerência de produção.

As seções a seguir descrevem com maior nível de detalhamento a competência de cada um dos setores mencionados.

2.1.1 ENGENHARIA DO PRODUTO

A engenharia do produto refere-se basicamente ao projeto dos produtos que são comercializados pela Empresa. Esses, por sua vez, são o somatório de um conjunto de componentes, conforme ilustra o exemplo da Figura 2.2 a seguir:

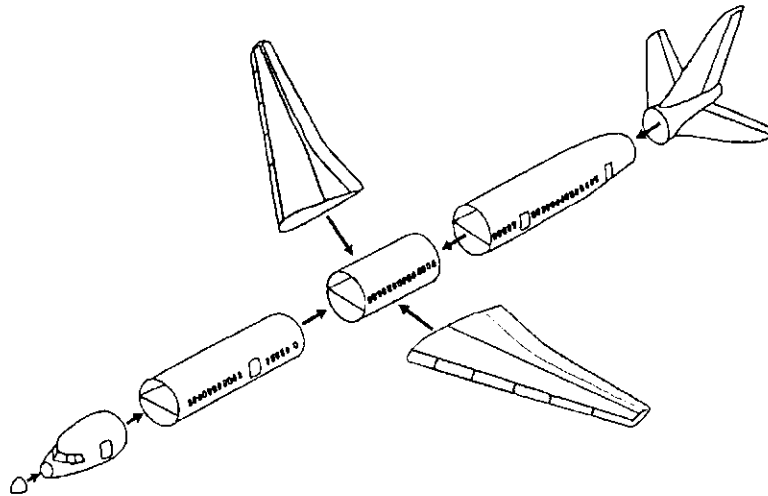


Figura 2.2 Exemplo de um produto manufaturado [HEIZER91]

O projeto de um produto, consiste na realidade em fazer o projeto das partes que o compõem considerando fatores como as dimensões, formatos, materiais necessários, tolerâncias, custos associados, etc. Essa tarefa exige que o engenheiro projetista conheça razoavelmente bem os processos de manufatura e as máquinas disponíveis para garantir que o componente seja manufaturado seguindo as especificações de forma econômica e eficiente.

De um modo geral, o projeto de um produto deve seguir as seguintes fases [KUSIAK88]:

ESPECIFICAÇÃO INICIAL DO PRODUTO

É a análise e especificação de produtos que podem ser concluídos dentro do âmbito da empresa. Os produtos, nessa fase são projetados com base em pesquisas de laboratório ou mesmo a partir do levantamento das necessidades (reais ou futuras) do mercado, geralmente percebidas pelos setores de pesquisa e marketing.

PROJETO PRELIMINAR

Nessa fase, elaboram-se desenhos e documentos especificando as funcionalidades do produto, as necessidades de materiais a serem eventualmente utilizados e todos os aspectos que influenciem no projeto do produto.

REFINAMENTO

É a fase onde o projeto especificado inicialmente sofre uma análise mais minuciosa para que seja possível detectar os pontos que precisam ser melhorados. Discute-se alternativas

de materiais a serem utilizados, pessoal, mão de obra para confecção do produto e todas as variantes que dizem respeito ao produto. Vale ressaltar que é preocupação constante dessa fase, saber se as modificações que estão sendo propostas continuam conformes às especificações iniciais. Muitas vezes o projeto é rejeitado por completo ou acaba necessitando de revisões para poder ser viabilizado. Essas conclusões e ações exigem a participação constante de outros setores da empresa, tais como gerência do processo e controle de materiais, dentre outros.

ANÁLISE

É um trabalho de revisão de tudo o que foi proposto e de adequação dessas propostas às possibilidades da empresa. A avaliação feita pode muitas vezes levar a um reprojeito do produto.

IMPLEMENTAÇÃO

Nessa fase é feito um detalhamento final e a consequente geração de documentos que especificam todas as características do produto, o material necessário, as dimensões, a funcionalidade etc. Esses documentos, uma vez aprovados, podem ser liberados para o setor de engenharia do processo, abordado a seguir.

2.1.2 ENGENHARIA DO PROCESSO

Os processos de produção em indústrias de manufatura são uma combinação de ações independentes ou discretas que, quando em conjunto, permitem produzir o produto especificado.

Planejar um processo de produção refere-se a garantir o sequenciamento lógico dessas ações objetivando alcançar as especificações do produto, considerando fatores tais como a minimização dos custos de produção, tempos de manufatura, disponibilização dos equipamentos, maximização das taxas de produção e da qualidade dos componentes processados, etc [KUSIAK88].

Por outro lado, é sabido que o nível de automação e a flexibilidade inerentes ao chão de fábrica influenciam bastante nos mecanismos de planejamento do processo. Se o ambiente de manufatura for flexível o suficiente para atender o novo produto, as alterações requeridas se reduzirão ao planejamento das atividades dos equipamentos e na inserção de novas rotinas de trabalho para os operadores.

Em muitos casos porém, além do simples planejamento, torna-se necessário projetar novas máquinas e ferramentas para atender as requisições do produto em questão. No projeto desses equipamentos, deve-se sempre considerar os requisitos de funcionalidade, praticidade e facilidades de manutenção, cabendo também aos projetistas escolher a melhor opção entre desenvolvê-los na própria fábrica ou encomendá-los a fornecedores externos [HEIZER91].

Um outro aspecto a ser considerado, é a definição dos espaços físicos a serem utilizados, a fim de tornar funcional o processo de produção. Nesse caso as instalações físicas devem atender aos requisitos de fácil locomoção, boa transportabilidade de materiais, máquinas e ferramentas entre os centros de trabalho e permitir um ambiente favorável ao trabalho dos operadores [HEIZER91].

Do ponto de vista de operação, pode-se dizer que as linhas de produção são compostas basicamente pelas atividades de fabricação, montagem, manipulação e testes [KUSIAK88, UNIC92].

A fabricação refere-se a tarefas tais como desgastes, fresagens, alisamentos, etc, relacionadas ao tratamento e confecção dos componentes do produto. A montagem refere-se ao ajuntamento dos componentes manufaturados via processos de soldagem, colagem, etc. A manipulação consiste nas atividades de manuseio, carga/descarga de materiais e de equipamentos. Os testes geralmente incluem medições e verificações das partes que estão sendo manufaturadas.

Para as atividades mencionadas, a maioria das fábricas de manufatura tem buscado o uso de equipamentos programáveis devido às suas facilidades associadas. A característica de ser programável permite ao chão de fábrica a flexibilidade necessária para a produção de versões do mesmo produto ou até mesmo de produtos totalmente diferenciados entre si.



Figura 2.3 Visão geral de um chão de fábrica automatizado[HEIZER91]

Abaixo estão mencionados alguns tipos de máquinas programáveis de uso comum em ambientes de manufatura flexível [WAKIL90]:

COMPUTADORES DE COMANDO NUMÉRICO (CNC'S)

As máquinas ou computadores de comando numérico - CNC's ("Computer Numerical Control") [ISO89b] são equipamentos programáveis providos de um conjunto de ferramentas que lhes permite usinar peças de metal, produzindo ações como cortes, desgastes, alisamentos, etc. Esses equipamentos são na realidade, a evolução das máquinas-ferramentas tipo tornos mecânicos que podem ser operadas manualmente ou programadas via dispositivos leitores de fita magnética [SIEM89].

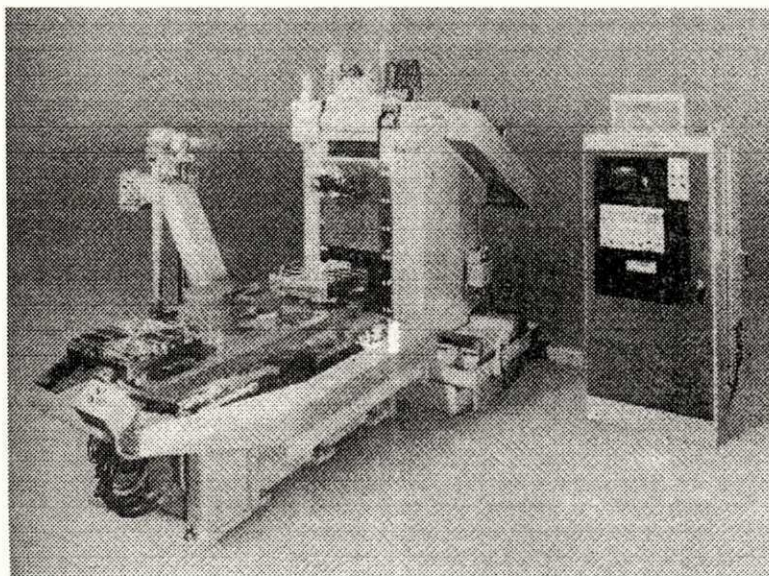


Figura 2.4 Exemplo de uma máquina de comando numérico [HEIZER91]

As instruções de fabricação do componente são fornecidas via programas numéricos. Esses programas, por sua vez, trabalham com informações sobre a geometria do componente a ser fabricado, quais ferramentas devem ser utilizadas, quais as rotas de ação para elas, além das velocidades de corte e desgaste, dentre outras instruções. A partir destes dados, o processador executa cálculos que garantem a fabricação correta do componente.

CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS (CLP'S)

Os Controladores Lógico Programáveis (CLP's) ou Controladores Programáveis (CP's) [IEC89] são computadores dedicados a controles de processos em geral dentro da estrutura de automação do chão de fábrica. Esses computadores possuem unidades de entrada/saída tais como entrada digital, saída digital, relés, atuadores, sensores etc. para poder permitir uma atuação adequada de acordo com o tipo de processo [SIEM89].

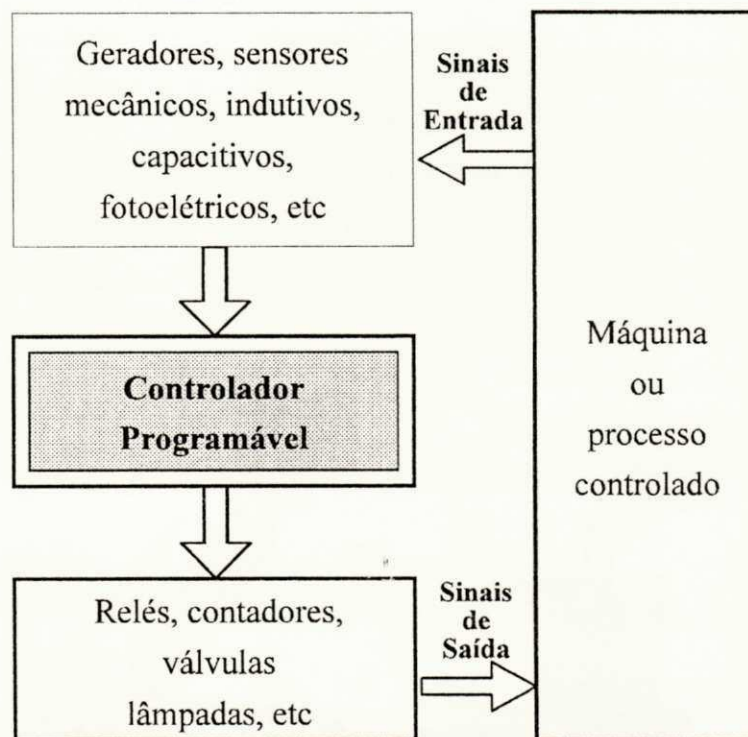


Figura 2.5 Esquema funcional de um controlador programável [SIEM89]

Os CLP's atuam como uma entidade que verifica o estado do(s) processo(s), normalmente via sensores e, a partir da informação de estado adquirida, atua sobre o processo. A título de exemplo, sempre que ocorre um deslocamento mecânico, uma alteração na posição de uma haste fim-de-curso, mudanças de temperatura, pressão, etc, os sensores associados à entrada do CLP o mantém informado. A partir desses dados de entrada, o programa armazenado na memória do controlador atua sobre o processo através de suas saídas (relés,

contadores, válvulas etc). Essas atuações podem se referir desde a uma simples operação mecânica em uma máquina-ferramenta até o controle total de uma linha de montagem industrial [DAIGLE88, HEIZER91, SIEM89].

ROBÔS (“CONTROL NUMERICAL ROBOTS”- CNR’s)

Segundo [FERRATÉ86], robôs são manipuladores automáticos que possuem “servosistemas” de posicionamento. São programáveis, polivalentes, multifuncionais e capazes de manusear peças com um alto grau de liberdade para movimentação.

Os robôs geralmente são compostos por elementos em série, articulados ou deslizantes entre si e, dependendo do tipo de robô, podem ser orientados diretamente por um operador humano, por sistemas de lógica pneumática, lógica elétrica cabeada ou por programação direta.

Quanto às formas, os robôs podem ter as mais variadas, sendo que, em geral possuem terminações ou braços que permitem acoplar garras, fixadores, equipamentos de solda, pintura etc. Sua unidade de processamento utiliza essencialmente um dispositivo de memória e, em alguns casos, dispositivos de percepção para permitir adaptabilidade às circunstâncias do momento.

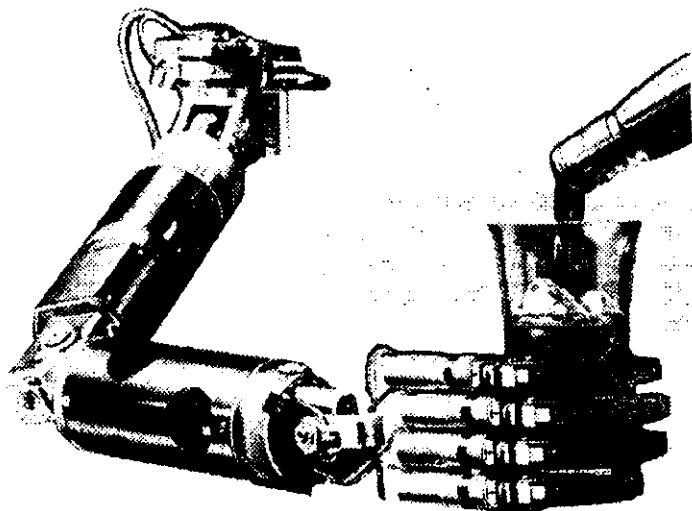


Figura 2.6 Exemplo de um robô estilo braço mecânico [FERRATÉ86]

Devido à sua funcionalidade, pode-se dizer que os robôs são hábeis para executar praticamente todas as atividades do chão de fábrica [FERRATÉ86]. Atualmente é possível perceber uma larga utilização de robôs nas aplicações de manuseio e transporte de

determinado intervalo de tempo, os níveis de produção a serem alcançados para cada grupo, de acordo com as capacidades do chão de fábrica.

Vale ressaltar que as programações feitas podem, em muitos casos, merecer uma reformulação em função de anomalias tais como feriados não previstos, acúmulo de pedidos de produção, máquinas avariadas, etc.

2.1.4 GERÊNCIA DE PRODUÇÃO

A gerência de produção dentro deste contexto relaciona-se às atividades básicas de operação do chão de fábrica para viabilizar os produtos que foram planejados. Portanto, as seguintes tarefas podem ser mencionadas:

PREPARAÇÃO DO AMBIENTE PARA PRODUÇÃO

Antes de iniciar os trabalhos é preciso preparar o ambiente para o ciclo de produção. Esse preparo envolve basicamente, a alocação de pessoal, preparação dos materiais a serem trabalhados, programação dos equipamentos e preparo das máquinas/ferramentas a serem utilizadas no processo de produção.

CONTROLE DOS PROCESSOS ATIVOS

Uma vez ativados é preciso controlar o funcionamento dos processos. Esses controles são possíveis pela coleta de dados sobre o funcionamento das máquinas, equipamentos, pessoal e sobre todos os sistemas envolvidos nos trabalhos do chão de fábrica.

CONTROLE DE INVENTÁRIO

O inventário de uma fábrica refere-se a todo o material que circula dentro da fábrica, desde a matéria bruta até os produtos finais que estão prontos para serem comercializados. Portanto, o controle de um inventário envolve as atividades relacionadas ao recebimento, armazenamento, transferência de materiais e distribuição dos produtos elaborados.

A parte de recebimento de materiais inclui todos os procedimentos de controle referentes à entrada de materiais na fábrica desde materiais não acabados, peças trabalhadas vindas de fornecedores externos ou mesmo componentes provenientes de outras fábricas da mesma empresa.

O armazenamento refere-se a todas as preocupações quanto aos locais de estocagem dos materiais e os melhores pontos de localização, a fim de que possam estar facilmente disponibilizados para a produção. Além disso é preciso estocar os produtos que já estão prontos para serem vendidos [CASC91].

A transferência de inventário refere-se ao movimento de materiais, partes e produtos entre áreas funcionais da fábrica. Esses transportes podem ser feitos de forma manual com uso de carros de transporte tipo empilhadeiras, semi-automatizados com uso de esteiras controladas por computador, ou mesmo serem completamente automatizadas com uso de AGV's, robôs etc. Esses mecanismos podem também ser utilizados para transporte de equipamentos e ferramentas entre as áreas de trabalho.

SUPERVISÃO FÍSICA E AMBIENTAL DA FÁBRICA

A supervisão física e ambiental da fábrica refere-se à segurança das instalações físicas e dos processos sendo realizados através dos sensores espalhados pelo chão de fábrica. Esses sensores, em geral, são relacionados a variáveis tais como fornecimento de energia, pressão, temperatura, etc [CASC91].

CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade refere-se a todos os testes de itens e produtos para garantir que eles estejam de acordo com as especificações definidas. Estes testes geralmente são feitos durante o ciclo de produção e devem ser ágeis o suficiente para reduzir ao máximo as perdas, repetição de trabalhos e custos adicionais com reciclagens [CASC91].

MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

A manutenção de equipamentos pode ser dividida nas partes de rotina, onde são tomadas precauções para evitar que os equipamentos se danifiquem, e na parte emergencial, onde são feitos reparos nos equipamentos avariados. Algumas indústrias têm investido em sistemas especialistas para auxiliar nesse processo a fim de evitar ao máximo que as máquinas sejam avariadas e prejudiquem o andamento normal das linhas de produção [REMBOLD90].

Dentro do contexto apresentado, far-se-á a seguir, no próximo capítulo, uma abordagem sobre algumas tecnologias de integração e sistemas de informação envolvidos nas fábricas.

CAPÍTULO 3

A INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA POR COMPUTADOR

As profundas transformações econômicas e sociais ocorridas nos últimos tempos provocaram uma mudança significativa no mercado de consumo, tornando-o inconstante e bem mais exigente do que em outras épocas.

Devido à necessidade de adaptação a essas inovações, surgiram então diversas tecnologias baseadas em computadores que visam fundamentalmente tornar as indústrias de manufatura mais produtivas e com melhor capacidade para competição no mercado.

Historicamente os computadores foram introduzidos na manufatura para auxiliar no controle de inventário [DAIGLE88]. Com o tempo surgiram outras aplicações tais como CAD (“Computer Aided Design”), CAPP (“Computer Aided Process Planning”), robôs e outras tecnologias que, por terem sido aplicadas setorialmente sem um plano global de ação, acabaram por formar **ilhas de automação** com reduzido grau de integração entre si.

Uma das iniciativas recentes de melhoria no processo de otimização das indústrias foi a Integração da Manufatura por Computador (CIM - “Computer Integrated Manufacturing”) [DAIGLE88, KUSIAK88]. Essa iniciativa é, na realidade, uma filosofia de integração das informações com auxílio do computador em todos os níveis da indústria de manufatura, considerando desde a fase de projeto do produto até a sua comercialização propriamente dita.

O conceito CIM aplicado às indústrias torna-as mais ágeis e flexíveis no processo de produção, garantindo ganhos consideráveis tais como melhora da qualidade dos produtos, melhora da produtividade dos trabalhos e dos equipamentos, diminuição nos custos dos produtos, aumento dos lucros, fornecimento de produtos mais variados ao mercado, etc.

Devido à importância do CIM, existem diversas iniciativas de pesquisa e projetos para sua aplicação, dentre elas o projeto ESPRIT CIM-OSA (“Open System Architecture - Computer Integrated Manufacturing”) [ESPRIT’85], que conta com a participação de várias empresas e instituições de pesquisa do continente europeu. Nesse projeto é abordado um

modelo de referência em três dimensões que propõe basicamente uma metodologia de implantação do CIM nas indústrias de um modo geral (figura 3.1).

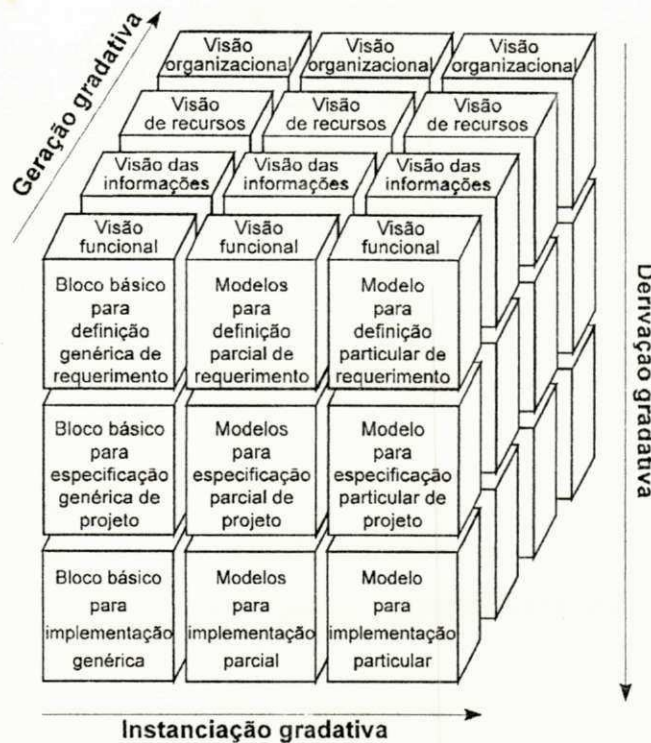


Figura 3.1 Modelo CIM-OSA para definir e derivar modelos CIM [IBM90]

Segundo a figura 3.1, a linha horizontal (dimensão de instanciação) representa os graus de semelhança entre empresas, iniciando desde uma empresa genérica até chegar a uma específica. A linha vertical (dimensão de derivação) apresenta os graus de realização das atividades, desde o nível conceitual até chegar à implementação propriamente dita. A linha de profundidade (dimensão de geração) apresenta quatro visões diferentes que podem ser aplicadas aos modelos e blocos básicos CIM. Maiores detalhes sobre o modelo podem ser encontrados em [ESPRIT'85, IBM90].

O ambiente de implantação do CIM é formado basicamente pelas tecnologias de informação disponíveis e os sistemas de manufatura, os quais estão melhor descritos nas seções que se seguem.

3.1 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO ÚTEIS AO CIM

Conforme mencionado anteriormente, a evolução das tecnologias de informação trouxe ganhos enormes para a indústria de manufatura moderna.

O objetivo dessa seção é comentar algumas das tecnologias de uso mais comum no ambiente fabril. Devido ao largo espectro de opções tecnológicas e à complexidade inerente a cada uma delas, optou-se por abordar os conceitos considerados mais importantes através de uma descrição sumária. Maiores detalhes sobre tais tecnologias podem ser encontradas nas respectivas referências mencionadas a seguir.

