DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

DEEC

FEUP

Integração de Um Sistema de Fabrico Flexível Modelo Implementado no CCP

Miguel Alexandre de Almeida Mota Barreto de Magalhães

043m cat
681.3(043)MAGm|INT
UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA
Nº 7671
CDU
Data

Porto, 1995
Faculdade de Engenharia
UNIVERSIDADE DO PORTO

Aos meus pais, ao Paulo, ao Guilherme
e especialmente à Monica.


Sistema de Fabrico Flexível
Unidade de Produção do
Centro de CIM do Porto

Agradecimentos

A concretização deste trabalho só foi possível, graças à disponibilidade e apoio dos professores responsáveis pelo Centro de CIM do Porto, nomeadamente dos Profs. Franquelim Ferreira (orientador da tese) e Carlos Sá (responsável pelo projecto EP5629).

As suas capacidades de trabalho, experiência e conhecimentos transmitidos, constituíram sempre um forte estímulo para a prossecução do trabalho.

A todos, sem esquecer a colaboração dos colegas, companheiros amigos, o meu reconhecido agradecimento.

Índice

Índice i
Sumário vi
Parte I
Introdução I-1
Parte II
1. Planeamento e Controlo II-1
1.1 Concepção Hierárquica do Planeamento e Controlo II-1
1.2 Tipos de estruturas hierárquicas de controlo II-2
1.2.1 Construção de um sistema hierárquico de Controlo de Produção II-4
1.2.2 Transferências e fluxo de informação entre níveis de controlo II-5
1.2.3 Desenvolvimentos futuros II-6
1.3 CIM II-7
1.3.1 Como alcançar o CIM? II-7
1.3.2 Visão do futuro II-8
2. Modelos II-9
2.1 Modelos Existentes II-9
2.2 Conceito de CIM da IBM II-11
2.3 Modelo hierárquico NIST - AMRF II-12
2.4 Conceito CIM da Siemens II-14
2.5 Conceito CIM da Digital Equipament Corporation II-16
2.6 Modelo ESPRIT CIM - OSA II-18
2.7 Modelo CIM de Amherst-Karlsruhe II-23
2.7.1 Sub-modelo - sistema de produção II-24
2.7.2 Sub-modelo - produto II-26
2.7.3 Sub-modelo - Planeamento do Processo II-27
2.7.4 Sub-modelo - Rede de comunicações para a fábrica CIM II-32
2.7.5 Sub-modelo - Base de Dados CIM II-34
Parte III
3. Centro de CIM do Porto III-1
4. A Unidade de Produção III-5
5. Descrição da Unidade de Produção III-13
5.1 Filosofia de Produção III-16
5.2 Célula de Fabrico (CF) III-18
5.2.1 Recursos Disponíveis III-18
5.3 Célula de Montagem (CM) III-21
5.3.1 Descrição dos recursos III-22
5.4 Célula de Armazenamento e Transporte de Materiais (CATM) III-25
5.4.1 Introdução III-25
5.4.2 Sistema de Gestão do AGV III-26
5.4.3 Sistema de Gestão do Armazém Automático III-27
5.4.4 Mesas de Transferência III-27
5.4.5 Características do AGV: III-27
5.4.6 Características do Armazém Automático III-27
5.4.7 Características das Mesas de Transferência III-28
5.4.8 Comunicações III-31
5.5 Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas (CP) III-33
5.5.1 Introdução III-33
5.5.2 Constituição da Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas III-33
5.6 Infraestruturas de comunicação III-35

5.6.1 Layout III-35
5.6.2 Esquema Hierárquico e Protocolos de Comunicação III-36
6. Descrição dos estados das células III-37
6.1 Célula de Fabrico III-37
6.1.1 Descrição das operações base III-37
6.1.2 Estados da célula III-38
6.1.3 Funções básicas de controlo III-40
6.2 Célula de Montagem III-42
6.2.1 Enumeração e descrição das operações base III-42
6.2.2 Eventos/Fluxos de informação da célula de montagem III-45
6.3 Célula de Armazenamento e Transporte de Materiais III-48
6.3.1 Estados III-48
6.3.2 Eventos/Operações AGV III-49
6.4 Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas III-50
6.4.1 Descrição das operações base III-50
Parte IV
7. Modelo CIM do CCP IV-1
8. O PGP IV-4
8.1 MRP IV-8
8.1.1 VISÃO GERAL SOBRE UM SISTEMA MRP IV-9
8.1.2 ESTRUTURA DE UM SISTEMA MRP IV-10
8.1.3 CONCLUSÕES IV-16
8.2 Os Focos de Integração do PGP IV-17
9. A escolha do CCP para o objecto PGP IV-20
10. O SFC IV-23
10.1 A monitorização IV-23
10.1.1 Monitorização de OF pelo seu estado IV-24
10.2 O Despacho IV-26
10.3 O Escalonamento IV-27
10.4 A Manutenção IV-28
11