PLANEJAMENTO DE REQUISIÇÕES DE MATERIAL - MRP

O Planejamento de Requisições de Material (MRP - “Material Requirement Planning”) [WAKIL90] é um conjunto de técnicas utilizadas para garantir que os materiais utilizados na produção estejam disponíveis adequadamente e no momento em que são necessários. Dessa forma, faz-se controles sobre a quantidade dos materiais disponíveis em estoque e sobre a necessidade de aquisições eventuais. Normalmente, os sistemas que se encarregam dessas atividades fazem recuperação de dados sobre as quantidades de materiais utilizadas na confecção do produto, sobre as quantidades disponíveis em estoque, além de dados sobre os planos de escala de produção previstos.

O controle de recursos pode ser visto de forma mais global através de uma técnica chamada MRP II (“Manufacturing Resource Planning”) que conceitualmente é igual ao MRP. O MRP II considera uma capacidade finita de fabricação, é mais abrangente e permite o controle sobre recursos tais como pessoas, instalações, materiais brutos, elaborados, em fase de trabalho, etc.

TROCA ELETRÔNICA DE INFORMAÇÕES - EDI

Uma prática normal nas indústrias de manufatura tem sido a conexão direta dos computadores da fábrica com os computadores dos fornecedores e clientes para facilitar os pedidos de compra e venda, permitindo assim uma maior agilidade nos planejamentos de produção. A técnica de Troca Eletrônica de Informações (EDI - “Electronic Data Interchange”) [HENDERSON92] propõe procedimentos padronizados e protocolos de modo que possa haver interação com essas entidades externas sem os problemas de interoperabilidade, comuns no campo da comunicação entre sistemas heterogêneos.

PROJETO ASSISTIDO POR COMPUTADOR - CAD

O Projeto Assistido por Computador (CAD - “Computer Aided Design”) [HEIZER91] é um sistema de informação que usa a capacidade gráfica de computadores para projetar desenhos geométricos de produtos, assim como a simulação do projeto em funcionamento,

geralmente podendo ser visto em três dimensões. Essa metodologia é usada em departamentos ou setores responsáveis pela engenharia dos produtos ou de componentes desses produtos.

TECNOLOGIA DE GRUPO - GT

A Tecnologia de Grupo (GT - "Group Technology") [WAKIL90] é uma filosofia de manufatura que envolve a identificação e o agrupamento de produtos em famílias de acordo com as similaridades de seus atributos, em geral com auxílio de softwares específicos para esse fim.

A identificação das famílias por sua vez, é feita por meio de algum sistema de codificação cujo poder semântico seja suficiente para representar os agrupamentos definidos. O agrupamento em famílias visa facilitar as tarefas de projeto dos produtos ou mesmo os mecanismos de manufatura relacionados a eles. Dessa forma pode-se ter benefícios tais como a padronização de ferramentas a serem utilizadas, padronização das instruções para as máquinas, manuseio mais eficiente de materiais, facilidades de escalonamento das atividades de produção, redução dos tempos gastos na confecção dos produtos, maior agilidade no planejamento dos processos, etc.

PLANEJAMENTO DE PROCESSOS ASSISTIDO POR COMPUTADOR - CAPP

O planejamento de processos conforme mencionado na seção 2.1.2, é definido como uma determinação sistemática de métodos pelos quais o produto pode ser manufaturado de forma produtiva. O Planejamento de Processos Assistido por Computador (CAPP - "Computer Aided Process Planning") [KUSIAK88] é um sistema de software que viabiliza um planejamento dos processos mais eficiente para os produtos, em geral fazendo uso dos conceitos inerentes à filosofia GT.

Com o uso desse sistema pode-se perceber alguns benefícios tais como aumento da produtividade, diminuição dos custos dos produtos, planos de processos consistentes, redução no tempo requerido para desenvolver um plano de processo, respostas rápidas às mudanças nos parâmetros da produção, menor esforço para os cálculos necessários ao processo, etc.

Segundo [WAKIL90], é possível classificar os sistemas CAPP de acordo com as abordagens variante e generativa. Na abordagem variante, a estratégia é armazenar em uma base de dados todos os produtos classificados em famílias (segundo a filosofia GT)

juntamente com os planos de processos referentes a cada componente dos produtos. Quando surge um novo produto, este é relacionado a uma das famílias existentes e o plano de processos dos componentes dos produtos dessa família são alterados para suportar o novo produto.

Na abordagem generativa não existem planos de processos armazenados no banco de dados, mas sim informações sobre os componentes, máquinas, ferramentas e algumas regras essenciais para o planejamento de processos na fábrica. Usando essas informações o CAPP generativo é capaz de criar automaticamente os planos de processos e sequências de operações otimizadas para os produtos a serem fabricados. Nessa abordagem o CAPP normalmente utiliza-se de recursos dos sistemas especialistas e, em geral, exige grande participação do operador humano devido à complexidade inerente a essa atividade.

MANUFATURA ASSISTIDA POR COMPUTADOR - CAM

Na realidade a Manufatura Assistida por Computador (CAM - "Computer Aided Manufacturing") [KUSIAK88] não é um sistema de informação e sim uma coleção de sistemas que trabalham em conjunto e são referentes a atividades tais como o trabalho de máquinas (CNC's, robôs, CP's, etc), a programação de sistemas de manuseio de materiais, escalas de produção, requisição de materiais e todos os sistemas da fábrica que são relacionados à confecção dos produtos propriamente dita.

Em geral o CAM trabalha com os dados recuperados dos sistemas CAD e CAPP, produzindo a preparação das máquinas programáveis do chão de fábrica e dos sistemas de manuseio de materiais.

CONTROLE DE QUALIDADE ASSISTIDO POR COMPUTADOR - CAQC

O Controle de Qualidade Assistido por Computador (CAQC - "Computer Aided Quality Control") [KUSIAK88] é uma tecnologia usada no chão de fábrica que permite máquinas programáveis tais como robôs e outros dispositivos inteligentes executarem as funções de controle de qualidade dos produtos manufaturados, com participação reduzida de operadores humanos.

ARMAZENAMENTO E RECUPERAÇÃO AUTOMATIZADO - AS/R

O Armazenamento e Recuperação Automatizado (AS/R - "Automated Storage and Retrieval") [KUSIAK88] é um sistema automatizado de alta precisão que permite o

manuseio de materiais com alta velocidade. Os AS/R's em geral são compostos por estações de depósito, compartimentos para armazenamento, coletores de entrada e saída e equipamentos de manipulação tais como guindastes, esteiras, etc.

SISTEMAS DE MANUFATURA FLEXÍVEL - FMS'S

Os Sistemas de Manufatura Flexível (FMS's - "Flexible Manufacturing Systems") [WAKIL90] são definidos como sistemas de produção automatizados, utilizados na fabricação de famílias de peças em produções de médio e baixo volumes.

Nesses sistemas, todas as atividades tais como corte de metais, monitoração de desgaste de ferramentas, inspeções, etc são controladas em tempo real. Para tanto, os FMS's podem ser vistos como um complexo de integração entre estações de trabalho ou centros de usinagem, sistemas automatizados para manuseio de materiais e sistemas de controle, conforme ilustra a figura 3.2 abaixo:



Figura 3.2 Elementos básicos de um Sistema de Manufatura Flexível

As estações de trabalho são utilizadas para executar determinadas operações do roteiro de trabalho e geralmente são centros de usinagem para transformação de metais. Os sistemas de manuseio e/ou transporte de materiais são encarregados de fazer a movimentação de peças assim como o transporte/estocagem de ferramentas e dispositivos de fixação em depósitos de ferramentas ou em armazéns automatizados. Os sistemas de controle são sistemas específicos para a monitoração dos processos ativos dentro do FMS.

CÉLULAS DE MANUFATURA FLEXÍVEL - FMC'S

As Células de Manufatura Flexível (FMC's - "Flexible Manufacturing Cells") [WAKIL90] são um tipo de FMS mais simplificado compostos em geral por dois centros de usinagem

ou máquinas especiais, os quais são ligados entre si e com seus armazéns de ferramentas através de um robô industrial. As FMC's possuem uma flexibilidade razoável produzindo ganhos de produtividade consideráveis em relação ao trabalho de máquinas isoladas. Elas são aplicáveis quando o volume de produção não justifica a aquisição de um FMS completo.

3.2 SISTEMAS DE MANUFATURA

Os sistemas de manufatura podem ser vistos como um tipo especial de sistema distribuído¹ cuja estrutura de controle segue o modelo organizacional hierárquico, comum nas indústrias de manufatura [TRIPATHI88].

Do ponto de vista de integração, nos sistemas de manufatura é possível perceber basicamente os seguintes tipos de interação [KUSIAK88]:

- Interação entre tecnologias de informação - São as interações necessárias entre os sistemas CAD, CAPP, CAQC, etc que atualmente trabalham isolados e, por isso, formam as ilhas de automação comuns no ambiente da manufatura.
- Interação entre células de manufatura - Essa interação é usualmente coordenada pelos controladores de seção (a serem vistos na seção 3.2.1), que determinam fatores tais como o caminho a ser seguido para a comunicação, assim como o sincronismo das mensagens e o tipo de informação que deve fluir entre as células.
- Interação entre equipamentos dentro de uma célula - É normalmente viabilizada por intermédio dos controladores de célula (seção 3.2.1) no chão de fábrica, apesar de existirem pesquisas que tem avançado no sentido de permitir que haja interconexão direta entre eles.

¹ Sistemas Distribuídos podem ser comparados às redes de computadores. As redes são sistemas que permitem ao usuário a facilidade de interconexão de equipamentos, sendo possível, por isso, executar processos remotamente, só que de forma explícita. Sistemas distribuídos são um tipo especial de rede onde os recursos estão muito coesos e disponíveis de tal forma que o usuário tem a visão de que todas as máquinas são uma só e totalmente disponível a ele. Dessa forma o sistema garante a execução dos processos na máquina que for mais adequada e de forma transparente para o usuário [TANENBAUM89].

Para compreender melhor essas interações, as seções abaixo comentam sobre o modelo funcional hierárquico utilizado na manufatura e os requisitos de bancos de dados e de redes de computadores necessários ao CIM.

3.2.1 MODELO FUNCIONAL HIERÁRQUICO PARA A MANUFATURA

O CIM requer uma modelo funcional cuja estrutura seja hierárquica para suportar todas as atividades de produção mencionadas no Capítulo 2.

Existem divergências de opinião quanto ao número de níveis do modelo hierárquico proposto [CASC91, DAIGLE88, GUFFIN88, KUSIAK88, REMBOLD90, WAKIL90], porém uma característica comum entre eles é que as informações devam trafegar nos dois sentidos, permitindo que haja um fluxo lógico e controlado dos dados. Sendo assim, dados provenientes dos níveis mais baixos referentes a monitoração dos processos, informações de “status” da produção, indicadores de excessão e outros dados operacionais são passados para os níveis superiores, onde cada nível processa apenas as informações que lhe diz respeito. Da mesma forma, as informações dos níveis superiores fluem para os níveis mais baixos sob a forma de comandos, configurações, escalonamentos, etc [DAIGLE88].

Quanto ao número de níveis do modelo hierárquico e as qualificações dos mesmos, é possível mencionar os seguintes (figura 3.3):

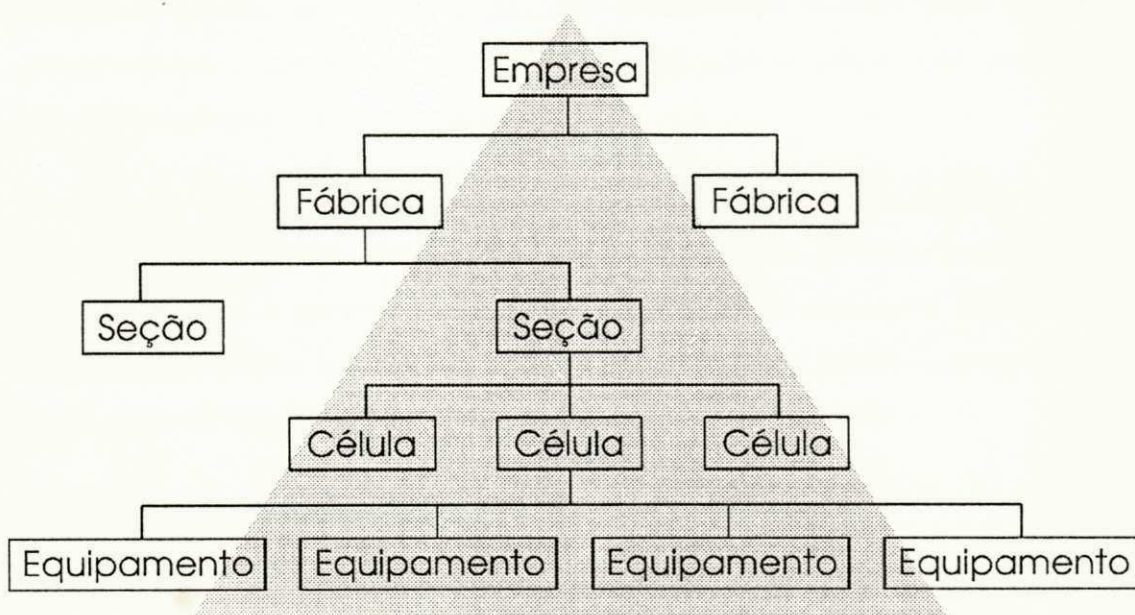


Figura 3.3 Níveis funcionais hierárquicos na manufatura

EMPRESA

Este é considerado o mais alto nível funcional da corporação, onde são traçadas metas de longo prazo que influenciam a empresa como um todo. É nesse nível que ocorrem as decisões gerenciais de alto nível, relacionadas às atividades de finanças, marketing, vendas e as pesquisas nas áreas de engenharia do produto e do processo (vide seções 2.1.1 e 2.1.2).

FÁBRICA

Além das responsabilidades gerenciais e administrativas referentes às instalações locais, o nível de fábrica é responsável pela implementação das funções definidas no nível da empresa. Portanto, as atividades de engenharia do produto e do processo são viabilizadas e executadas a partir deste nível. As estratégias de ação para as atividades de planejamento e gerência da produção vistas no Capítulo 2 também são decididas neste nível.

SEÇÃO

Os trabalhos dentro de uma fábrica podem ser divididos em seções para permitir um controle mais apurado. As atividades no nível de seção são na realidade a operacionalização das decisões sobre planejamento e gerência da produção. Portanto, neste nível são definidas as composições de máquinas e pessoal para as células de manufatura, as rotas de trabalho, os recursos de inventário necessários e os mecanismos de transporte a serem utilizados, com base, por exemplo, na utilização de informações provenientes do uso de Tecnologias de Grupo (vide seção 3.1).

Do ponto de vista de controle, o nível de seção pode conter controladores de seção que, na realidade, são computadores com processos específicos para gerenciar as células que estão sob seu domínio e permitir a comunicação entre seções adjacentes (figura 3.3). Esses controladores podem também ser vistos como filtros para as informações que circulam entre os níveis inferiores e superiores do modelo.

CÉLULA

As células de manufatura são o conjunto mínimo de recursos de máquinas e pessoal necessários para realizar cada uma das tarefas definidas no nível de seção, com base nas similaridades de produção dos componentes.

Este nível contém os sistemas de controle para as atividades específicas das células, incluindo as funções de transporte de materiais e ferramentas. Para isso, as células possuem os chamados controladores de célula que também são computadores voltados para atuar diretamente na monitoração dos dispositivos do nível de equipamento, e permitir tarefas tais como coleta de dados, coordenação das ações e movimentos dos equipamentos, dentre outras.

Estes controladores podem também ser vistos como filtros de informações entre os níveis inferior e superior. Para os níveis superiores são passadas informações sobre a produção através da coleta de dados e para os níveis inferiores são passados comandos e ordens de execução.

EQUIPAMENTO

Este é considerado o nível mais baixo de controle no modelo hierárquico, formado por equipamentos programáveis tais como CP's, CNC's, robôs, sensores, atuadores, etc. Os equipamentos, em geral, se comunicam por intermédio dos controladores de célula.

3.2.2 REQUISITOS DE BANCOS DE DADOS

Além do suporte de comunicação inerente aos sistemas distribuídos, o CIM necessita de recursos para compartilhamento e formatação de dados entre os sistemas de informação existentes. Como exemplo pode-se citar as operações CAD/CAM que trocam informações em formatos de dados diferenciados (representações gráficas).

Segundo [REMBOLD90], uma base de dados bem estruturada é um dos requisitos indispensáveis para permitir a integração desejada na filosofia CIM. Por sua vez, estes dados podem ser classificados da seguinte maneira [WAKIL90]:

- Dados sobre os negócios da empresa - são informações de caráter gerencial relacionadas às áreas de marketing, finanças, etc.
- Dados sobre a operação e controle da produção - envolvem dados sobre escalas de trabalho, tamanho dos lotes, rotas de trabalho, etc.
- Dados sobre o produto - envolvem os atributos e a geometria dos objetos a serem manufaturados.

- Dados sobre a manufatura - informações sobre os procedimentos para a manufatura dos objetos.

Numa arquitetura típica de sistemas de manufatura, segundo a abordagem CIM, os dados podem ser armazenados de forma distribuída, onde as informações comuns são colocadas em uma base de dados central e as informações específicas para os diversos sistemas são colocados em uma base de dados local, conforme ilustrado na figura 3.4 [WAKIL90].

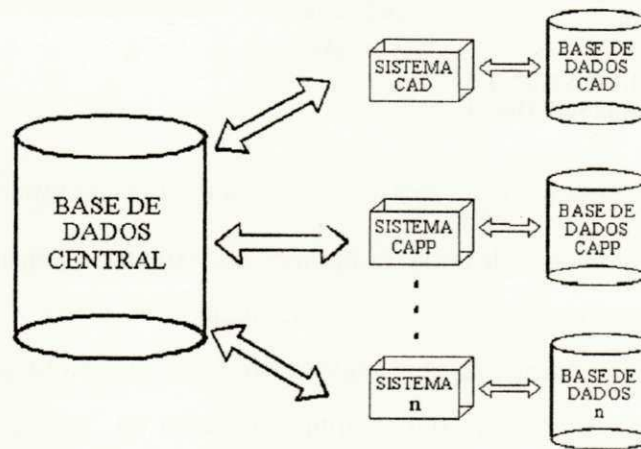


Figura 3.4 Uma visão de estruturação de bases de dados para sistemas de manufatura dentro do conceito CIM.

Nesse contexto, os sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD's) surgem como agentes integradores importantes na corporação por permitir o compartilhamento organizado dos dados e a conversão de formatos entre os diversos sistemas de informação envolvidos. Maiores detalhes sobre recursos de bancos de dados na manufatura podem ser encontrados em [REMBOLD90] e [WAKIL90].

3.2.3 REQUISITOS DE REDES INDUSTRIAIS

Uma das questões essenciais para o CIM, é a aplicação das tecnologias de informação disponíveis (CAD, CAPP, ...) nos diferentes níveis do modelo hierárquico apresentado objetivando uma integração completa.

As redes de computadores, vistas neste contexto, são blocos básicos importantes para suportar essa integração, apresentando alternativas tecnológicas aplicáveis aos diferentes níveis funcionais do modelo (figura 3.5) [MARTINS90].

No exemplo acima, os diversos segmentos interconectados formam uma estrutura de rede hierárquica. Nesse caso, as pontes e roteadores são responsáveis pela interconexão das sub-redes internas da fábrica, enquanto os “gateways” permitem a ligação com entidades externas tais como fornecedores, clientes e até mesmo outras fábricas da empresa, via a utilização de serviços públicos de comunicação de dados.

Os segmentos separados justificam-se também pelo fato de existirem diferentes necessidades de informação e controle em cada um dos níveis dos sistemas de manufatura. Nos níveis de equipamento e célula por exemplo ocorrem muitas interferências ambientais eletromagnéticas. Nestes níveis a comunicação em geral é feita através de mensagens curtas e frequentes e com restrições de tempo para transferência dos dados. Já nos níveis de empresa e fábrica os requisitos de tempo real são menos críticos e a comunicação normalmente refere-se à transferência de arquivos com grandes volumes de dados formando um tráfego de dados esporádico, porém intenso [DAIGLE88]. Além desses, outros requisitos essenciais a serem preenchidos podem ser citados tais como conectividade, flexibilidade e desempenho da rede, gerência de redes, serviços de nomes, serviços de diretórios, aspectos de segurança, tolerância a falhas, controle sobre estruturas de tempo global, mecanismos de controle de erros, esquemas de priorização de tráfego de mensagens, problemas de formatação de dados, etc.

Conforme foi mencionado, existem alternativas tecnológicas que visam resolver cada um desses pontos. Porém, a estratégia de escolha de uma tecnologia de rede industrial pode ser orientada para, tipicamente, três tipos de soluções [MARTINS90]:

- Soluções abertas - baseadas em padrões internacionais de filosofia aberta.
- Soluções proprietárias - baseadas em produtos não necessariamente padronizados e atrelados a fornecedores (fechados).
- Soluções pragmáticas - são soluções “interim” utilizadas nos casos onde não existe uma sedimentação adequada para o padrão internacional.

As soluções abertas são aquelas que melhor viabilizam a incorporação das novas tecnologias. Dentre elas pode-se mencionar os projetos MAP (“Manufacturing Automation Protocols”) [GM87] e TOP (“Technical Office Protocols”) [BOEING87], as tecnologias de

barramentos de campo [PLEINEVAUX88] e o padrão FDDI (“Fiber Distributed Data Interface”) [COLL88].

No próximo capítulo far-se-á uma abordagem sobre o MMS (“Manufacturing Message Specification”) [EIA87], um protocolo de filosofia aberta, parte do projeto MAP e que se tornou importante para a manufatura por permitir a transferência de mensagens entre equipamentos de tipos diferentes no chão de fábrica.

CAPÍTULO 4

MMS - UM SUPORTE DE REDES PARA A MANUFATURA

É sabido atualmente que as redes industriais são um recurso essencial na automação da manufatura por permitir o controle e a monitoração remota de equipamentos. Dessa forma diminui-se a intervenção do operador em atividades básicas tais como reprogramar máquinas, reportar problemas, controlar processos localmente, etc.

Por outro lado, sabe-se também que uma das grandes realidades do chão de fábrica é o problema de interoperabilidade entre os diversos equipamentos disponíveis, geralmente fornecidos por fabricantes distintos. Esse fato ocorre devido às facilidades diferenciadas de comunicação providas por cada um deles, dificultando com isso o controle remoto.

Uma das iniciativas importantes que ajudaram a resolver os problemas de integração no chão de fábrica, foi o surgimento do MMS (“Manufacturing Message Specification”) [EIA87], um protocolo de comunicação específico para a manufatura que provê um serviço eficiente para troca de mensagens entre equipamentos tais como CLP’s, CNC’s, robôs, controladores de célula, entre outros.

Dessa forma, os softwares de gerência podem controlar e monitorar equipamentos diferenciados de maneira uniforme, de acordo com o esquema apresentado na figura 4.1:

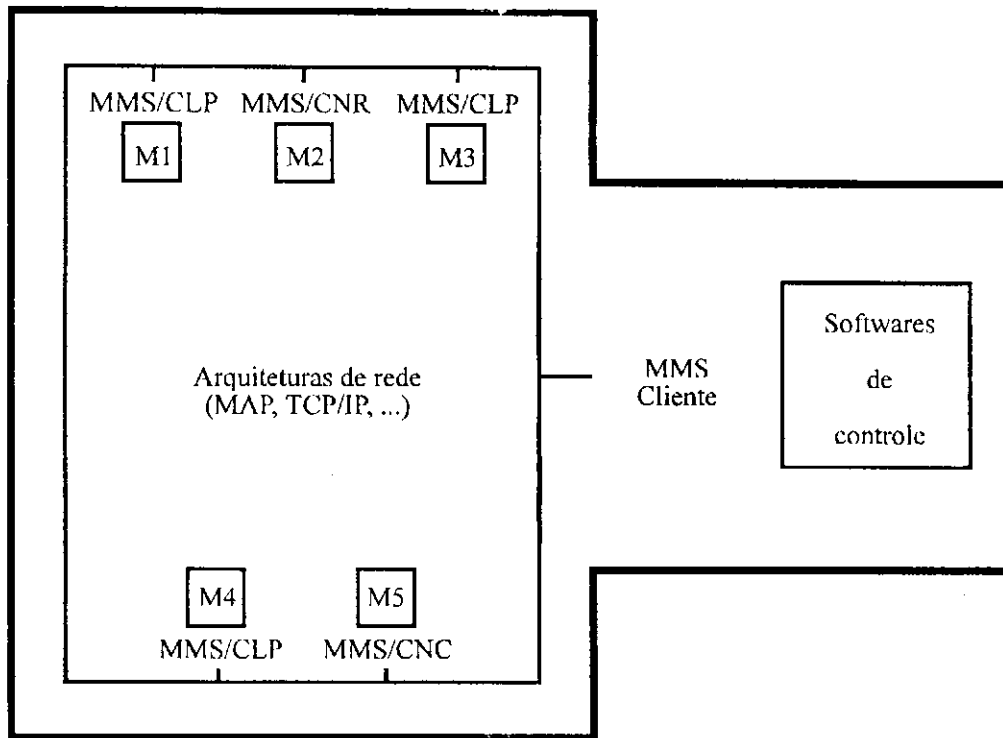


Figura 4.1 Visão de equipamentos no chão de fábrica comunicando-se entre si e com os equipamentos de controle através dos recursos do MMS

O MMS na realidade surgiu como uma evolução do MMFS/EIA (“Manufacturing Message Format Specification of Electronics Industries Association”), e hoje é assumido como um dos pilares básicos para a comunicação no chão de fábrica. A popularidade maior do MMS deveu-se também ao fato dele ter sido recomendado em diversas arquiteturas de rede, dentre elas a arquitetura de sistemas abertos MAP (“Manufacturing Automation Protocols”) [GM87], definida pela General Motors (GM) e cuja concepção é conforme ao modelo OSI/ISO [ISO84].

As seções que se seguem abordam as características do MMS com mais detalhes.

4.1 DEFINIÇÃO DO MMS

Conforme foi mencionado, o MMS é definido como um protocolo (conjunto de regras que regem a comunicação entre nodos através de suas entidades pares¹) para transferência de mensagens entre equipamentos programáveis. Para tanto, os serviços MMS (vide seção

¹ As entidades pares podem ser vistas como instâncias do protocolo, na forma de processos, cuja execução ocorre nos nodos comunicantes.

4.2) foram definidos de forma genérica e baseados em um VMD (“Virtual Manufacturing Device”) [MENDES89] segundo um modelo cliente/ servidor [BRILL91].

Os conceitos sobre VMD, a visão do modelo cliente/servidor dentro do contexto MMS e os aspectos de implementação desse protocolo nos equipamentos reais estão descritos nas subseções a seguir.

4.1.1 VMD - DISPOSITIVO VIRTUAL DE MANUFATURA

O VMD utilizado pelo MMS é, na realidade, um modelo abstrato que representa o comportamento dos diferentes tipos de dispositivos reais do chão de fábrica. Por ser baseado nesse modelo, os serviços MMS puderam ser definidos de forma genérica, e as preocupações se detiveram apenas com relação à sintaxe e à semântica dos serviços oferecidos. O mapeamento desses serviços nas funções do equipamento real e outros detalhes de implementação ficaram por conta dos chamados Padrões Associados [MENDES89] que serão mencionados mais adiante (seção 4.1.3).

Para permitir a funcionalidade desejada, o VMD foi definido como sendo composto por uma função executiva, um ou mais domínios, zero ou mais estações de operador e um sistema de arquivos virtual (opcional), conforme é ilustrado na figura 4.2:

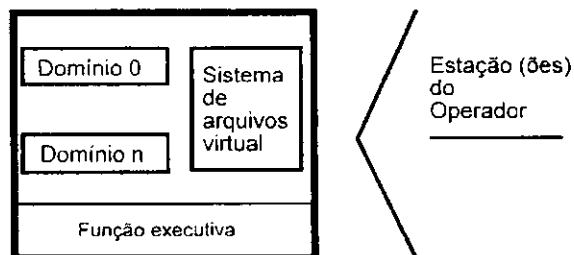


Figura 4.2 Visão do modelo VMD utilizado na definição do MMS

A função executiva representa a interface de acesso ao servidor MMS e é relacionada aos recursos ou capacidades do VMD tais como memória, processadores, portas de I/O, etc. Os domínios num VMD podem vir em número de um (nesse caso chamado de M_Executive) ou mais e referem-se ao subconjunto dos recursos (capacidades) do VMD que são utilizados para uma finalidade específica. Um exemplo prático de domínios seriam os programas ou processos diferenciados que rodam nos equipamentos. O sistema de arquivos virtual é uma abstração de uma coleção de arquivos nomeados que age como um armazenador de dados e programas. As estações do operador permitem a interação do operador com as funcionalidades do dispositivo real e, devido à sua importância, é

referenciado como um objeto à parte. Maiores detalhes sobre o VMD podem ser vistos em [BRILL91] e [EIA87].

4.1.2 O MODELO CLIENTE/SERVIDOR

Quanto à utilização, o MMS pode ser visto como uma linguagem padrão de comandos que permite programar localmente equipamentos que na realidade estão remotos [BRILL91]. Para dar essa ilusão, o MMS se utiliza do modelo cliente/servidor, no qual o cliente, (normalmente controladores de célula) faz solicitações ao MMS local para ter acesso ao VMD remoto. Este último, por sua vez, é o próprio servidor MMS que em geral está implementado num equipamento programável qualquer, conforme ilustra a figura 4.3 abaixo:

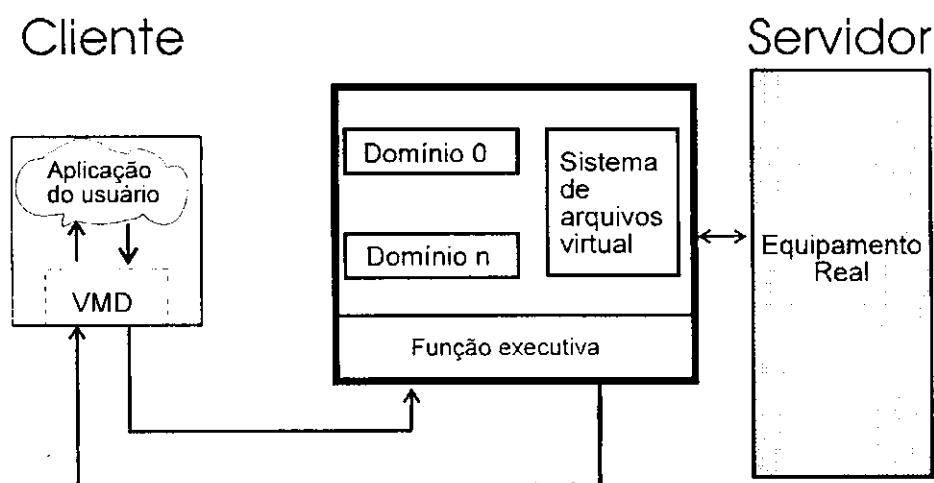


Figura 4.3 Aplicabilidade do VMD dentro do modelo cliente/ servidor

É importante ressaltar que o documento MMS descreve apenas o comportamento do lado servidor. O comportamento do lado cliente é derivado da definição dos serviços MMS e da relação lógica entre as entidades pares.

Na realidade, a programação remota se processa através da interação entre as entidades pares MMS, que por sua vez se encarregam de transferir as solicitações dos usuários, via os recursos de rede disponíveis nos níveis inferiores. Maiores detalhes sobre essas interações serão vistas nas seções 4.2 e 4.3.

4.1.3 PADRÕES ASSOCIADOS (CS'S - "COMPANION STANDARDS")

Conforme já foi visto, os serviços MMS são baseados em um VMD, o que os torna abrangentes porém genéricos. Por esse motivo foi necessário criar documentos especiais

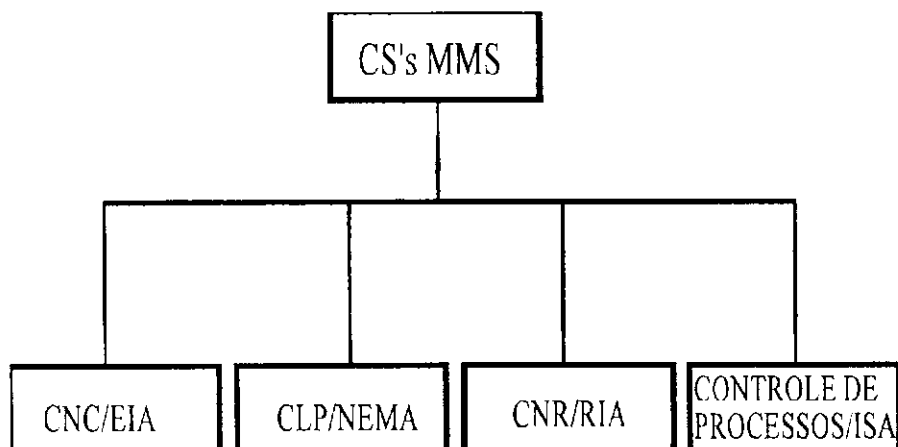
chamados Padrões Associados ou CS's ("Companion Standards") [MENDES89], cujo objetivo principal é adaptar a generalidade do MMS aos dispositivos reais.

Essa adaptação é possível graças à forma como a estrutura do MMS foi definida: uma ampla gama de serviços com diferentes funcionalidades, grande parte deles contendo parâmetros adicionais, permitindo adaptá-los aos vários tipos de necessidades.

Portanto, cada equipamento deve ter suas particularidades tratadas através do CS correspondente que, por sua vez, contém detalhes de implementação tais como:

- definição do mapeamento das funções do dispositivo real em serviços MMS;
- mapeamento dos serviços e primitivas MMS nas funções do dispositivo real;
- especificação dos tipos de serviços MMS a serem suportados pelo dispositivo de acordo com a sua complexidade;
- definição de variáveis, constantes, escopos, tipos de estruturas de dados permitidas e outros detalhes de programação.

Quanto ao nível de abrangência no chão de fábrica, existem CS's definidos para CLP's, CNC's, CNR's e Controle de Processos. A figura 4.4 apresenta esses CS's (alguns deles ainda em estudo) e as respectivas entidades responsáveis:



EIA = "Electronic Industries Association"

NEMA = "National Electrical Manufacturers Association"

RIA = "Robot Industries Association"

ISA = "Instrumental Society of America"

Figura 4.4 Padrões Associados ao MMS

4.2 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

O MMS possui 85 tipos de serviços que são obtidos através de suas primitivas de serviço¹ e cobrem praticamente todas as necessidades de controle e gerência no chão de fábrica.

Quanto à forma de comunicação entre as entidades pares MMS, essas podem ser feitas através de serviços dos tipos confirmado (composto por primitivas tipo *Request*, *Indication*, *Response* e *Confirm*) e não confirmado (composto apenas por primitivas tipo *Request* e *Indication*).

Na comunicação com serviços não confirmados, a entidade iniciadora da comunicação (requisitante) envia ao MMS, uma primitiva tipo *Request*, que chega à entidade destino (respondedora) na forma de uma primitiva tipo *Indication*. Para serviços confirmados, após a ocorrência da sequência descrita, a entidade destino devolve uma primitiva tipo *Response* para o MMS que se encarrega de enviá-la à entidade iniciadora na forma de uma primitiva tipo *Confirm* (figura 4.5).

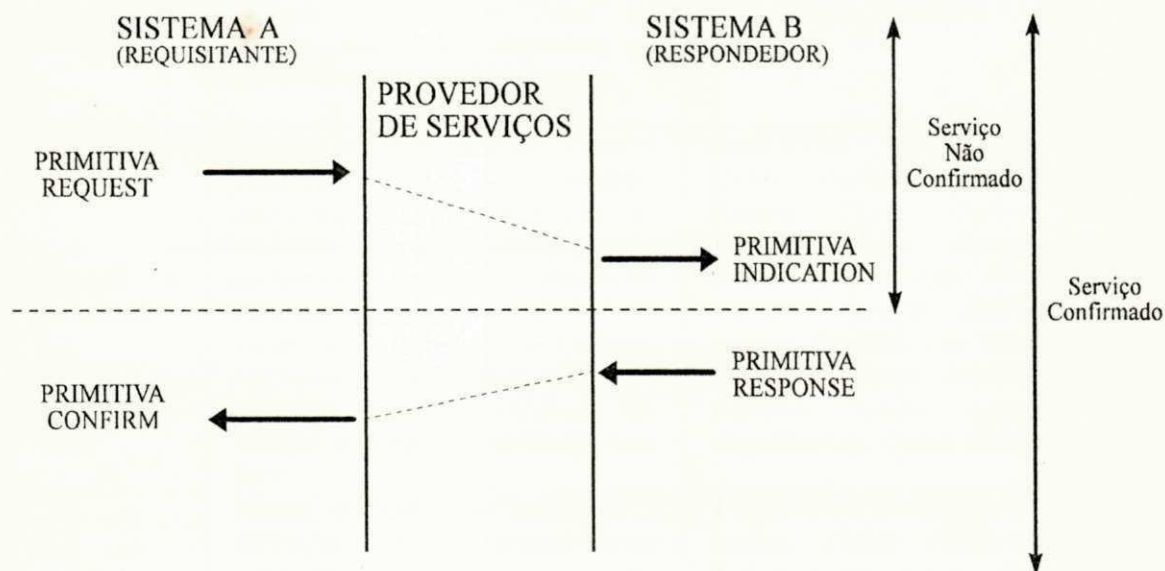


Figura 4.5 Tipos de serviços utilizados na comunicação entre entidades pares MMS

A maioria dos serviços MMS (vide Tabela 4.1) são do tipo confirmado, alguns são do tipo não confirmado (*Abort*, *Information Report* e *Unsolicited Status*) e apenas um serviço (*Reject*) é iniciado pelo MMS, gerando, por isto, apenas primitivas tipo *Indication*.

¹ As primitivas de serviço representam a forma que o protocolo possui de tornar disponível os seus serviços.

Do ponto de vista de funcionalidade, os serviços MMS estão organizados em unidades que se prestam a resolver praticamente todos os requisitos do chão de fábrica. A Tabela 4.1 a seguir apresenta as Unidades Funcionais MMS junto com uma descrição sumária de seus objetivos e serviços associados:

TABELA 4.1 - Unidades Funcionais MMS / serviços associados:

U. F.	Descrição	Serviços
Gerência de Contexto	Essa unidade funcional contém serviços destinados a iniciar/concluir contextos entre usuários, cancelar serviços de notificação, receber erros do protocolo, negociar estabelecimento de conexões, etc.	<i>Initiate, Conclude, Abort, Cancel, Reject</i>
Suporte ao VMD	Essa unidade funcional contém serviços para obter o "status" do VMD, além de identificar e renomear equipamentos remotos.	<i>Status, Unsolicited Status, Get Name List, Identify, Rename</i>
Suporte a Variáveis	Contém serviços para ter acesso à memória do equipamento, permitindo leitura (aquisição de medidas) e escrita (recepção de parâmetros). Permite a recepção de informações, obtém atributos de variáveis, define/suprime variáveis nomeadas, não nomeadas, dispersas, além de listas de variáveis nomeadas e listas de variáveis com tipo.	<i>Read, Write, Information Report, Define Scattered Access Define Named Type, Define Named Variable, Define Named Variable List, Get Named Type Attributes, Get Variable Access Attributes, Get Named Variable List Attributes, Get Scattered Access Attributes, Delete Variable Access, Delete Named Variable List, Delete Named Type</i>
Gerência de Eventos	Possui serviços que permitem a definição, supressão, gerenciamento e recuperação de informações sobre o "status" de um VMD, além de atributos sobre situações de tempo real condicionadas a eventos específicos (locais ou remotos). Permite, além disso, a definição de ações relacionadas a esses eventos	<i>Define Event Condition, Define Event Action, Define Event Enrollment, Delete Event Action, Delete Event Condition, Delete Event Enrollment, Get Event Action Attributes, Get Event Condition Attributes, Get Event Enrollments, Get Alarm Summary, Get Alarm Enrollment Summary, Report Event Action Status, Report Event Condition Status, Report Event Enrollment Status, Alter Event Condition Monitoring, Alter Event Enrollment, Trigger Event, Event Notification, Acknowledge Event Notification, Attach To Event Condition Modifier</i>

TABELA 4.1 - Unidades Funcionais MMS / serviços associados (cont.):

U. F.	Descrição	Serviços
Gerência de Semáforos	Possui serviços que permitem definir, suprimir e recuperar o "status" de semáforos, além de permitir a sincronização, controle e coordenação de recursos comuns entre vários usuários MMS.	<i>Define Semaphore, Delete Semaphore, Report Pool Semaphore Status, Attach To Semaphore Status, Take Control, Report Semaphore Entry Status, Report Semaphore Status, Relinquish Control</i>
Gerência de PI's ("Program Invocations")	Possui serviços destinados à criação, supressão, mudanças de "status" e recuperação de atributos relacionados a PI's específicos.	<i>Create Program Invocation, Delete Program Invocation, Start, Stop, Resume, Reset, Kill, Get Program Invocation Attribute</i>
Comunicação com Operadores	Possui serviços para permitir a comunicação entre terminais alfanuméricos do operador através de operações de entrada e saída (I/O).	<i>Input, Output</i>
Gerência de "Journal"	Possui serviços que permitem registrar eventos de um sistema remoto em um arquivo. Permite leitura, escrita, inicialização e recuperação de informações relativas a "status" sobre os "logs" do sistema.	<i>Read Journal, Write Journal, Initialize Journal, Report Journal Status</i>
Gerência de Domínio	Possui serviços que permitem carregar e descarregar programas e dados nos equipamentos (local ou remotamente).	<i>Initiate Download Sequence, Download Segment, Terminate Download Sequence, Initiate Upload Sequence, Upload Segment, Terminate Upload Sequence, Request Domain Download, Load Domain Content, Store Domain Content, Delete Domain, Get Domain Attribute, Obtain File</i>
Gerência de Arquivos	Possui serviços de uso opcional para gerenciar arquivos remotos (com programas e dados) localizados em equipamentos de controle ou servidores especiais.	<i>File Open, File Read, File Close, File Rename, File Delete, File Directory</i>

4.3 DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO MMS

De acordo com o conceito genérico de protocolos definido pela ISO, o MMS é, na realidade, um conjunto de regras (expressas em termos de procedimentos) que são executadas pelas suas entidades pares e que define a comunicação entre elas [HALSALL88].

Quanto ao comportamento, o MMS pode ser representado pelas suas próprias entidades pares, que são, na realidade, autômatos cujos estados possuem variáveis de controle associadas e se modificam de acordo com a ocorrência de eventos válidos. Esses autômatos, por sua vez, são implementados como processos que possuem portas de acesso (recursos do sistema operacional tais como filas de entrada/saída, “pipes”, etc) por onde chegam os eventos que irão fazê-los evoluir.

A transição de um estado para outro pode ser gerada a partir da ocorrência de eventos externos (tais como chegada de primitivas de serviço provenientes das camadas adjacentes) ou de eventos internos (rotinas de temporização, rotinas de gerência do protocolo, etc).

Como um exemplo típico, pode-se supor a chegada de uma primitiva de serviço tipo *Request* por uma das portas de acesso superiores de uma determinada entidade MMS, chamada iniciadora. Uma vez sendo validada, essa primitiva pode ocasionar uma mudança de estado no autômato dessa entidade, provocando alterações nos valores de variáveis associadas a esses estados e a consequente geração de uma PDU-MMS (“Protocol Data Unit - MMS”), que no caso será enviada para a entidade MMS parceira. Essa última, por sua vez, recebe as informações relativas a essa PDU-MMS (associadas a uma primitiva de serviço, por uma de suas portas de acesso inferiores), procede alterações internas no seu autômato e entrega essas informações ao usuário MMS. Considerando que o serviço em questão é do tipo confirmado, a entidade MMS parceira recebe como resposta do usuário uma primitiva tipo *Response* a qual ocasiona alterações similares às que ocorreram na entidade iniciadora e retorna uma PDU-MMS à entidade iniciadora junto com uma primitiva tipo *Confirm* (figura 4.6).

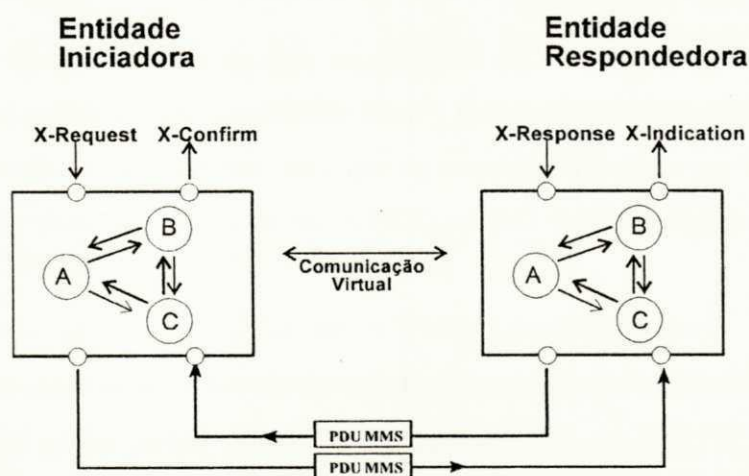


Figura 4.6 Exemplo de entidades pares MMS vistas como autômatos

4.3.1 UNIDADE DE DADOS DO PROTOCOLO - PDU'S

Uma PDU [HALSALL88] é a unidade básica de comunicação entre entidades pares, normalmente geradas pelo protocolo quando da ocorrência de primitivas do tipo *Request* e *Response* por uma de suas portas de acesso superiores.

Quanto à composição, as PDU's são formadas pelas informações de controle do protocolo (utilizadas para que as entidades pares se mantenham sincronizadas) associadas às mensagens do usuário¹.

Segundo ilustra a figura 4.7, a entidade MMS local recebe uma mensagem (normalmente como parâmetro de alguma primitiva de serviço *Request* ou *Response*), encapsula-a com os dados de controle e repassa esse conjunto, agora chamado de PDU-MMS, para a entidade MMS parceira. Essa última, por sua vez, se encarrega de retirar os caracteres de controle para sua própria interpretação e, por fim, repassa a mensagem associada ao destinatário (junto com alguma primitiva tipo *Indication* ou *Confirm*).

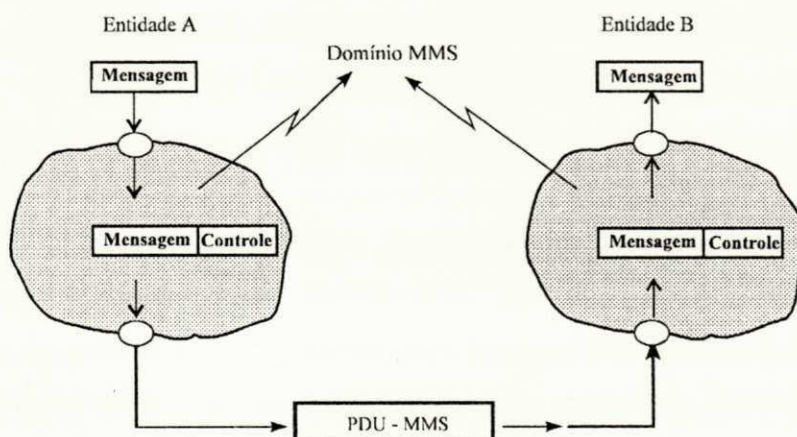


Figura 4.7 Funções básicas de uma entidade de protocolo

Por outro lado, devido ao fato de que na filosofia de sistemas abertos os parâmetros associados a uma primitiva tem significado local², torna-se necessário lançar mão de uma notação reconhecida universalmente, para que as mensagens possam ser interpretadas por diferentes tipos de sistemas. Dessa forma, as PDU's-MMS foram definidas com base numa

¹ Uma PDU pode em alguns casos ser formada apenas pelos dados de controle do protocolo.

² Segundo a definição da ISO [ISO84], nodos comunicantes podem ser heterogêneos no que diz respeito aos seus recursos computacionais, de um modo geral. Portanto, a implementação de um mesmo protocolo pode variar entre máquinas distintas devido a fatores tais como os tipos e representações de dados aceitos por cada equipamento, sistema operacional utilizado, etc.

sintaxe abstrata de dados conhecida como ASN.1 (“Abstract Syntax Notation Number One”) [ISO87], garantindo com isso a comunicação entre nodos heterogêneos. Um exemplo de um serviço MMS descrito em ASN.1 está ilustrado na figura 4.8.

```

Status-Request ::= BOOLEAN -- Derivação estendida
Status-Response ::= SEQUENCE {
  vmdLogicalStatus      [0] IMPLICIT INTEGER {
                        state-changes-allowed      (0),
                        no-state-changes-allowed    (1),
                        limited-services-permitted   (2)
                        },
  vmdPhysicalStatus     [1] IMPLICIT INTEGER {
                        operational                  (0),
                        partially-operational        (1),
                        inoperable                   (2),
                        needs-commissioning          (3)
                        }
  localDetail           [2] IMPLICIT BIT STRING OPTIONAL,
                        -- não deve exceder 128 bits
  companionStandardDetail [3] StatusAdditionalDetail OPTIONAL
}
StatusAdditionalDetail ::= ANY
                        -- livre para ser utilizado pelo padrão associado

```

Figura 4.8 Primitiva de serviço MMS-Status

4.3.2 PROCEDIMENTOS PARA COMUNICAÇÃO ENTRE ENTIDADES PARES

Os procedimentos de serviço para troca de mensagens entre entidades pares MMS consistem de três etapas, que normalmente ocorrem na seguinte sequência: estabelecimento da associação MMS, transmissão de mensagens dentro do contexto MMS e o término da associação MMS. A figura 4.9 a seguir mostra um autômato onde estão representados a interação entre entidades MMS, com estabelecimento de associação entre elas.

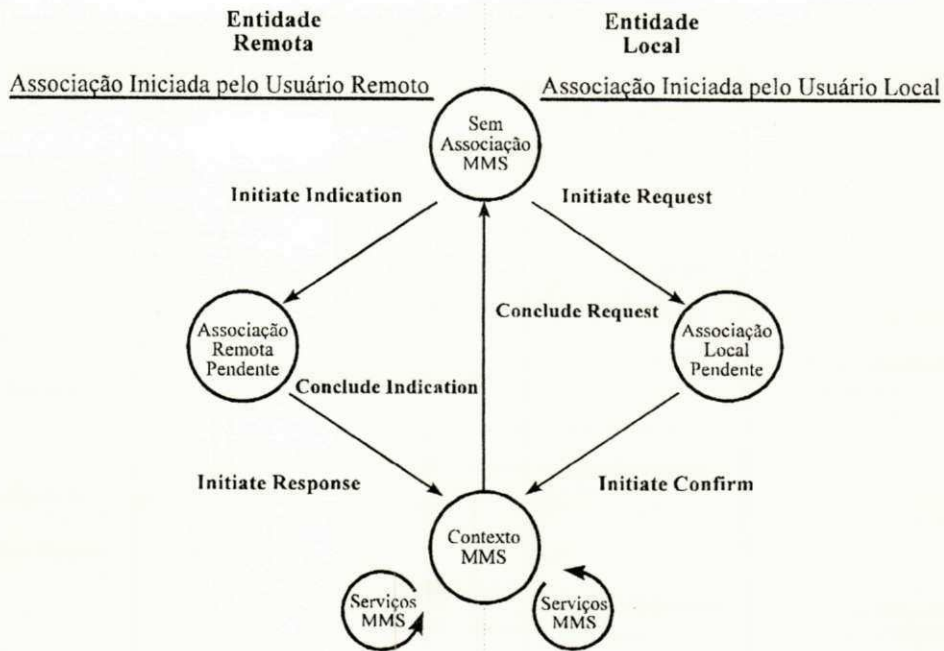


Figura 4.9 Fases de uma comunicação entre entidades pares MMS

O processo de estabelecimento de associação inicia-se com o recebimento de uma primitiva de serviço **INITIATE**. Por intermédio desse serviço é feita uma negociação dos parâmetros (tamanho das mensagens, versões do MMS, número permitido de conexões, etc) que irão configurar a comunicação. Uma vez acordados quanto aos parâmetros da associação, parte-se então para a fase de transferência de dados, onde podem ser ativados quaisquer dos serviços definidos pelo MMS (vide Tabela 4.1). O fechamento da conexão pode ser feito através dos serviços **ABORT** (término anormal iniciado pelo protocolo ou pelo usuário devido a algum problema na comunicação) ou **CONCLUDE** (término normal iniciado pelo próprio usuário).

Como um exemplo, pode-se perceber a sequência de serviços ilustrada na figura 4.10. Nesse caso, o cliente, estabelece conexão com o servidor, lê suas variáveis com o serviço **READ**, modifica-as através do serviço **WRITE** e, finalmente, termina a conexão usando o serviço **CONCLUDE**.

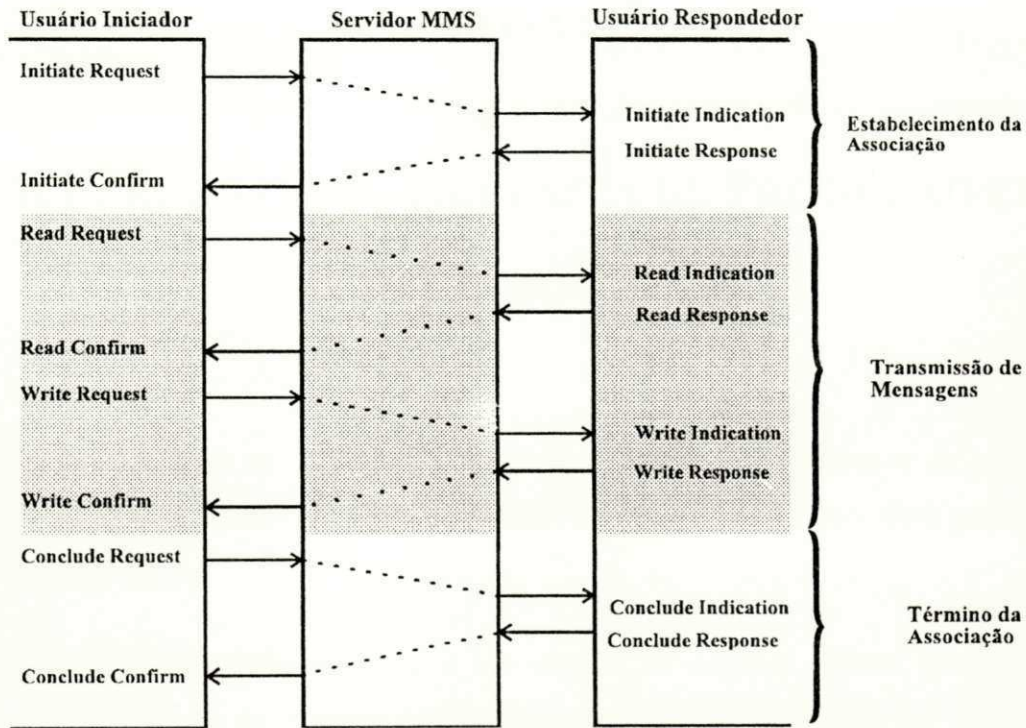


Figura 4.10 Exemplo de uma seqüência de serviços utilizados numa comunicação MMS

Uma vez tendo exposto em linhas gerais os recursos do MMS, o objetivo do próximo capítulo será a explanação de uma proposta que visa utilizá-lo como plataforma básica para melhoria das atividades relacionadas à gerência de produção no chão de fábrica.

CAPÍTULO 5

UMA PROPOSTA DE GERÊNCIA DE PRODUÇÃO EM REDES INDUSTRIAIS

Conforme mencionado na seção 2.1.4, a gerência de produção refere-se às atividades relacionadas com a criação efetiva dos produtos e serviços e, para isso, deve conter duas preocupações básicas:

- ❑ A primeira delas refere-se a um suporte às decisões táticas, estratégicas e operacionais no processo de fabricação como um todo, fazendo uso de modelos, simulações, tabelas e árvores de decisão entre outros métodos e técnicas disponíveis [HEIZER91]. Sob esse ponto de vista há uma necessidade de interação com os demais setores da fábrica, que pode ser feita, por exemplo, através dos recursos de bancos de dados, dentre outras maneiras.
- ❑ A segunda preocupação refere-se à gerência efetiva dos recursos do chão de fábrica, a qual pode ser mais ou menos complexa, dependendo do nível de automação envolvido. Em ambientes simples com baixo grau de automação as mensagens de produção normalmente são enviadas aos terminais de operadores que, por sua vez, atuam diretamente com o maquinário. Por outro lado, nas fábricas semi-automatizadas, onde a quantidade de operários que atuam nos processos é menor, a gerência é agilizada pela monitoração direta de alguns equipamentos. Por fim, em ambientes considerados complexos, onde há pouca intervenção humana, os equipamentos tais como esteiras, robôs, etc, funcionam de forma integrada e podem ser monitorados diretamente por softwares especiais que realizam praticamente todo o controle necessário. Considerando o aspecto técnico, em todos os ambientes mencionados as redes de computadores são essenciais por permitirem uma comunicação eficiente entre os mecanismos de controle e os recursos controlados [CRUZ92a], conforme ilustra a figura 5.1 a seguir:

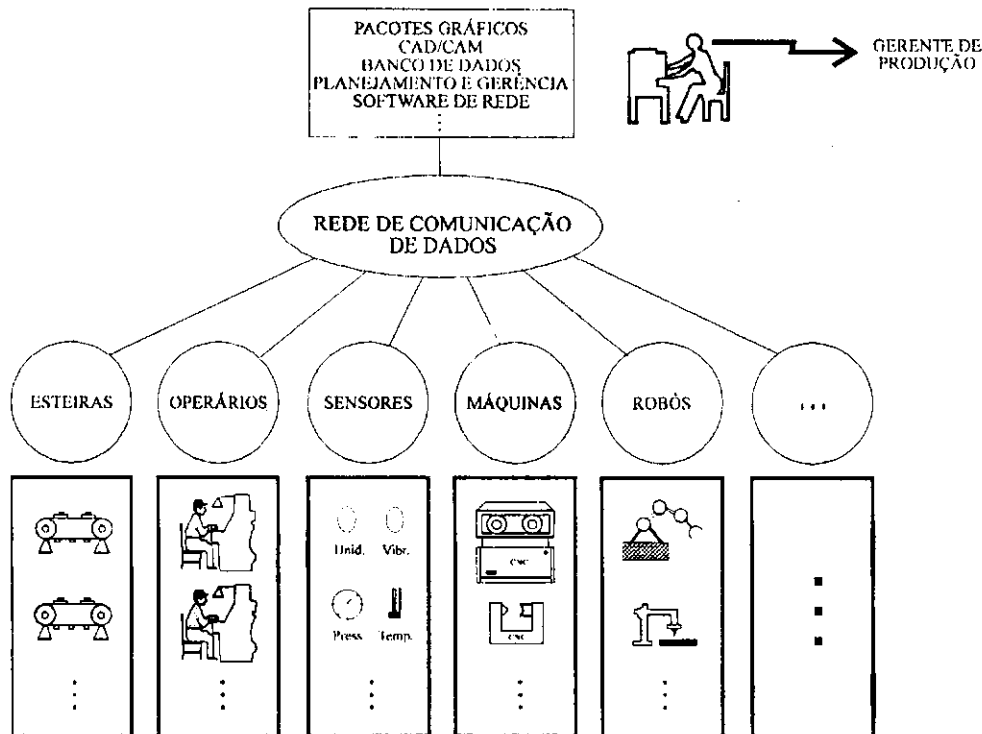


Figura 5.1 - Visão de um chão de fábrica gerenciado com uso de redes de computadores

O objetivo principal desse capítulo é abordar a gerência de produção sob o ponto de vista do uso das redes industriais. As seções que seguem apresentam proposições onde busca-se fundamentalmente melhorar essa utilização independente do nível de automação utilizado.

5.1 API-GP: UMA INTERFACE DE APLICAÇÃO PARA GERÊNCIA DE PRODUÇÃO

Desde o advento dos computadores, as indústrias de manufatura tem buscado um processo de automação cada vez maior, objetivando dessa forma criar uma estrutura que possa atender melhor as necessidades do mercado consumidor. Nessa busca pela automação, as atividades de controle que antes eram executadas com uma participação intensa do gerente de produção na tomada de decisões, passaram a ser feitas por softwares, em geral sistemas especialistas, cuja complexidade e tamanho são proporcionais ao nível de controle que se deseja obter no ambiente. Por sua vez, Browne et al [BROWNE88] demonstram que o aumento da complexidade desses softwares tem se tornando um problema para as indústrias de manufatura e de controle de processos por causa de vários fatores, dentre eles o fato adicional de terem que se preocupar com a semântica de acesso aos recursos de rede disponíveis.

Uma das grandes contribuições para as atividades de controle de equipamentos e processos foi o surgimento do MMS (vide Capítulo 4), um protocolo que tem se firmado como um

suporte padrão de redes industriais no ambiente da manufatura integrada. Conforme já foi mencionado, esse protocolo possui uma gama de serviços voltados para os níveis de célula e equipamento que podem estar disponíveis ao usuário diretamente ou mesmo através de sua interface de aplicação (“Application Programming Interface”) [MENDES89].

Por outro lado, a gerência de produção pode também ser dividida entre os diversos níveis dos modelos hierárquicos de manufatura, vistos na seção 3.2.1. Dessa forma, uma ordem de controle de alto nível, emitida por exemplo nos níveis de fábrica ou seção, pode se transformar em comandos de baixo nível e serem executados por máquinas e operadores, nos níveis de célula e equipamento.

Sob esse ponto de vista o MMS pode prestar seus serviços diretamente em praticamente todos os níveis funcionais dentro da fábrica. Porém nas gerências de mais alto nível, onde os requisitos de controle são menores e as propriedades do MMS são menos exigidas, é possível visualizar uma interface de aplicação específica para gerência de produção (API-GP) [CRUZ92c] que permitiria um serviço mais elaborado de redes para os softwares aplicativos. Nesse contexto, essa interface seria composta por um conjunto de funções implementadas na forma de uma biblioteca, cujo conteúdo semântico viabilizaria um melhor uso do MMS para o acesso aos servidores MMS do ambiente (figura 5.2).

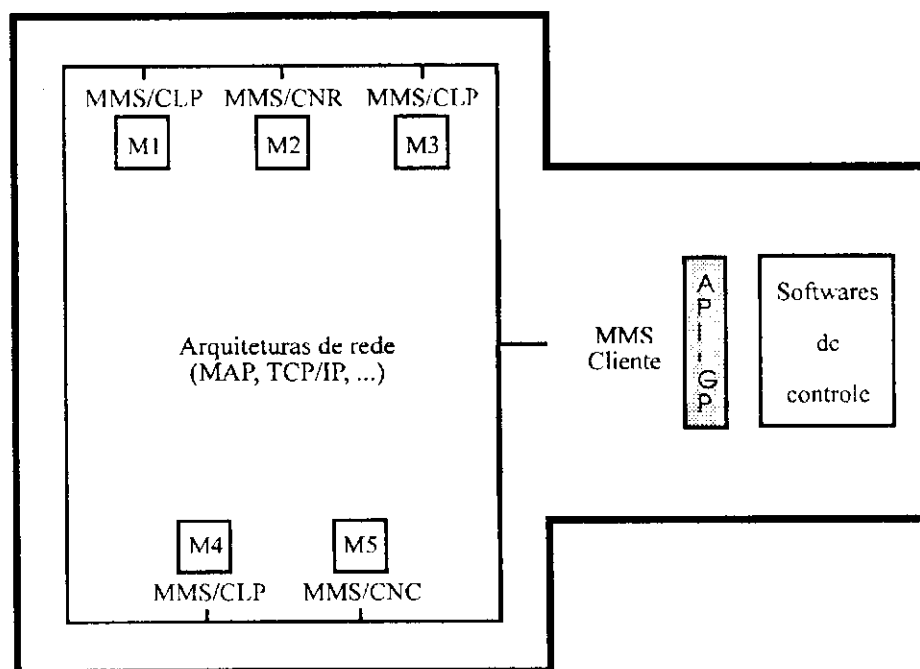


Figura 5.2 Visualização da interface de gerência na monitoração de servidores MMS

Dentre os fatores que motivaram essa proposta, é possível mencionar os seguintes [CRUZ92c]:

- ❑ A generalidade provida pelo MMS deixa uma abertura para que sejam feitas adequações do mesmo às diferentes necessidades do chão de fábrica através de servidores específicos. No caso da gerência de produção essas necessidades podem ser melhor supridas por uma interface de aplicação, ao invés de um Padrão Associado conforme tem sido feito até agora¹.
- ❑ O MMS é implementado segundo o modelo cliente-servidor, onde os clientes em geral são os softwares que controlam servidores à distância com suporte para diferentes arquiteturas de protocolos. Portanto é perfeitamente cabível uma interface que ofereça um nível de abstração maior para uso do protocolo no lado da entidade MMS iniciadora da comunicação.
- ❑ O MMS possui uma interface específica de aplicação, porém, não possui a funcionalidade e a simplicidade desejada pelos aplicativos finais de gerência de produção.
- ❑ Alguns serviços MMS são assíncronos e se prestam à monitoração e coleta de dados de dispositivos programáveis. Na realidade, serviços assíncronos são mais frequentemente utilizados em aplicações de controle de processos para a geração de alarmes, notificação de eventos e outros serviços que dependam de restrições de tempo. No caso da gerência de produção propriamente dita essas necessidades podem ser supridas por solicitações síncronas feitas explicitamente pelo usuário.

Na realidade, a viabilização das funções de gerência por intermédio de uma biblioteca de funções produz ganhos razoáveis e, dentre eles, é possível citar os seguintes:

- ❑ A utilização dessa interface diminui consideravelmente a complexidade dos softwares aplicativos por que as formas de acesso ao protocolo ficam escondidas dentro das funções da interface de modo transparente para o usuário final.
- ❑ A programação de aplicativos dessa natureza com o uso de uma biblioteca fica mais próxima da programação feita com uso dos recursos de linguagens convencionais permitindo, inclusive, abertura para a portabilidade entre diferentes plataformas computacionais.

¹ A proposta desse documento não é seguir os moldes dos Padrões Associados uma vez que não se vislumbra um servidor MMS de gerência de produção. O objetivo básico é propor uma interface de aplicação específica de gerência para o chão de fábrica, o que é conceitualmente mais simples.

- Com a descrição de funções bem definidas e modulares, passa a ser possível a definição de interfaces gráficas que permitam um uso melhorado das redes para a gerência de produção. Uma alternativa possível é a que está descrita na seção 5.2 adiante.

Portanto as atividades de gerência de produção tais como monitoração de processos, controle de inventário e manutenção, dentre outras, passam a ter além dos recursos já existentes de redes e bancos de dados, o auxílio da API-GP como ferramenta para acesso aos diversos sistemas de manufatura integrados do ambiente (figura 5.3).

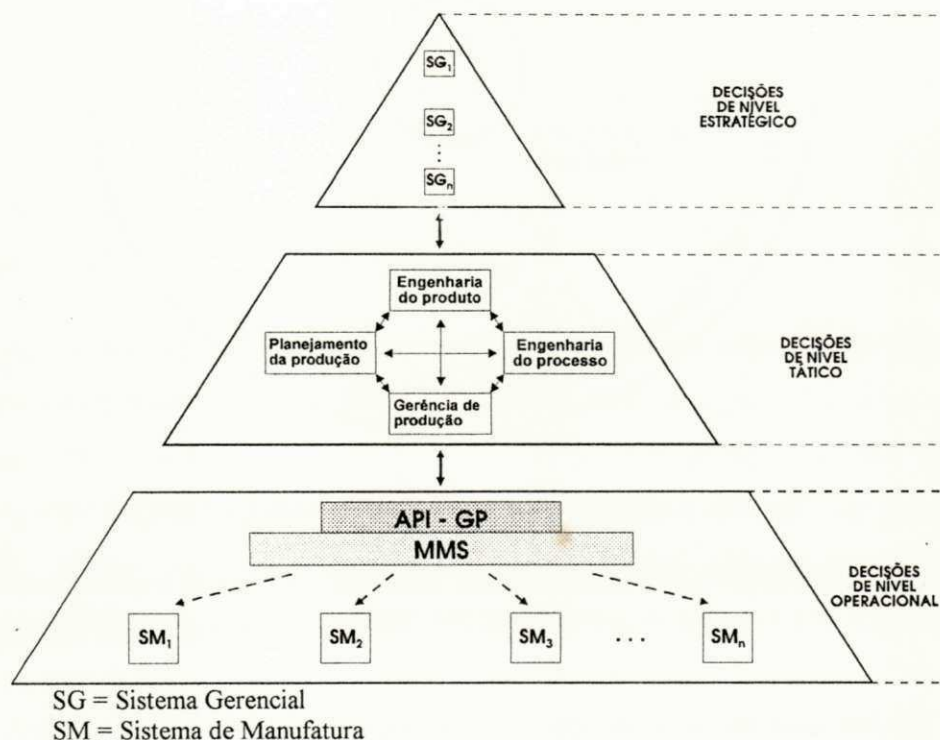


Figura 5.3 A gerência de produção auxiliada com uso da interface API-GP

A seção a seguir descreve a estratégia adotada para a definição das funções da API-GP e os detalhes sobre cada um dos serviços providos pela mesma.

5.1.1 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS API-GP

É sabido que os sistemas de gerência de produção necessitam executar uma quantidade muito grande de tarefas e o número de funções da interface que visa resolver esses problemas pode ser tão grande conforme a funcionalidade e complexidade que se queira dar à mesma. Considerando que o MMS já possui recursos para os requisitos de controle de baixo nível, inclusive com o uso facilitado de sua API, optou-se nesse caso por uma interface de alto nível contendo um número mínimo de funções. Essas funções por sua vez

são abstratas e procuram responder às necessidades de cada uma das atividades de produção mencionadas na seção 2.1.4, tendo como base as proposições observadas em [HEIZER91] e [RAE91] (figura 5.4).



Figura 5.4 Funções definidas para a interface API-GP

Por outro lado, existem alguns pré-requisitos funcionais necessários para que as funções da interface possam ser viabilizadas:

- Assume-se que existem mecanismos de rede de mais baixo nível que possam fazer uso do MMS como suporte às aplicações de controle da produção;
- Assume-se que os VMD's sob domínio da API-GP conseguem compatibilizar e atender a funcionalidade relacionada a ativação de cada um dos serviços da interface.
- Assume-se que existe uma codificação pré-definida para todos os itens acessíveis do chão de fábrica tais como funcionários, equipamentos, máquinas, sensores, salas, materiais de trabalho, etc.
- Assume-se a presença de mecanismos que permitam localizar terminais de operadores e equipamentos no chão de fábrica com base nos códigos de identificação mencionados, porque esse é um parâmetro usado em quase todas as primitivas da API-GP.

Do ponto de vista de utilização, as funções da interface proposta possuem uma vasta gama de aplicações, podendo inclusive ser combinadas para solucionar determinados requisitos do ambiente [CRUZ92b]. Porém, para facilitar a apresentação, essas funções foram distribuídas nas sub-seções que se seguem considerando a seguinte sintaxe:

$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, onde

F = Nome da função, e

x_1, x_2, \dots, x_n = Parâmetros (de entrada e/ou saída) da função

5.1.1.1 PREPARAÇÃO DO AMBIENTE PARA PRODUÇÃO

Antes de iniciar a manufatura propriamente dita é preciso preparar o ambiente para o ciclo de produção. Esse preparo envolve basicamente as atividades de preparo dos ferramentais de trabalho e do material a ser trabalhado além da programação e inicialização de equipamentos do chão de fábrica.

No preparo do ambiente, um dos primeiros passos é organizar os ferramentais de trabalho específicos para um ciclo de produção nos seus devidos depósitos. Dependendo do grau de automação, essas ferramentas podem ser organizadas manualmente por um operador humano, ou de forma automática com algum sistema avançado de manufatura respondendo às instruções do gerente de produção. Uma função que sirva a esse propósito deve, no entanto, se preocupar com parâmetros para identificação do VMD servidor, do armazém de ferramentas e das ferramentas que devem ser utilizadas no trabalho, como a que está descrita a seguir:

PM_PREPARE_TM(OP_ID, TM_ID, TL)

OP_ID = Identificação do destinatário da tarefa (operador, robô, máquina, processo, ...)

TM_ID = Identificação do armazém de ferramentas

TL = Identificação da lista de ferramentas a serem carregadas

Por outro lado, as peças e materiais a serem manufaturados geralmente devem ser colocados numa posição adequada que satisfaça todas as condições para a execução correta do trabalho. A função a seguir resolve essa necessidade e tem como parâmetros a identificação do destinatário da atividade e demais informações que interessam ao VMD servidor para o posicionamento correto do material:

PM_PREPARE_WP (OP_ID, WP_ID, LOC_ID, FL, CP)

OP_ID = Identificação do destinatário da tarefa (operador, robô, máquina, processo, ...)

WP_ID = Identificação da peça a ser trabalhada

LOC_ID = Localização do material a ser trabalhado

FL = Lista de fixadores ou garras para manusear a peça de trabalho

CP = Lista de coordenadas ou pontos de fixação na peça de trabalho

Um outro passo importante para o preparo do ambiente para um ciclo de produção é a inicialização de máquinas, uma tarefa essencial que pode ser feita com auxílio de robôs ou operadores humanos. A função a seguir apresenta uma maneira de ativar essas inicializações pela ativação de um VMD servidor, e têm como parâmetros o código de identificação da máquina a ser inicializada e as instruções a serem seguidas:

PM_SET-UP (OP_ID, MC_ID, MSG_INST)

OP_ID = Identificação do destinatário da tarefa (operador, robô, máquina, processo, ...)

MC_ID = Código de identificação da máquina a ser inicializada

MSG_INST = Instruções a serem seguidas pelo operador

Além da inicialização de máquinas, os dispositivos controladores e equipamentos com capacidade de processamento necessitam ser programados para poder executar suas atividades dentro dos sistemas flexíveis de manufatura (FMS's). Os programas dessas máquinas em geral estão armazenados em uma base de dados remota e, por isso, é necessário existir um serviço especial para permitir essa carga:

PM_TRANSMIT (FILE_ID, FROM, TO)

FILE_ID = Nome do programa (ou arquivo) a ser transferido

FROM = Endereço de origem do arquivo

TO = Endereço de destino do arquivo

5.1.1.2 CONTROLE DOS PROCESSOS ATIVOS

Uma vez que a linha de produção está ativa, torna-se necessário supervisionar e controlar o funcionamento dos processos em tempo real. Esses controles são possíveis pela coleta de dados sobre o funcionamento das máquinas, equipamentos programáveis, pessoal e sobre todos os sistemas envolvidos nos trabalhos do chão de fábrica.

Portanto é necessário existir uma função que forneça a possibilidade de obtenção do estado de equipamentos e máquinas que estão trabalhando como está descrito a seguir:

PM_STATUS (OP_ID, ST)

OP_ID = Código de identificação da máquina a ser verificada

ST = Estado da máquina inspecionada. Pode ser: em operação, operando parcialmente, sem operação, necessitando de manutenção, ocupado, inútil ou reservada para outras atividades

Além da verificação, normalmente é necessário promover a ativação/desativação automática dessas máquinas devido a ocorrência de algum tipo de evento. Essa funcionalidade pode ser obtida através da seguinte função:

PM_MACHINE (OP_ID, ST)

OP_ID = Código de identificação da máquina

ST = Estado a ser assumido pela máquina. Pode ser "on", "off", "on-line" ou "off-line"

Um outro aspecto que a gerência de produção de alto nível demanda é o acompanhamento da força de trabalho executada por operadores humanos. Normalmente é preciso planejar a composição de turnos e grupos de trabalho, calcular salários, horas extras e visualizar a existência de eventuais falhas ou irregularidades na produção por causa do desempenho de funcionários. A função a seguir fornece alguns subsídios para que essa supervisão seja possível:

PM_MANPOWER (OP_ID, MAN_ID, LC_ID, TURNO, HI)

OP_ID = Identificação do servidor responsável pela força de trabalho. Pode ser um servidor de banco de dados contendo informações sobre os funcionários ou mesmo algum sistema cujo nível de automatização seja capaz de supervisionar o trabalho dos operadores

MAN_ID = Identificação do operador cujo trabalho deve ser supervisionado

LC_ID = Identificação do local ou setor de trabalho do operador

TURNO = Identificação do turno ou grupo de trabalho a que o operador pertence

HI = Hora de início das atividades

Além de saber sobre o desempenho individual de operadores, é necessário ficar atento também a eventos tais como feriados e ausências não previstas que podem afetar a produção. Existe uma função específica da API-GP para tratar desses eventos:

PM_ABSENCE (OP_ID, MAN_ID, RAZ, TIM, DI, DF)

OP_ID = Identificação do servidor responsável pela força de trabalho. Pode ser um servidor de banco de dados contendo informações sobre os funcionários ou mesmo algum sistema cujo nível de automatização seja capaz de supervisionar o trabalho dos operadores

MAN_ID = Identificação do funcionário ausente ou a se ausentar

RAZ = Razão da ausência. Algumas delas podem ser mencionadas: não há ausências, feriado público, doenças cobertas por atestado médico, férias anuais ou coletivas, faltas não justificadas, outros casos tais como licença para gestantes, casamentos, etc

TIM = Estimativa de duração da ausência quando for o caso

DI = Data de início da ausência quando for o caso

DF = Data de término da ausência quando for o caso

5.1.1.3 CONTROLE DE INVENTÁRIO

O inventário de uma fábrica refere-se a todo o material que circula dentro e fora da fábrica, incluindo matéria bruta, máquinas, equipamentos, ferramentas e mesmo os produtos finais que estão prontos para serem comercializados.

Uma das atividades essenciais no controle de inventário é a necessidade de transporte de ferramentais, equipamentos, materiais, etc entre as células ou setores de trabalho, o que na realidade pode ser permitido pela função a seguir:

PM_TRANSFER (OP_ID, TP_ID, LCO_ID, LCD_ID)

OP_ID = Identificação do servidor responsável pela transferência de materiais na fábrica. Pode ser um servidor de banco de dados contendo informações sobre os mecanismos de transporte ou mesmo algum sistema cujo nível de automatização seja capaz de acionar os equipamentos e pessoal de transporte

TP_ID = Identificação do meio de transporte (esteira, AGV, robô, operador humano, ...) a ser utilizado

LCO_ID = Identificação do local de origem do item (células de manufatura, salas de máquinas, ...)

LCD_ID = Identificação do local de destino do item (células de manufatura, salas de máquinas, ...)

Vale observar que a definição acima preocupa-se apenas em repassar para um servidor de transportes uma necessidade de locomoção de materiais entre partes da fábrica. Porém é necessário assumir a presença de algum mecanismo (automático ou não) que faça as operações de carga e descarga desses materiais nos pontos de origem e destino. Portanto, independente do meio de transporte assumido, é necessário existir uma outra função que informe o tipo de operação a ser feita, o tipo de material que está sendo transportado e os locais de origem/destino, para que a tarefa seja feita corretamente:

PM_LOAD-UNLOAD (TP_ID, OPER, IT_ID, LCO_ID, LCD_ID)

TP_ID = Identificação do servidor responsável pelo transporte das partes (operador, robô, máquina, etc)

OPER = Indica se a operação é de carga ou descarga

IT_ID = Identificação do item a ser transferido (peças de trabalho, depósitos de ferramentais, matérias brutas, elaboradas, etc)

LCO_ID = Identificação do local de origem do item (mesas, "buffers", ...)

LCD_ID = Identificação do local de destino do item (mesas, "buffers", ...)

Após o término de algum trabalho no chão de fábrica, pode ser necessário a armazenagem dos produtos elaborados nos depósitos e fazer retornar ferramentais, materiais, palhetas, etc

para os seus locais apropriados. Esse objetivo pode ser conseguido pelas funções anteriores ou mesmo através da seguinte função:

PM_STORE (OP_ID, IT_ID, LCO_ID, LCD_ID)

OP_ID = Identificação do servidor responsável pela armazenagem de itens. Pode ser feito por operadores humanos, robôs, ou mesmo processos com conhecimentos sobre a rotina de armazenagem

IT_ID = Identificação do item a ser armazenado que pode se referir a ferramentas de trabalho, materiais brutos, elaborados, etc

LCO_ID = Identificação do local de origem do item (mesas, "buffers", ...)

LCD_ID = Identificação do local de destino do item (mesas, "buffers", ...)

5.1.1.4 SUPERVISÃO FÍSICA E AMBIENTAL DA FÁBRICA

Além da monitoração de equipamentos, uma das preocupações constantes do gerente de produção é com o aspecto físico e ambiental do chão de fábrica para que seja possível prevenir situações não desejadas.

Nas fábricas de um modo geral existem diversos tipos de sensores espalhados para detectar as variações ambientais (pressão, temperatura, umidade, etc) durante um ciclo de produção. Nesse contexto é necessário existir uma função que permita fazer essa verificação, como a que está descrita abaixo:

PM_ENVIRONMENT (OP_ID, SS_ID, VAL, COND)

OP_ID = Identificação do servidor responsável pela verificação ambiental. Pode ser feito por operadores humanos, robôs, processos, etc

SS_ID = Identificação do sensor a ser utilizado na verificação ambiental

VAL = Valor identificado no sensor

COND = Condições que levaram ao valor lido

Além de verificar o ambiente, às vezes é preciso que o gerente de produção comunique-se diretamente com os terminais de operadores para repassar ordens de trabalho ou mesmo mensagens informativas. A função abaixo possui essa funcionalidade:

PM_MESSAGE (OP_ID, MSG)

OP_ID = Identificação do operador humano destinatário da mensagem

MSG = Mensagem a ser enviada

Uma outra forma de garantir uma correta supervisão do ambiente é viabilizar para o gerente de produção alguma forma dele saber se as funções ativadas até o momento foram bem sucedidas ou não. A função a seguir permite informar quais serviços falharam durante os trabalhos de gerência:

PM_ERROR (OP_ID, BR_PRIM, F_HOUR, MSG)

OP_ID = Identificação do servidor responsável pelo registro das informações relativas às funções da interface API-GP que foram ativadas. Essas informações podem estar contidas num servidor de banco de dados ou mesmo em algum sistema cujo nível de automatização seja capaz de registrá-los

BR_PRIM = Identificação da primitiva API-GP que falhou, se for o caso

F_HOUR = Hora em que a falha ocorreu

MSG = Informações relativas à falha ocorrida

5.1.1.5 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade refere-se a todos os testes de itens e produtos para garantir que eles estejam de acordo com as especificações definidas. Estes testes geralmente são feitos durante o ciclo de produção e devem ser ágeis o suficiente para reduzir ao máximo as perdas de material, os desperdícios com repetições desnecessárias de trabalho e a diminuição dos custos com reciclagens. A função a seguir permite que essas informações sejam obtidas:

PM_INSPECT (OP_ID, IT_ID, LOC_ID, REC, MSG, LOR)

OP_ID = Identificação do inspetor de qualidade (operadores humanos, robôs, processos, etc)

IT_ID = Identificação do item a ser inspecionado

LOC_ID = Identificação do local onde o item se encontra

REC = Resultado obtido na inspeção. Nesse caso o produto pode passar nos testes de qualidade, merecer algum tipo de revisão do trabalho feito para poder se adaptar aos testes ou mesmo ser rejeitado completamente

MSG = Informações adicionais a respeito da inspeção feita

LOR = Lista de opções corretivas para o acerto do item inspecionado, se for o caso

5.1.1.6 MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Dois tipos de trocas de informação são requeridas para que o gerente de produção possa manter as máquinas e equipamentos do chão de fábrica em perfeito funcionamento.

A primeira delas refere-se às manutenções rotineiras ou preventivas que devem ser feitas a fim de evitar problemas maiores para a produção. O suporte desejado nesse caso pode ser obtido pela seguinte função:

PM_REPORT (OP_ID, EQ_ID, LOC_ID, REC, PN, ET, EC, MSG)

OP_ID = Identificação do operador ou engenheiro de manutenção

EQ_ID = Identificação do equipamento a ser inspecionado (máquina, robô, esteira, AGV, ...)

LOC_ID = Identificação de localização do equipamento a ser inspecionado

REC = Recomendações sobre o tipo de manutenção requerida para esse equipamento que pode ser: manutenção normal, trocar partes do equipamento ou mesmo trocar o equipamento completo

PN = Descrição das partes (ou peças) necessárias na manutenção quando for o caso

ET = Tempo estimado para a troca de partes

EC = Custo estimado das partes trocadas

MSG = Informações adicionais sobre a manutenção

Uma vez detectada a necessidade de manutenção pelos parâmetros da função PM_REPORT, torna-se necessário efetivar e corrigir os defeitos dos equipamentos, o que pode ser feito através da função a seguir:

PM_SERVICE (OP_ID, EQ_ID, LOC_ID, PU, AT, AC, MSG)
OP_ID = Identificação do operador ou engenheiro de manutenção
EQ_ID = Identificação do equipamento que deve sofrer reparos (máquina, robô, esteira, AGV, ...)
LOC_ID = Identificação de localização do equipamento
PU = Descrição das partes (ou peças) que foram utilizadas na manutenção feita
AT = Tempo gasto para a troca das partes na manutenção
AC = Valor gasto com as partes trocadas
MSG = Informações adicionais a respeito da manutenção feita

5.1.2 SUGESTÕES DE MAPEAMENTOS EM SERVIÇOS MMS

Na realidade o mapeamento das funções da biblioteca API-GP em serviços MMS depende diretamente do nível de automação envolvido e das características dos servidores MMS. Dessa forma pode existir até mais de uma Unidade Funcional MMS que permita a funcionalidade desejada para as funções e, portanto, cabe ao implementador da interface buscar a melhor solução para o seu ambiente de produção.

No entanto, levando-se em conta o aspecto prático dessas implementações e considerando as observações feitas em [RAE91], é possível sugerir serviços MMS que melhor se enquadrem às funções da biblioteca, de acordo com a Tabela 5.1 a seguir:

TABELA 5.1 - Sugestões de Mapeamentos API-GP / Serviços MMS

Função API-GP	Unidades Funcionais MMS
PM_PREPARE_TM	Gerência de PI's, Comunicação com Operador
PM_PREPARE_WP	Gerência de PI's, Comunicação com Operador
PM_SET-UP	Gerência de PI's, Comunicação com Operador

TABELA 5.1 - Sugestões de Mapeamentos API-GP / Serviços MMS (continuação)

Função API-GP	Unidades Funcionais MMS
PM_TRANSFER	Gerência de PI's, Comunicação com Operador
PM_STORE	Gerência de PI's, Comunicação com Operador
PM_MACHINE	Gerência de PI's, Comunicação com Operador
PM_LOAD-UNLOAD	Gerência de PI's, Comunicação com Operador
PM_TRANSMIT	Gerência de Domínio
PM_STATUS	Suporte a VMD's
PM_ENVIRONMENT	Suporte a VMD's
PM_MANPOWER	Suporte a VMD's
PM_ABSENCE	Acesso a Variáveis
PM_INSPECT	Comunicação com Operador
PM_REPORT	Comunicação com Operador
PM_SERVICE	Comunicação com Operador
PM_ERROR	Suporte a VMD's
PM_MESSAGE	Comunicação com Operador

Com base nos mapeamentos sugeridos, faz-se necessário algumas observações:

- ❑ Uma das estratégias de definição da interface API-GP, é a utilização do MMS via estabelecimento/fechamento de associações entre as entidades comunicantes. Essa é uma opção que visa utilizar o MMS de acordo com a sua concepção inicial quando o mesmo foi proposto para o projeto MAP. Portanto, para cada uma das funções mencionadas na Tabela 5.1, surge a necessidade evidente de utilização dos serviços da Unidade de Gerência de Contexto.
- ❑ Vale ressaltar ainda que os serviços MMS sugeridos na tabela para as funções da interface podem, em muitas instâncias necessitar utilizar outras unidades funcionais como por exemplo, o caso das funções que ativam programas via a Unidade de Gerência de PI's. Nesses casos, as vezes é preciso acionar serviços

da Unidade de Gerência de Domínio para fazer a carga explícita dos programas nos VMD's, para que seja possível então fazer a monitoração dos mesmos.

- As primitivas API-GP de um modo geral são síncronas, ou seja, exigem uma indicação de retorno à função iniciadora do processo assim que o objetivo da função tenha sido alcançado. No caso de funções mais demoradas, como é o caso das atividades dos VMD's que são mais complexas, o seu acompanhamento pode ser feito por algum outro mecanismo disponível ao gerente de produção tal como um sistema de controle de atividades ou de coleta de dados, dentre outros.

5.2 UMA INTERFACE GRÁFICA PARA USO DA API-GP

Dentre as vantagens providas pelo avanço das tecnologias de computadores estão as interfaces gráficas voltadas para o usuário (GUI's - "Graphical User Interfaces"), um artifício que busca tornar mais amigável a relação homem/máquina ao mesmo tempo em que provoca um aumento de produtividade do mesmo.

O objetivo dessa seção é apresentar um conjunto de telas gráficas cuja funcionalidade visa facilitar o uso das funções propostas na seção 5.1. Essas telas foram planejadas considerando o padrão Open Look¹ para construção de interfaces e, portanto seguem sua estrutura quanto a apresentação e uso de objetos tais como janelas, ícones, botões, "notices", mecanismos de ajuda, barras de rolagem, seleção de opções, etc

A janela principal da interface (figura 5.5) possui as seguintes características²:

- Uma região superior onde se encontra o título da interface e um símbolo no canto esquerdo superior, a partir de onde é possível executar algumas operações tais como finalizar a aplicação, transformá-la num ícone, produzir uma reorganização da janela, etc.
- Duas regiões laterais onde constam botões referentes a cada uma das funções propostas para a API-GP. Para selecionar uma função basta posicionar o mouse em cima do botão referente à função desejada e pressionar a sua tecla esquerda.

¹ Padrão de interface gráfica (GUI) desenvolvido pelas empresas SUN e AT&T.

² Vale ressaltar que as opções de ajuda estão disponíveis pelo posicionamento do "mouse" no local onde se deseja obter informações e acionamento da tecla direita do mesmo.

- Uma região central onde surgem as telas de interação com o usuário referente a cada uma das funções selecionadas.

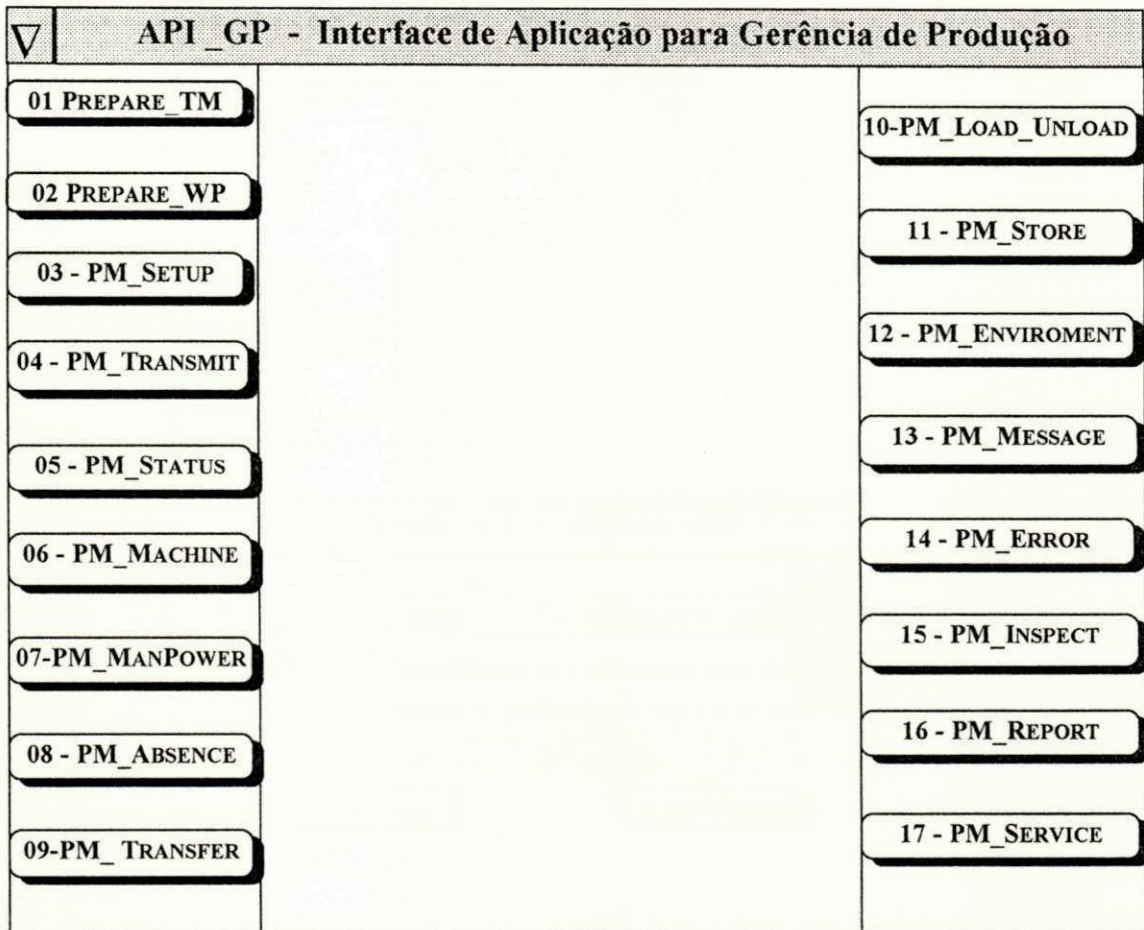


Figura 5.5 Tela principal da interface gráfica de uso da API-GP

Por sua vez, as telas correspondentes às funções possuem uma região superior onde consta o nome da função, uma região central onde aparecem menus contendo os parâmetros selecionáveis e compatíveis com a função em questão e uma região inferior onde aparecem os botões correspondentes ao cancelamento ou confirmação de acionamento da função.

As figuras 5.6A a 5.22A a seguir apresentam as telas correspondentes às funções com os respectivos parâmetros fictícios para facilitar a compreensão enquanto que as telas 5.6B a 5.22B apresentam os respectivos retornos obtidos para as funções na forma de notices¹.

¹ Para voltar à tela da função em questão basta acionar o botão de "ok" situado na região inferior do "notice".

API_GP - INTERFACE DE APLICAÇÃO PARA GERÊNCIA DE PRODUÇÃO												
PM-01	PM 01 - PREPARAÇÃO DO ARMAZÉM DE FERRAMENTAS	PM-10										
PM-02	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VMD 001</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>VMD 002</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD 003</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD 004</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </tbody> </table>	SERVIDOR		VMD 001	↑	VMD 002		VMD 003		VMD 004	↓	PM-11
SERVIDOR												
VMD 001	↑											
VMD 002												
VMD 003												
VMD 004	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04		PM-13										
PM-05	<p>Armazém de Ferramentas:</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Armazém 01</td> <td style="text-align: center;">Armazém 02</td> <td style="text-align: center;">Armazém 03</td> <td style="text-align: center;">Armazém 04</td> </tr> </table>	Armazém 01	Armazém 02	Armazém 03	Armazém 04	PM-14						
Armazém 01	Armazém 02	Armazém 03	Armazém 04									
PM-06		PM-15										
PM-07	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">FERRAMENTAS DE TRABALHO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grade de Fixação</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>Brocas de Aço</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alicates</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arrebites</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </tbody> </table>	FERRAMENTAS DE TRABALHO		Grade de Fixação	↑	Brocas de Aço		Alicates		Arrebites	↓	PM-16
FERRAMENTAS DE TRABALHO												
Grade de Fixação	↑											
Brocas de Aço												
Alicates												
Arrebites	↓											
PM-08		PM-17										
PM-09	<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">Cancelar</td> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-left: 20px;">Confirmar</td> </tr> </table>	Cancelar	Confirmar									
Cancelar	Confirmar											

Figura 5.6 A - Interface para a função PM_PREPARE_TM

ARMAZÉM DE FERRAMENTAS PREPARADO COM SUCESSO

OK

Figura 5.6 B - Interface de retorno para a função PM_PREPARE_TM

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 02 - Preparação do Material de Trabalho

PM-01		PM-10										
PM-02	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th></tr> <tr><td>VMD 001</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>VMD 003</td><td></td></tr> <tr><td>VMD 002</td><td></td></tr> <tr><td>VMD 004</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	SERVIDOR		VMD 001	↑	VMD 003		VMD 002		VMD 004	↓	PM-11
SERVIDOR												
VMD 001	↑											
VMD 003												
VMD 002												
VMD 004	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">MATERIAL DE TRABALHO</th></tr> <tr><td>MAD 3020 - Madeira</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>Chapa de Metal</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo de Vinil</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo de Aço Inox</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	MATERIAL DE TRABALHO		MAD 3020 - Madeira	↑	Chapa de Metal		Tubo de Vinil		Tubo de Aço Inox	↓	PM-13
MATERIAL DE TRABALHO												
MAD 3020 - Madeira	↑											
Chapa de Metal												
Tubo de Vinil												
Tubo de Aço Inox	↓											
PM-05	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">LOCALIZAÇÃO DO MATERIAL</th></tr> <tr><td>Staff Room 01</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>WareHouse 03</td><td></td></tr> <tr><td>Store Room 07</td><td></td></tr> <tr><td>Store Room 08</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	LOCALIZAÇÃO DO MATERIAL		Staff Room 01	↑	WareHouse 03		Store Room 07		Store Room 08	↓	PM-14
LOCALIZAÇÃO DO MATERIAL												
Staff Room 01	↑											
WareHouse 03												
Store Room 07												
Store Room 08	↓											
PM-06		PM-15										
PM-07	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">LISTA DE FIXADORES</th></tr> <tr><td>FX 033-35mm</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>FX 052-47mm</td><td></td></tr> <tr><td>FX 019-08mm</td><td></td></tr> <tr><td>FX 010 -08mm</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	LISTA DE FIXADORES		FX 033-35mm	↑	FX 052-47mm		FX 019-08mm		FX 010 -08mm	↓	PM-16
LISTA DE FIXADORES												
FX 033-35mm	↑											
FX 052-47mm												
FX 019-08mm												
FX 010 -08mm	↓											
PM-08	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">PONTOS DE FIXAÇÃO</th></tr> <tr><td>ARR01 - PTS 310,312</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>ARR02 - PTS 011,023</td><td></td></tr> <tr><td>ARR03 - PTS 044,048</td><td></td></tr> <tr><td>ARR04 - PTS 444,888</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	PONTOS DE FIXAÇÃO		ARR01 - PTS 310,312	↑	ARR02 - PTS 011,023		ARR03 - PTS 044,048		ARR04 - PTS 444,888	↓	PM-17
PONTOS DE FIXAÇÃO												
ARR01 - PTS 310,312	↑											
ARR02 - PTS 011,023												
ARR03 - PTS 044,048												
ARR04 - PTS 444,888	↓											
PM-09	<table style="width: 100%; margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Cancelar</td> <td style="text-align: center;">Confirmar</td> </tr> </table>	Cancelar	Confirmar									
Cancelar	Confirmar											

Figura 5.7 A - Interface para a função PM_PREPARE_WP

MATERIAL DE TRABALHO PREPARADO COM SUCESSO

OK

Figura 5.7 B - Interface de retorno para a função PM_PREPARE_WP

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção												
PM-01	PM 03 - Preparação de Máquina											
PM-02	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SERVIDOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VMD01 - ROBÔ P/ TRANSPORTE</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>VMD02 - OPERADOR MAT. 111.022</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD03 - VEÍCULO DE CARGA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD04 - COMPRESSOR</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>		SERVIDOR		VMD01 - ROBÔ P/ TRANSPORTE	↑	VMD02 - OPERADOR MAT. 111.022		VMD03 - VEÍCULO DE CARGA		VMD04 - COMPRESSOR	↓
SERVIDOR												
VMD01 - ROBÔ P/ TRANSPORTE	↑											
VMD02 - OPERADOR MAT. 111.022												
VMD03 - VEÍCULO DE CARGA												
VMD04 - COMPRESSOR	↓											
PM-03	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EQUIPAMENTO ATIVADO / DESATIVADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPL 016 - CONTROLADOR P/ DESGASTE</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>CNR 083 - BRACO MECÂNICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAQ 124 - TORNO/EQUIP. DE SOLDA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CNR 012 - ROBÔ DE FUNÇÕES MÚLTIPL.</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPAMENTO ATIVADO / DESATIVADO		CPL 016 - CONTROLADOR P/ DESGASTE	↑	CNR 083 - BRACO MECÂNICO		MAQ 124 - TORNO/EQUIP. DE SOLDA		CNR 012 - ROBÔ DE FUNÇÕES MÚLTIPL.	↓
EQUIPAMENTO ATIVADO / DESATIVADO												
CPL 016 - CONTROLADOR P/ DESGASTE	↑											
CNR 083 - BRACO MECÂNICO												
MAQ 124 - TORNO/EQUIP. DE SOLDA												
CNR 012 - ROBÔ DE FUNÇÕES MÚLTIPL.	↓											
PM-04	Instruções Gerais											
PM-05	_____											
PM-06	_____											
PM-07	_____											
PM-08	<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Confirmar"/>											
PM-09												
		PM-10										
		PM-11										
		PM-12										
		PM-13										
		PM-14										
		PM-15										
		PM-16										
		PM-17										

Figura 5.8 A - Interface para a função PM_SET-UP

PREPARAÇÃO DE MÁQUINAS FEITA COM SUCESSO

Figura 5.8 B - Interface de retorno para a função PM_SET-UP

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 04 - Carga de Programa

PM-01			PM-10
PM-02	ORIGEM DO ARQUIVO	DESTINO DO ARQUIVO	PM-11
PM-03	BD 001	CNR 015 Robô pintor	PM-12
	BD 002	CNR 010 Torno central	
PM-04	BD 003	CNR 022 Controlador elétrico	PM-13
	BD 004	CLP 009 Compactador	
PM-05	ARQUIVO A SER CARREGADO		PM-14
PM-06	PGM 01 Rotina de corte		PM-15
	PGM 02 Rotina de desgaste		
PM-07	PGM 03 Rotina de Movimento		PM-16
	PGM 04 Rotina de perfuração		
PM-08	<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Confirmar"/>		PM-17
PM-09			

Figura 5.9 A - Interface para a função PM_TRANSMIT

CARGA DE PROGRAMA FEITA COM SUCESSO

Figura 5.9 B - Interface de retorno para a função PM_TRANSMIT

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 05 - Verificação de "STATUS" dos Equipamentos

PM-01		PM-10										
PM-02		PM-11										
PM-03		PM-12										
PM-04		PM-13										
PM-05	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CNR 001 - Robô de transporte</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>CNC 010 - Torno de solda</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td>EST 009 - Esteira central</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td>CLP 022 - Coletor de peças</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </tbody> </table>	IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO		CNR 001 - Robô de transporte	↑	CNC 010 - Torno de solda		EST 009 - Esteira central		CLP 022 - Coletor de peças	↓	PM-14
IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO												
CNR 001 - Robô de transporte	↑											
CNC 010 - Torno de solda												
EST 009 - Esteira central												
CLP 022 - Coletor de peças	↓											
PM-06		PM-15										
PM-07	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px 15px;">Cancelar</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px 15px;">Confirmar</div> </div>	PM-16										
PM-08		PM-17										
PM-09												

Figura 5.10 A - Interface para a função PM_STATUS

"STATUS" DO EQUIPAMENTO: OCUPADO

OK

Figura 5.10 B - Interface de retorno para a função PM_STATUS

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção												
PM 06 - Verificação de Máquina												
PM-01		PM-10										
PM-02		PM-11										
PM-03	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CNR 001 - Robô de transporte</td> <td>▲</td> </tr> <tr> <td>CNC 010 - Torneiro de solda</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EST 009 - Esteira central</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLP 022 - Coletor de peças</td> <td>▼</td> </tr> </tbody> </table>	IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA		CNR 001 - Robô de transporte	▲	CNC 010 - Torneiro de solda		EST 009 - Esteira central		CLP 022 - Coletor de peças	▼	PM-12
IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA												
CNR 001 - Robô de transporte	▲											
CNC 010 - Torneiro de solda												
EST 009 - Esteira central												
CLP 022 - Coletor de peças	▼											
PM-04		PM-13										
PM-05		PM-14										
PM-06	<p>ESTADO A SER ASSUMIDO PELA MÁQUINA:</p> <table border="1"> <tr> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>ON-LINE</td> <td>OFF-LINE</td> </tr> </table>	ON	OFF	ON-LINE	OFF-LINE	PM-15						
ON	OFF	ON-LINE	OFF-LINE									
PM-07		PM-16										
PM-08	<p>Cancelar</p>	<p>Confirmar</p>										
PM-09		PM-17										

Figura 5.11 A - Interface para a função PM_MACHINE

<p>OPERAÇÃO REALIZADA COM SUCESSO</p> <p>OK</p>

Figura 5.11 B - Interface de retorno para a função PM_MACHINE

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 07 - Verificação da Força de Trabalho

PM-01		PM-10										
PM-02	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th> </tr> <tr> <td>VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </table>	SERVIDOR		VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑	VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM		VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA		VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓	PM-11
SERVIDOR												
VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑											
VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM												
VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA												
VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04		PM-13										
PM-05	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">FUNCIONÁRIOS</th> </tr> <tr> <td>Opr 099 - Operador de Torno (Mat. 111.777)</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>Cod 055 - Operador de Sala (Mat. 111.565)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Opm 010 - Operador de Maq. (Mat. 123.330)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inp 125 - Inspetor de Qualidade (Mat. 111.022)</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </table>	FUNCIONÁRIOS		Opr 099 - Operador de Torno (Mat. 111.777)	↑	Cod 055 - Operador de Sala (Mat. 111.565)		Opm 010 - Operador de Maq. (Mat. 123.330)		Inp 125 - Inspetor de Qualidade (Mat. 111.022)	↓	PM-14
FUNCIONÁRIOS												
Opr 099 - Operador de Torno (Mat. 111.777)	↑											
Cod 055 - Operador de Sala (Mat. 111.565)												
Opm 010 - Operador de Maq. (Mat. 123.330)												
Inp 125 - Inspetor de Qualidade (Mat. 111.022)	↓											
PM-06		PM-15										
PM-07		PM-16										
PM-08	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: #e0e0e0;">Cancelar</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: #e0e0e0;">Confirmar</div> </div>	PM-17										
PM-09												

Figura 5.12 A - Interface para a função PM_MANPOWER

LOCAL DE TRABALHO : ARMAZÉM 001

TURNO ALOCADO P/ O FUNCIONÁRIO : NOTURNO

HORA DE INÍCIO DAS ATIVIDADES : 23:00

OK

Figura 5.12 B - Interface de retorno para a função PM_MANPOWER

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 08 - Verificação de Ausências

PM-01		PM-10										
PM-02		PM-11										
PM-03	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th> </tr> <tr> <td>VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td>VMD03 - TÉCNICO DE PINTURA</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td>VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </table>	SERVIDOR		VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑	VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM		VMD03 - TÉCNICO DE PINTURA		VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓	PM-12
SERVIDOR												
VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑											
VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM												
VMD03 - TÉCNICO DE PINTURA												
VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓											
PM-04		PM-13										
PM-05		PM-14										
PM-06		PM-15										
PM-07	<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Cancelar</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Confirmar</td> </tr> </table>	Cancelar	Confirmar	PM-16								
Cancelar	Confirmar											
PM-08		PM-17										
PM-09												

Figura 5.13 A - Interface para a função PM_ABSENCE

<p>IDENTIFICAÇÃO DO OPERADOR : <u>OPR 010</u></p> <p>RAZÃO DA AUSÊNCIA : <u>DOENÇA</u></p> <p>TEMPO DE AUSÊNCIA : <u>30 DIAS</u></p> <p>DATA INICIAL : <u>01/09/94</u></p> <p>DATA FINAL : <u>30/09/94</u></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="OK"/></p>

Figura 5.13 B - Interface de retorno para a função PM_ABSENCE

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 09 - Transferência de Materiais

PM-01

PM-02

PM-03

PM-04

PM-05

PM-06

PM-07

PM-08

PM-09

SERVIDOR	
VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑
VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM	
VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA	
VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓

EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE	
TRF 033 - Empilhadeira	↑
AGV 099 - Veículo p/ 1800 KGF's	
EST 887 - Esteira Automática Remov.	
AGV 166 - Veículo p/ 1000 KGF's	↓

ORIGEM DO MATERIAL	DESTINO DO MATERIAL
Arm 001 - Armazém Manuf.	Dep 001 - Pré-Fabricados
Wear 034 - Warehouse	Sal 003 - Sala de Trabalho 03
Arm 002 - Sala de Ferrament.	Sal 004 - Sala de Trabalho 04
Arm 003 - Sala de Máquinas	Sal 005 - Sala de Trabalho 05

PM-10

PM-11

PM-12

PM-13

PM-14

PM-15

PM-16

PM-17

Cancelar **Confirmar**

Figura 5.14 A - Interface para a função PM_TRANSFER

TRANSFERÊNCIA DE MATERIAIS EFETUADA COM SUCESSO

OK

Figura 5.14 B - Interface de retorno para a função PM_TRANSFER

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 10- Operação de Carga e Descarga

PM-01		PM-10																														
PM-02	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th></tr> <tr><td>SERVIDOR 001</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>SERVIDOR 002</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> <tr><td>SERVIDOR 003</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	SERVIDOR		SERVIDOR 001	↑	SERVIDOR 002	↓	SERVIDOR 003	↓	PM-11																						
SERVIDOR																																
SERVIDOR 001	↑																															
SERVIDOR 002	↓																															
SERVIDOR 003	↓																															
PM-03		PM-12																														
PM-04	Tipo de Operação: <input type="button" value="Carga"/> <input type="button" value="Descarga"/>	PM-13																														
PM-05	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">IDENTIFICAÇÃO DO ITEM</th></tr> <tr><td>Peça de Trabalho 001</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>Peça de Trabalho 002</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> <tr><td>Armazém de Ferramentas 032</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> <tr><td>Armazém de Ferramentas 044</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	IDENTIFICAÇÃO DO ITEM		Peça de Trabalho 001	↑	Peça de Trabalho 002	↓	Armazém de Ferramentas 032	↓	Armazém de Ferramentas 044	↓	PM-14																				
IDENTIFICAÇÃO DO ITEM																																
Peça de Trabalho 001	↑																															
Peça de Trabalho 002	↓																															
Armazém de Ferramentas 032	↓																															
Armazém de Ferramentas 044	↓																															
PM-06		PM-15																														
PM-07		PM-16																														
PM-08	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">ORIGEM DO MATERIAL</th> <th style="width: 5%;">↑</th> <th style="width: 5%;">↓</th> <th style="width: 30%;">DESTINO DO MATERIAL</th> <th style="width: 5%;">↑</th> <th style="width: 5%;">↓</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esteira 345</td> <td style="text-align: center;">↑</td> <td></td> <td>Transfer 002</td> <td style="text-align: center;">↑</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Armazém 022</td> <td></td> <td></td> <td>Depósito 001</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Transfer 023</td> <td></td> <td></td> <td>Armazém 022</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Depósito 003</td> <td></td> <td style="text-align: center;">↓</td> <td>Esteira 344</td> <td></td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </tbody> </table>	ORIGEM DO MATERIAL	↑	↓	DESTINO DO MATERIAL	↑	↓	Esteira 345	↑		Transfer 002	↑		Armazém 022			Depósito 001			Transfer 023			Armazém 022			Depósito 003		↓	Esteira 344		↓	PM-17
ORIGEM DO MATERIAL	↑	↓	DESTINO DO MATERIAL	↑	↓																											
Esteira 345	↑		Transfer 002	↑																												
Armazém 022			Depósito 001																													
Transfer 023			Armazém 022																													
Depósito 003		↓	Esteira 344		↓																											
PM-09	<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Confirmar"/>																															

Figura 5.15 A - Interface para a função PM_LOAD-UNLOAD

OPERAÇÃO REALIZADA COM SUCESSO

Figura 5.15 B - Interface de retorno para a função PM_LOAD-UNLOAD

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 11 - Armazenagem de Itens

PM-01		PM-10										
PM-02	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th></tr> <tr><td>VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	SERVIDOR		VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑	VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM	↑	VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA	↑	VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓	PM-11
SERVIDOR												
VMD01 - OPERADORES DE MÁQUINAS	↑											
VMD02 - OPERADORES DE SOLDAGEM	↑											
VMD03 - TÉCNICOS DE PINTURA	↑											
VMD04 - TÉCNICOS DE ARMAZÉNS	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">IDENTIFICAÇÃO DO ITEM A SER ARMAZENADO</th></tr> <tr><td>ARM 001 - Armazém de Ferragens 01</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>MAO 035 - Máquina de Perfurar 035</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>MAQ 086 - Britadeira de Alto Impacto</td><td style="text-align: center;">↑</td></tr> <tr><td>WKP 009 - Peça de Trabalho 009</td><td style="text-align: center;">↓</td></tr> </table>	IDENTIFICAÇÃO DO ITEM A SER ARMAZENADO		ARM 001 - Armazém de Ferragens 01	↑	MAO 035 - Máquina de Perfurar 035	↑	MAQ 086 - Britadeira de Alto Impacto	↑	WKP 009 - Peça de Trabalho 009	↓	PM-13
IDENTIFICAÇÃO DO ITEM A SER ARMAZENADO												
ARM 001 - Armazém de Ferragens 01	↑											
MAO 035 - Máquina de Perfurar 035	↑											
MAQ 086 - Britadeira de Alto Impacto	↑											
WKP 009 - Peça de Trabalho 009	↓											
PM-05		PM-14										
PM-06		PM-15										
PM-07	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">ORIGEM DO ITEM</th> <th style="width: 50%;">DESTINO DO ITEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arm 001 - Armazém Manuf.</td> <td>Dep 001 - Pré-Fabricados</td> </tr> <tr> <td>Wear 034 - Warehouse</td> <td>Sal 003 - Sala de Trabalho 03</td> </tr> <tr> <td>Arm 002 - Sala de Ferrament.</td> <td>Sal 004 - Sala de Trabalho 04</td> </tr> <tr> <td>Arm 003 - Sala de Máquinas</td> <td>Sal 005 - Sala de Trabalho 05</td> </tr> </tbody> </table>	ORIGEM DO ITEM	DESTINO DO ITEM	Arm 001 - Armazém Manuf.	Dep 001 - Pré-Fabricados	Wear 034 - Warehouse	Sal 003 - Sala de Trabalho 03	Arm 002 - Sala de Ferrament.	Sal 004 - Sala de Trabalho 04	Arm 003 - Sala de Máquinas	Sal 005 - Sala de Trabalho 05	PM-16
ORIGEM DO ITEM	DESTINO DO ITEM											
Arm 001 - Armazém Manuf.	Dep 001 - Pré-Fabricados											
Wear 034 - Warehouse	Sal 003 - Sala de Trabalho 03											
Arm 002 - Sala de Ferrament.	Sal 004 - Sala de Trabalho 04											
Arm 003 - Sala de Máquinas	Sal 005 - Sala de Trabalho 05											
PM-08		PM-17										
PM-09	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Cancelar</td> <td style="text-align: center;">Confirmar</td> </tr> </table>	Cancelar	Confirmar									
Cancelar	Confirmar											

Figura 5.16 A - Interface para a função PM_STORE

ARMAZENAGEM REALIZADA COM SUCESSO

OK

Figura 5.16 B - Interface de retorno para a função PM_STORE

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção												
PM-01	PM 12 - Verificação de Sensores do Ambiente	PM-10										
PM-02	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SELEVIDOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VMD01 - ROBÔ DE VERIFICAÇÃO</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>VMD02 - TERMINAL OPR 8899</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD03 - TERMINAL OPR 1010</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD04 - CTRL DE SENSORES 0002</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>	SELEVIDOR		VMD01 - ROBÔ DE VERIFICAÇÃO	↑	VMD02 - TERMINAL OPR 8899		VMD03 - TERMINAL OPR 1010		VMD04 - CTRL DE SENSORES 0002	↓	PM-11
SELEVIDOR												
VMD01 - ROBÔ DE VERIFICAÇÃO	↑											
VMD02 - TERMINAL OPR 8899												
VMD03 - TERMINAL OPR 1010												
VMD04 - CTRL DE SENSORES 0002	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04		PM-13										
PM-05	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">IDENTIFICAÇÃO DE SENSORES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sensor de Eletricidade</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>Sensor de Vibração</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sensor de Pressão</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sensor de Temperatura</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>	IDENTIFICAÇÃO DE SENSORES		Sensor de Eletricidade	↑	Sensor de Vibração		Sensor de Pressão		Sensor de Temperatura	↓	PM-14
IDENTIFICAÇÃO DE SENSORES												
Sensor de Eletricidade	↑											
Sensor de Vibração												
Sensor de Pressão												
Sensor de Temperatura	↓											
PM-06		PM-15										
PM-07		PM-16										
PM-08	<p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Confirmar"/> </p>	PM-17										
PM-09												

Figura 5.17 A - Interface para a função PM_ENVIRONMENT

<p>VALOR OBTIDO NO SENSOR : <u>2.35</u></p> <p>CONDIÇÕES DETECTADAS : <u>VIBRAÇÃO NORMAL PERMISSÍVEL</u></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="OK"/></p>

Figura 5.17 B - Interface de retorno para a função PM_ENVIRONMENT

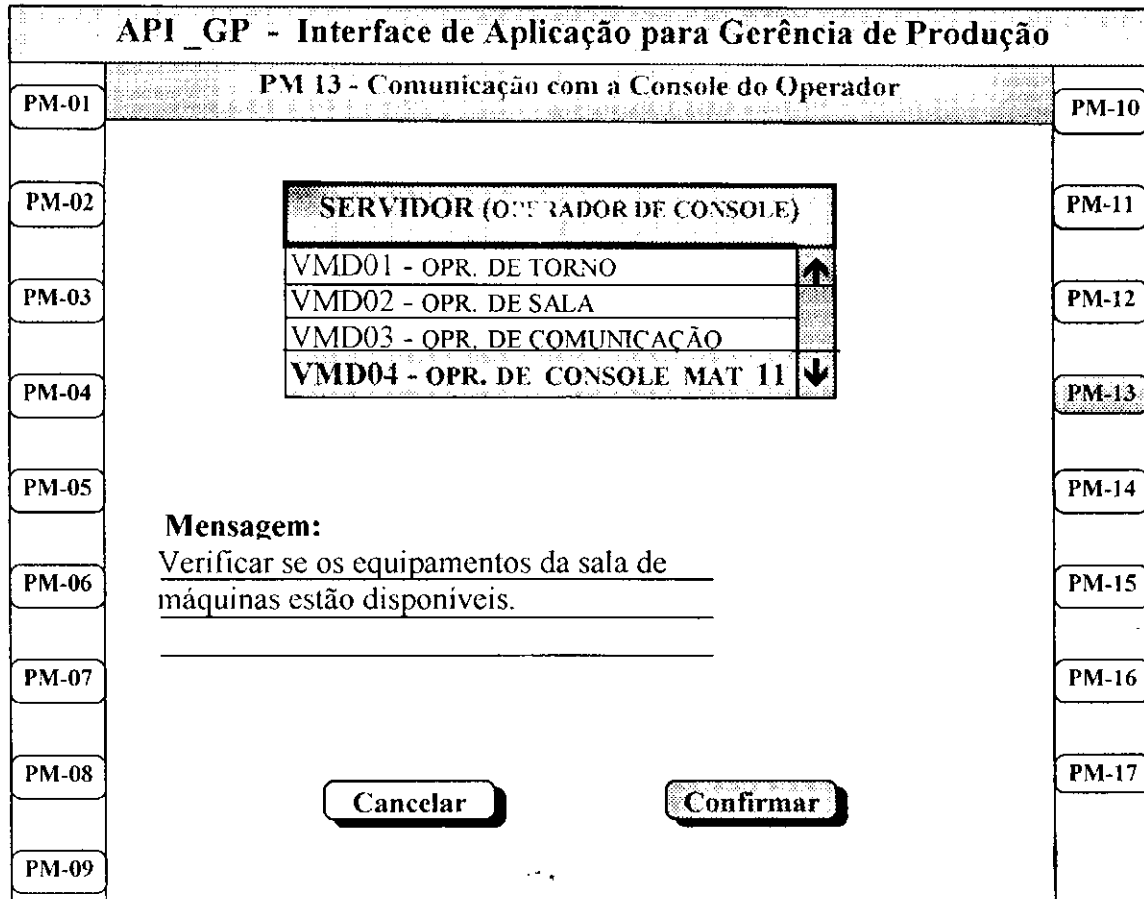


Figura 5.18 A - Interface para a função PM_MESSAGE

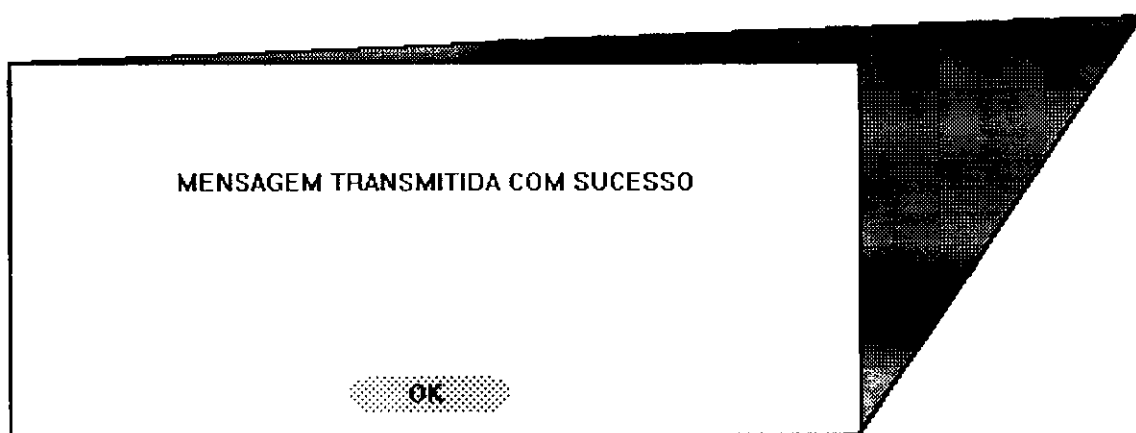


Figura 5.18 B - Interface de retorno para a função PM_MESSAGE

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 14 - Verificação de problemas de uso da rede

PM-01		PM-10										
PM-02	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">SERVIDOR</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">BD 001</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">BD 002</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">VMD04</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">VMD05</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> </table>	SERVIDOR		BD 001	↑	BD 002		VMD04		VMD05	↓	PM-11
SERVIDOR												
BD 001	↑											
BD 002												
VMD04												
VMD05	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04		PM-13										
PM-05		PM-14										
PM-06		PM-15										
PM-07	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px 15px;">Cancelar</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px 15px;">Confirmar</div> </div>	PM-16										
PM-08		PM-17										
PM-09												

Figura 5.19 A - Interface para a função PM_ERROR

IDENTIFICAÇÃO DA FUNÇÃO : PM PREPARE WP

DIA/HORA DA FALHA : 08/09/94 - 15:30

OBSERVAÇÕES : PROBLEMAS DE ACESSO AO SERVIDOR

OK

Figura 5.19 B - Interface de retorno para a função PM_ERROR

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção

PM 15- Controle de Qualidade

PM-01		PM-10										
PM-02	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">SERVIDOR (INSPECTOR DE QUALIDADE)</th> </tr> <tr> <td>VMD 001</td> <td style="text-align: right;">↑</td> </tr> <tr> <td>VMD 002</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD 003</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD 004</td> <td style="text-align: right;">↓</td> </tr> </table>	SERVIDOR (INSPECTOR DE QUALIDADE)		VMD 001	↑	VMD 002		VMD 003		VMD 004	↓	PM-11
SERVIDOR (INSPECTOR DE QUALIDADE)												
VMD 001	↑											
VMD 002												
VMD 003												
VMD 004	↓											
PM-03		PM-12										
PM-04	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">ITEM A SER INSPECIONADO</th> </tr> <tr> <td>WP 1010</td> <td style="text-align: right;">↑</td> </tr> <tr> <td>WP 1233</td> <td></td> </tr> <tr> <td>WP 1322</td> <td></td> </tr> <tr> <td>WP 4344</td> <td style="text-align: right;">↓</td> </tr> </table>	ITEM A SER INSPECIONADO		WP 1010	↑	WP 1233		WP 1322		WP 4344	↓	PM-13
ITEM A SER INSPECIONADO												
WP 1010	↑											
WP 1233												
WP 1322												
WP 4344	↓											
PM-05		PM-14										
PM-06		PM-15										
PM-07	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">LOCALIZAÇÃO DO ITEM</th> </tr> <tr> <td>WAR 034 - Warehouse 034</td> <td style="text-align: right;">↑</td> </tr> <tr> <td>SAL 003 - Sala de Trabalho 003</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SAL 004 - Sala de Trabalho 004</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ETT 022 - Estação de Trabalho 022</td> <td style="text-align: right;">↓</td> </tr> </table>	LOCALIZAÇÃO DO ITEM		WAR 034 - Warehouse 034	↑	SAL 003 - Sala de Trabalho 003		SAL 004 - Sala de Trabalho 004		ETT 022 - Estação de Trabalho 022	↓	PM-16
LOCALIZAÇÃO DO ITEM												
WAR 034 - Warehouse 034	↑											
SAL 003 - Sala de Trabalho 003												
SAL 004 - Sala de Trabalho 004												
ETT 022 - Estação de Trabalho 022	↓											
PM-08		PM-17										
PM-09	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Cancelar Confirmar </div>											

Figura 5.20 A - Interface para a função PM_INSPECT

RECOMENDAÇÃO A RESPEITO DO ÍTEM : ***REJEITAR A PEÇA***

OPERAÇÕES REMEDIAIS : ***SUBSTITUIR MATÉRIA PRIMA***

OBSERVAÇÕES : ***MATÉRIA PRIMA DEFICIENTE***

OK

Figura 5.20 B - Interface de retorno para a função PM_INSPECT

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção		
	PM 16 - Manutenção Preventiva	
PM-01	SERVIDOR (ENG. DE MANUTENÇÃO)	PM-10
PM-02	VMD 001 ↑	PM-11
	VMD 002	
PM-03	VMD 003	PM-12
	VMD 004 ↓	
PM-04	IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PM-13
PM-05	CLP 001 - Controle p/ Desgaste ↑	PM-14
	CNC 010 Contr. Comando Numérico	
	AVG 098 - Veículo de Carga	
PM-06	MAQ 122 - Compressor de Ar ↓	PM-15
PM-07	LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PM-16
	AGV ROOM ↑	
	STORE ROOM	
PM-08	CNR ROOM	PM-17
	TOOL ROOM ↓	
PM-09	<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Confirmar"/>	

Figura 5.21 A - Interface para a função PM_REPORT

RECOMENDAÇÃO : MANUTENÇÃO NORMAL

DESCRIÇÃO DAS PARTES AVARIADAS : NÃO HÁ

TEMPO ESTIMADO P/ MANUTENÇÃO : 0

CUSTO ESTIMADO : 0

OBSERVAÇÕES : EQUIPAMENTOS SEM PROBLEMAS

Figura 5.21 B - Interface de retorno para a função PM_REPORT

API_GP - Interface de Aplicação para Gerência de Produção												
	PM 17- Manutenção Corretiva											
PM-01	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SERVIDOR (ENG. DE MANUTENÇÃO)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VMD 001</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>VMD 002</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD 003</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VMD 004</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>	SERVIDOR (ENG. DE MANUTENÇÃO)		VMD 001	↑	VMD 002		VMD 003		VMD 004	↓	PM-10
SERVIDOR (ENG. DE MANUTENÇÃO)												
VMD 001		↑										
VMD 002												
VMD 003												
VMD 004	↓											
PM-02	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CLP 001 - Controle p/ Desgaste</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>CNC 010 Contr. Comando Numérico</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AVG 098 - Veículo de Carga</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAQ 122 - Compressor de Ar</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>	IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO		CLP 001 - Controle p/ Desgaste	↑	CNC 010 Contr. Comando Numérico		AVG 098 - Veículo de Carga		MAQ 122 - Compressor de Ar	↓	PM-11
IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO												
CLP 001 - Controle p/ Desgaste		↑										
CNC 010 Contr. Comando Numérico												
AVG 098 - Veículo de Carga												
MAQ 122 - Compressor de Ar	↓											
PM-03	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AGV ROOM</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>STORE ROOM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CNR ROOM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOOL ROOM</td> <td>↓</td> </tr> </tbody> </table>	LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO		AGV ROOM	↑	STORE ROOM		CNR ROOM		TOOL ROOM	↓	PM-12
LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO												
AGV ROOM		↑										
STORE ROOM												
CNR ROOM												
TOOL ROOM	↓											
PM-04	<div style="text-align: center;"> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Confirmar"/> </div>	PM-13										
PM-05		PM-14										
PM-06		PM-15										
PM-07		PM-16										
PM-08		PM-17										
PM-09												

Figura 5.22 A - Interface para a função PM_SERVICE

PARTES UTILIZADAS : CONECTORES E BUCHAS DE PRESSÃO

TEMPO GASTO NA MANUTENÇÃO : 15 MINUTOS

VALOR GASTO COM AS PARTES : US\$ 25,00

OBSERVAÇÕES : MÁQUINA PRONTA PARA O TRABALHO

Figura 5.22 B - Interface de retorno para a função PM_SERVICE

CAPÍTULO 6

ASPECTOS GERAIS DE IMPLEMENTAÇÃO

Com o objetivo de obter uma avaliação prática do que foi apresentado no Capítulo 5, optou-se por construir as funções da API-GP assim como as telas da interface gráfica proposta.

Nesse sentido uma primeira consideração pode ser feita a respeito do ambiente de programação dos aplicativos de gerência de produção. No caso específico desse trabalho, foi decidido pela construção do software em máquinas da SUN Microsystems. Esse ambiente, disponível no laboratório de pesquisas da COPIN/UFPb, contém recursos de computação distribuída e é formado por um conjunto de estações de trabalho interligadas por uma rede Ethernet¹ sob as quais funciona o sistema operacional SUN/OS (Unix da SUN). Tal estratégia visa atingir os seguintes pontos [CRUZ92c]:

- ❑ Em primeiro lugar, permitir o desenvolvimento num ambiente computacional bastante disseminado para aplicações industriais do tipo CAD/CAM.
- ❑ Em segundo, permitir a utilização efetiva dos recursos de rede disponíveis no ambiente SUN/OS através de sua interface baseada em “socket”², que por sua vez utiliza o protocolo TCP/IP³.
- ❑ E, por último, permitir a utilização das ferramentas gráficas e de tratamento de telas disponíveis nesse ambiente para a implementação de interfaces homem-máquina para os aplicativos de gerência de produção.

¹ Padrão desenvolvido em conjunto pelas empresas DEC, Intel e Xerox que engloba as camadas física e enlace de dados do modelo OSI e as camadas física e MAC (“Medium Access Control”) do padrão IEEE 802.3 para redes locais em barramento que usam o protocolo CSMA-CD [KEISER89].

² Socket é uma abstração (herdada das versões iniciais do Unix BSD - “Berkeley Software Distribution”) implementada como uma “system call” do SUN/OS adaptada para funcionar como uma interface de acesso a protocolos de comunicação como por exemplo o TCP/IP [COMER91].

³ TCP/IP é o codinome dado a uma pilha de protocolos desenvolvidos pela DARPA (“Defense Advanced Research Projects Agency”) que tornou-se um padrão devido à sua larga aceitação como plataforma de comunicação entre sistemas heterogêneos atualmente.

Para a implementação das propostas apresentadas, os seguintes módulos estão envolvidos (figura 6.1):

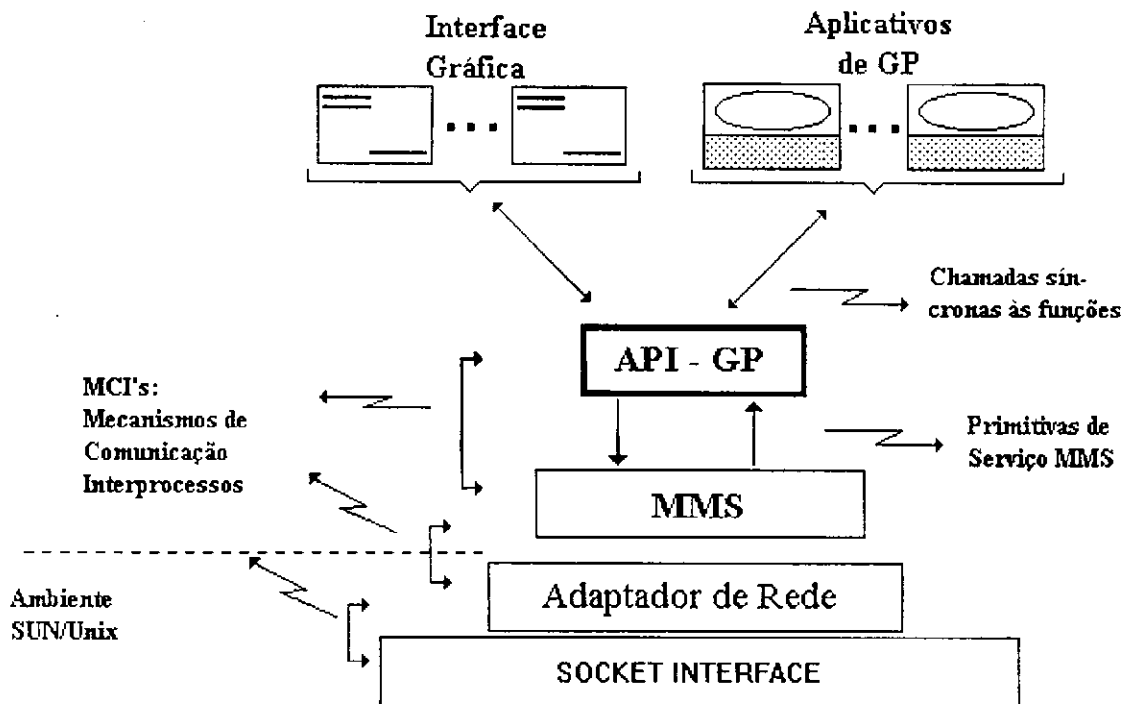


Figura 6.1 - Estrutura dos processos para Gerência de Produção em rede

- ❑ Um módulo de telas da interface gráfica proposta na seção 5.2 implementada com uso dos recursos do ambiente.
- ❑ Um módulo API-GP implementado efetivamente como uma biblioteca escrita em linguagem C que provê para o usuário (aplicativos de gerência de produção) o conjunto de funções descritas na seção 5.1.
- ❑ Um módulo MMS [AGUIAR92] adaptado para a implementação em questão e que pode ser acionado diretamente ou através de sua interface de aplicação ("Application Programming Interface") quando disponível.
- ❑ Um módulo Adaptador de Rede [CRUZ92a] implementado também em linguagem C que permite a adaptação das primitivas MMS nos recursos de transporte do ambiente.

As seções que se seguem apresentam mais detalhes sobre as estratégias utilizadas para implementação desses módulos.

6.1 A INICIALIZAÇÃO DO AMBIENTE OPERACIONAL

A inicialização do ambiente operacional no caso deste trabalho consiste em acionar todos os procedimentos necessários para viabilizar o uso e teste da biblioteca API-GP. Esses procedimentos são executados, na realidade, por um Processo Iniciador cuja funcionalidade está descrita nos itens que se seguem (figura 6.2):

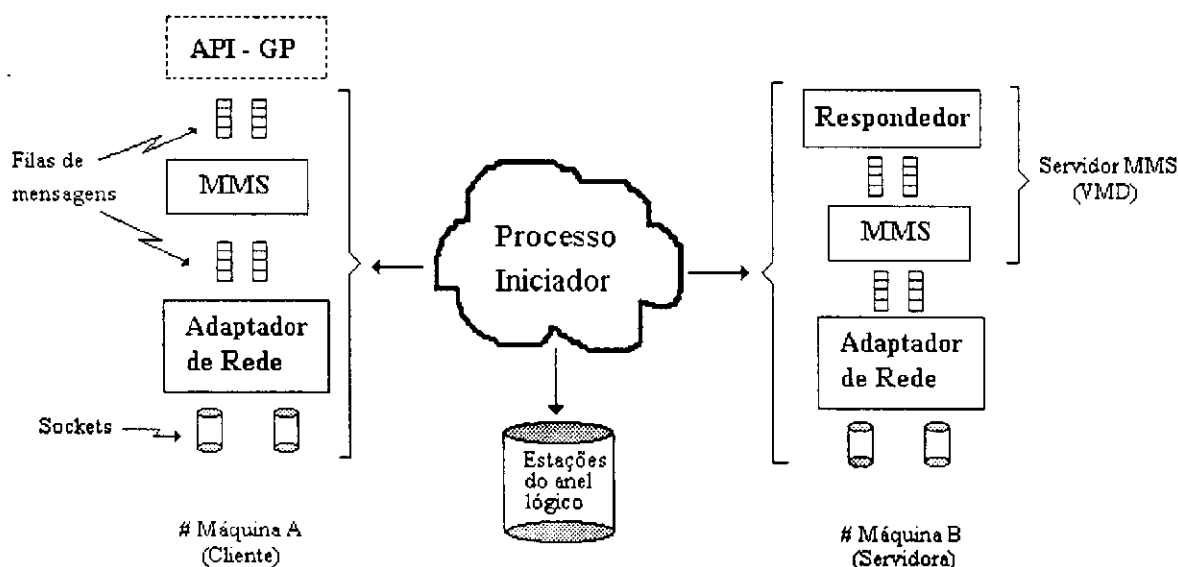


Figura 6.2 - Inicialização dos processos utilizados na implementação

- ❑ Criação de todos os processos envolvidos no uso da API-GP e dos MCI's - Mecanismos de Comunicação entre os Processos¹.
- ❑ Caracterização das estações clientes e servidoras através da instalação de processos de acordo com a funcionalidade desejada para cada uma delas. A diferenciação básica consiste no fato de que nas estações servidoras são ativados os processos MMS, Adaptador de Rede e Responder (descrito mais adiante) enquanto que nas estações clientes apenas os dois primeiros são necessários.
- ❑ Formação de um anel lógico composto pelas estações que simularão o ambiente de funcionamento do chão de fábrica. Na realidade, para fazer parte deste anel dois requisitos são necessários. O primeiro deles é a ativação dos processos mencionados no item anterior. O segundo requisito é o cadastramento dessas

¹ A comunicação entre processos numa mesma máquina foi implementada via filas de mensagens, enquanto que em máquinas distintas essa comunicação foi viabilizada pelo uso de "sockets".

estações e seus endereços¹ num banco de estações servidoras para que seja possível às aplicações clientes acessá-las. Para essa necessidade foi utilizado os recursos do NFS (“Network File System”)² disponível no ambiente.

6.2 O ADAPTADOR DE REDE

Um dos aspectos práticos para prover um conjunto de serviços (ou funções) que seja adaptável a qualquer ambiente de gerência de produção é considerar um suporte para múltiplas arquiteturas de rede. Para isso foi necessário propor, além da interface API-GP, um módulo Adaptador de Rede que torna o MMS e suas interfaces de aplicação totalmente portáveis para plataformas operacionais distintas. Essa flexibilidade é possível porque o Adaptador de Rede foi concebido como um módulo genérico e parametrizável para poder se adequar aos diversos tipos de redes e sistemas operacionais utilizados nas indústrias de manufatura atuais.

Do ponto de vista de funcionamento, este módulo comporta-se como uma espécie de “driver” que propicia um mapeamento das primitivas geradas pelo MMS (“*request/indication/response/confirm*”) para o tipo de interface de transporte disponível para a arquitetura de rede e sistema operacional em uso.

Nessa implementação em específico, o Adaptador de Rede liga o módulo MMS para a camada de transporte provida para a plataforma SUN/Unix/TCP/IP/Ethernet através do uso de sockets, e mantém uma estrutura geral de funcionamento de acordo com o algoritmo apresentado na figura 6.3 a seguir:

¹ O endereço da estação é composto pelo nome lógico da estação e pelo número da porta que a máquina está utilizando.

² O NFS é um sistema de arquivos distribuído desenvolvido pela SUN Microsystems que usa o protocolo TCP/IP para permitir que um conjunto de computadores possam acessar outros sistemas de arquivos como se eles fossem locais. A vantagem principal do NFS sobre outros protocolos de transferência de arquivos convencionais é que ele esconde as diferenças entre arquivos remotos e locais colocando-os no mesmo espaço de nomes.

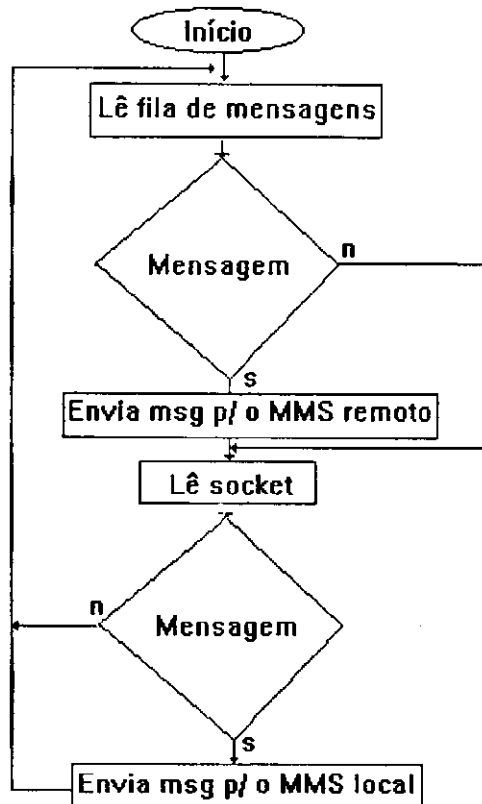


Figura 6.3 - Algoritmo de funcionamento do Adaptador de Rede

6.3 A IMPLEMENTAÇÃO DA API-GP

Conforme foi apresentado na figura 6.1, a interface API-GP é, na realidade, uma biblioteca de funções escrita em linguagem C, que permite controlar máquinas remotas via os recursos do MMS de uma maneira transparente para o usuário. Isto ocorre porque a semântica de acesso ao MMS está escondida dentro do escopo das funções. Para uso dessas facilidades os seguintes procedimentos são necessários:

- ❑ A aplicação do usuário deve conter no início do programa, a linha `<#include "pm.h">`, onde `pm.h` é o nome do arquivo que contém as definições das funções da interface.
- ❑ Além disso, no momento da compilação do código da aplicação, o usuário deve se preocupar em ligá-lo (provocar um "link") com o arquivo `pm.c` que contém o escopo das funções da biblioteca.

Uma vez executados os passos acima, o usuário pode chamar funções API-GP passando os parâmetros que serão devidamente levados ao destino. A figura 6.4 a seguir ilustra o caminho percorrido pelas informações do usuário até o VMD remoto.

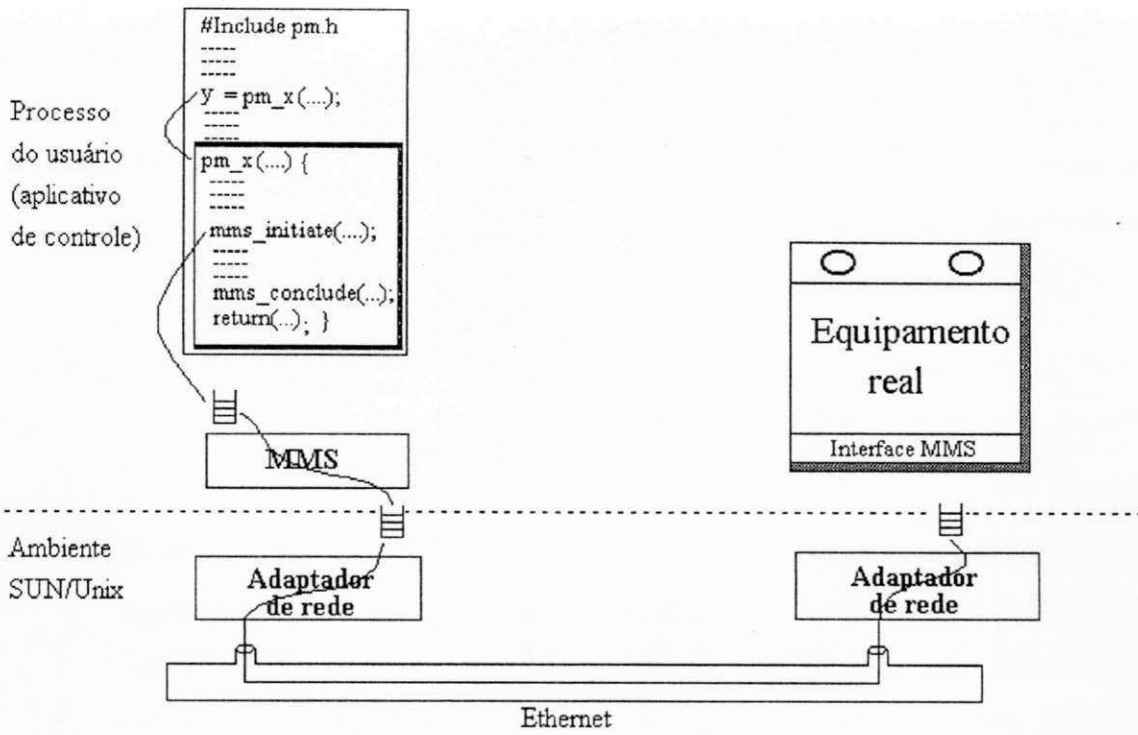


Figura 6.4 - Caminho percorrido pelos parâmetros das funções API-GP

De um modo geral as funções API-GP comportam-se da seguinte maneira (figura 6.5):

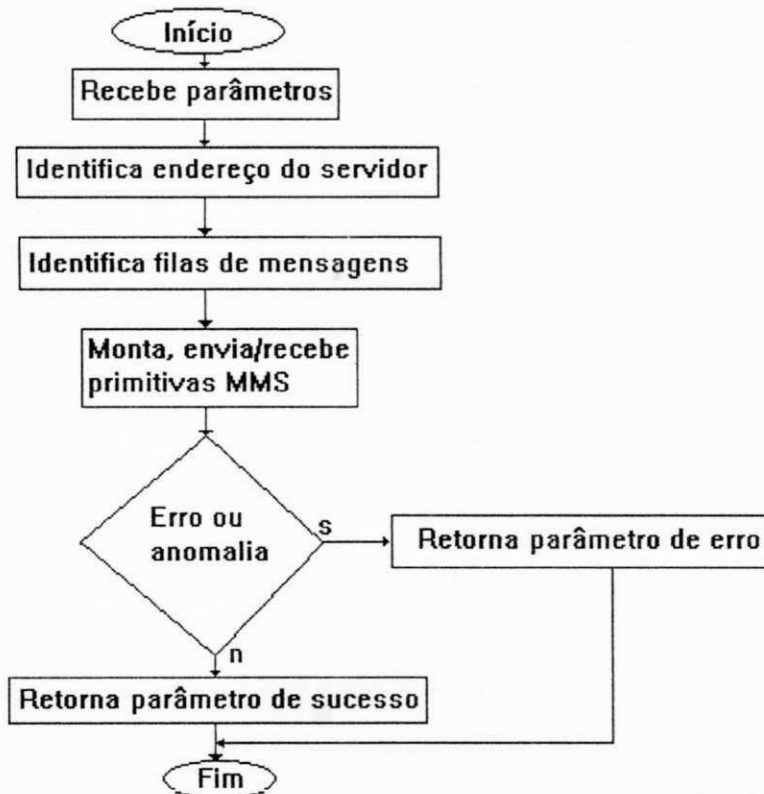


Figura 6.5 - Fluxograma geral de funcionamento das funções API-GP

- ❑ Recebimento dos parâmetros da função dentre eles o nome de identificação do VMD destinatário.
- ❑ Acesso ao banco de dados de estações para descobrir o endereço físico do servidor. Se o servidor não é encontrado uma indicação de erro é devolvida ao usuário.
- ❑ Recuperação do endereço de identificação da fila de mensagens para acesso ao MMS. Se as filas não estiverem criadas ou o MMS estiver fora do ar uma indicação de erro é devolvida para o usuário.
- ❑ Montagem das primitivas MMS adequadas e o envio das mesmas (via fila de mensagens) para o VMD remoto estabelecendo assim um diálogo entre as partes. A partir desse momento cabe à função chamada controlar a emissão/recepção de primitivas MMS e interpretá-las, sendo que duas situações podem ocorrer: A primeira delas é a ocorrência de anomalias tais como primitivas fora de sequência, erros do protocolo ou problemas no servidor. Nesses casos considera-se um tempo mínimo para que o problema seja resolvido e, se o problema persistir, um parâmetro indicando a ocorrência do erro é repassado para o usuário; A segunda hipótese é se o diálogo com o servidor fluir corretamente e os objetivos da função em questão forem alcançados, então um parâmetro indicando sucesso é repassado ao usuário.

6.3.1 ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA OS TESTES DA API-GP

Devido à falta de equipamentos (com suas respectivas interfaces MMS) que pudessem simular uma situação real de gerência no chão de fábrica, para os testes da biblioteca API-GP foi preciso preencher alguns requisitos de adaptação conforme está descrito a seguir:

- ❑ A primeira adaptação referiu-se ao módulo MMS disponível no laboratório de pesquisas da COPIN/UFPb adequando-o para as necessidades dos testes. Na realidade este módulo foi projetado para ser um servidor voltado para CLP's classe 3 funcionando sobre uma pilha de protocolos Mini-MAP¹, e por isto tem características específicas relacionadas à forma de interação com as camadas adjacentes e com a entidade parceira. O protocolo não foi modificado na sua

¹ O Mini-MAP é uma versão simplificada da arquitetura de comunicação MAP composta apenas pelas camadas física, de enlace e de aplicação.

essência mas houve necessidade de uso restrito de algumas estruturas de dados definidas no protocolo e alguns serviços tais como os da Unidade Funcional de Comunicação com o Operador precisaram ser completamente construídos.

- A outra adaptação referiu-se à construção de um Processo Responder que, junto com o MMS nas estações servidoras pudesse representar o comportamento dos diversos servidores do chão de fábrica (CLP's, robôs, etc). Na realidade o Responder foi concebido de forma a receber primitivas MMS quaisquer e interpretá-las dando os retornos necessários aos solicitantes. Vale ressaltar que esse módulo foi escrito em linguagem C e possui uma interface de interação com o usuário, a partir de onde é possível configurá-lo para um determinado comportamento.

6.4 A IMPLEMENTAÇÃO DA INTERFACE GRÁFICA

Uma das grandes vantagens em adotar a plataforma SUN/OS para o desenvolvimento desse trabalho, foi a possibilidade de uso das facilidades de construção de interfaces gráficas voltadas para o usuário (GUI's - "Graphical User Interfaces").

Na realidade o SUN/OS possui sobre o seu núcleo o Sistema X Window [XWIND88], um sistema padrão que oferece serviços básicos para a criação e gerenciamento de GUI's em ambientes distribuídos. Esse sistema permite que várias janelas, em uma mesma estação de vídeo, mostrem resultados de aplicações que podem estar sendo executadas local ou remotamente¹.

Do ponto de vista de implementação a interface proposta na seção 5.2 foi construída sobre o XView², uma biblioteca que possui funções para a criação e controle de janelas, menus, botões, barras de rolagem, "notices", etc. segundo uma filosofia de programação orientada a objetos. Portanto, o trabalho de construção da interface se resumiu em dois pontos básicos:

¹ Em ambiente SUN, as aplicações remotas se conectam ao vídeo local através dos serviços de rede oferecidos pelo TCP/IP. No caso da interface proposta, esse recurso não foi utilizado uma vez que a aplicação e a interface residem na mesma estação de trabalho.

² XView é um conjunto de funções de alto nível de abstração construídas sobre a biblioteca Xlib (rotinas básicas do sistema X WINDOW) para a plataforma SUN.

- ❑ Definição do “layout” das telas e dos objetos que seriam utilizados em cada uma delas, o que foi facilitado pelo uso do aplicativo GUIDE, um gerador de interfaces XView construído para ambiente SUN/OS.
- ❑ Especificação dos procedimentos ou rotinas associados a cada um dos objetos utilizados na interface e o registro dos mesmos através de funções da XView.

Uma vez apresentadas as propostas referentes a esse trabalho e os aspectos de implementação das mesmas, parte-se então, no próximo capítulo, para as conclusões finais.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO

A gerência de produção é uma atividade multi-disciplinar que tem recebido muitas contribuições nos últimos anos. Nos dias atuais, tem-se que as redes industriais são uma realidade e, como tal, fornecem um serviço de comunicação no chão de fábrica que pode contribuir para uma melhor realização das funções de gerência de produção. Neste trabalho, procura-se fundamentalmente demonstrar a viabilidade desta estratégia através de propostas e implementações, conforme foi apresentado.

No que diz respeito às propostas, as funções da interface API-GP foram obtidas a partir de um sentimento adquirido através de visitas técnicas a fábricas de manufatura aliadas à uma compreensão sobre as observações feitas em [RAE91], [HEIZER91] e outras referências sobre manufatura, enquanto que para a interface gráfica a estratégia foi utilizar os recursos gráficos do ambiente SUN.

Como resultados obtidos sobre a implementação propriamente dita, as simulações puderam comprovar a simplicidade de uso da API-GP e a eficiência da comunicação entre equipamentos remotos com uso do Adaptador de Rede. A solução para o suporte de redes com uso da estratégia mencionada, do ponto de vista de arquitetura de protocolos é uma opção pragmática e visa simplesmente prover flexibilidade. Por este motivo não deve ser tida como um caminho único para implementar uma rede para a manufatura. Em efeito tanto a tecnologia IEEE 802.3/Ethernet como a própria definição dos demais protocolos no ambiente Unix/SUN não são completamente adequados para uma rede industrial, uma vez que as arquiteturas padronizadas são uma solução melhor aceita.

Vale mencionar que as escolhas quanto à estruturação dos processos, mecanismos de comunicação utilizados e, mais especificamente sobre o ambiente de implementação, representam o fruto de nossa experiência adquirida durante o curso de mestrado e visaram atender os requisitos de simplicidade, praticidade e de aplicabilidade de soluções geradas no ambiente da automação integrada.

Por fim, como proposições para trabalhos futuros, os seguintes pontos podem ser questionados, dentre outros:

- ❑ A construção de servidores MMS específicos implementados nos dispositivos reais seria uma boa alternativa para que os problemas de controle e monitoração do chão de fábrica pudessem ser melhor discutidos.

- ❑ O Adaptador de Rede construído nesse caso possui uma estrutura de controle muito simplificada e especificamente voltada para resolver os problemas de comunicação dentro do ambiente SUN. Pesquisas poderiam evoluir no sentido de torná-lo mais genérico e confiável, para o funcionamento com outras plataformas.

CAPÍTULO 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

[**AGUIAR92**] Aguiar, V.C.M., "Implementação de um Servidor MMS para Controladores Lógico Programáveis", Dissertação de Mestrado em Informática - UFPB, Campina Grande - Pb, 1992.

[**BOEING87**] Boeing Corporation, "TOP - Technical Office Protocols Version 3.0", 1987.

[**BRILL91**] Brill, M., Gramm, U., "MMS: MAP Application Services for the Manufacturing Industry", Computer Networks, Vol.2 No. 5, 1991.

[**BROWNE88**] Browne, Harhen, Shivnan, "PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS: A CIM PERSPECTIVE", Addison Wesley, 1988.

[**CASC91**] IBM/ILAT, Documentação Técnica referente ao 19o. CASC - (Cursos Avançados de Sistemas de Computação) com ênfase em manufatura, Campinas, 1991.

[**COLL88**] McColl, F.J., "FDDI: Getting to Know the Inside of the Ring", Data Communications, March, 1988.

[**COMER91**] Comer, E. Douglas. "INTERNETWORKING WITH TCP/IP VOL. 1; PRINCIPLES, PROTOCOLS AND ARCHITECTURE". Prentice-Hall, 2nd. Edition, 1991.

[**CRUZ92a**] Cruz, F. William & Martins, J.S.B. "Uma Abordagem para a Gerência de Produção em Redes Industriais". Anais do 10º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Pags. 121 a 132., Recife, Abril, 1992.

[**CRUZ92b**] Cruz, F. William & Martins, J.S.B. "PAGP - Um Padrão Associado para Gerência de Produção". INDUSCON - Conferência Internacional sobre Aplicação Industrial de Eletricidade, São Paulo, 1992.

[**CRUZ92c**] Cruz, F. William & Martins, J.S.B. "Supporting Production Management for Manufacturing". IFAC - International Federation of Automatic Control; IMS'92 - International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Dearborn, Michigan, USA, October, 1992.

[**DAIGLE88**] Daigle, J.N. et al, "Communications for Manufacturing: An Overview", IEEE Network, Vol.2, Nº 3, Pags. 6 a 13, 1988.

[**EIA87**] - Electronics Industry Association, "Manufacturing Message Specification - MMS: Service and Protocol Specification", 1987.

[**ESPRIT'85**] Commission of the European Communities Status Report, Elsevier Science Publishers, North Holland, Amsterdam, 1986.

¹ Todas as referências relacionadas foram mencionadas no corpo do trabalho com exceção apenas das que estão sublinhadas.

- [**FERRATÉ86**] Ferraté, G., "ROBÓTICA INDUSTRIAL", Marcombo S.A, 1986.
- [**GIOZZA86**] William Giozza et al., "REDES LOCAIS DE COMPUTADORES - TECNOLOGIA E APLICAÇÕES", McGraw-Hill, 1986.
- [**GM87**] General Motors, "MAP (Manufacturing Automation Protocols) Specification - Version 3.0", 1987.
- [**GUFFIN88**] McGuffin, L.J. et al., "MAP/TOP in CIM Distributed Computing". IEEE Network, Vol.2 No.3, Pags. 23 a 31, 1988.
- [**HALSALL88**] Halsall, F. "DATA COMMUNICATIONS, COMPUTER NETWORKS AND OSI", Addison-Wesley Publishing Company, 1988.
- [**HEIZER91**] Jay Heizer and Barry Render, "PRODUCTIONS AND OPERATIONS MANAGEMENT", Allyn and Bacon, Second Edition, 1991.
- [**HENDERSON92**] Henderson, A., "CIM For Beginners", F2E/WG10A, Atlanta, GA, 1992.
- [**IBM90**] IBM/IMSC International Manufacturing Systems Center, "Enterprise Business Process Reference Model Draft", Version 1.1, IBM Corporation, 1990.
- [**IEC89**] IEC/SC65A/WG6/TF7 - International Electrotechnical Commission, "Programmable Controller Message Specification", 1989.
- [**ISA87**] ISA DS72.02 - Instrument Society of America, "Companion Standard for Process Control", 1987.
- [**ISO84**] International Standards Organization, "Basic Reference Model", ISO-IS 7498, 1984.
- [**ISO87**] ISO 8824, "Information Process Systems - Open Systems Interconnection - Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1)", 1987.
- [**ISO89a**] ISO 9506/3. "Robot Specific Message System (Robot Companion Standard for MMS)", 1989.
- [**ISO89b**] ISO 9506/4. "Numeric Control Message Specification (Numeric Control Companion Standard to ISO/IEC 9506/1 + 2)", 1989.
- [**KEISER89**] Keiser, E. Gerd. "LOCAL AREA NETWORKS", Mc Graw-Hill Book Company, 1989.
- [**KERNIGHAN88**] Kernighan, W. Brian & Ritchie, M. Dennis. "C, A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO", Editora Campus, 4a. Edição, 1988.
- [**KUSIAK88**] Andrew Kusiak et al., "Computer Integrated Manufacturing: A Structural Perspective", IEEE Network, Vol.2, N° 3, Pags. 14 a 22, 1988.

[**LIMA90**] Lima, P.A.C., "Um Modelo para Implementação de um Serviço e Protocolo de Transferência de Arquivos em Rede", Dissertação de Mestrado em Informática, UFPB, Campina Grande - Pb, 1990.

[**MARTINS90**] Martins, J.S.B., "Redes Industriais: O Estado da Arte da Tecnologia", 1º Seminário sobre Redes de Comunicação Industrial, São Paulo, 1990.

[**MENDES89**] Mendes, M.J., "Comunicação Fabril e o Projeto MAP/TOP", IV EBAI, Argentina, 1989.

[**PLEINEVAUX88**] Pleinevaux, P., Decotignie, J.D., "Time Critical Communications Networks: Field Bus", IEEE Network, Vol.2, No.3 pags. 55 a 63, 1988.

[**RAE91**] Rae, A. Kennedy, "An MMS Companion Standard for Production Management", Department of Computer Science, University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom, 1991.

[**REMBOLD90**] Rembold, U. et al, "COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING TECHNOLOGY AND SYSTEMS", Marcel Dekker, inc, 1990.

[**SCHILDT90**] Schildt, H. "C, COMPLETO E TOTAL", Mc Grall Hill, 1990.

[**SIEM89**] Natale, F., "AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL", Siemens S.A, Nobel, 1989.

[**SUN90**] SUN Microsystems, "Network Programming Guide", Revision A, 1990.

[**TANENBAUM89**] Tanenbaum, S. Andrew, "COMPUTER NETWORKS", Second Edition, Prentice-Hall International, Inc, 1989.

[**TRIPATHI88**] Tripathi, S.K. et al, "On Fault Tolerance in Manufacturing Systems", IEEE Network, Vol.2 No.3, pags. 32 a 39, 1988.

[**UNIC92**] Agostinho, O. Luiz, "Sistemas Flexíveis e Integrados de Manufatura", Apostila referente ao Curso de Especialização em Engenharia de Produção - Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, 1992.

[**WAKIL90**] Wakil, D. El Sherif, "Processes And Design For Manufacturing", Prentice Hall, 1990.

[**XWIND88**] The X Window System, Xlib Programming Manual for Version 11. Volume One. Newton: O'Really and Associates Inc., 1988.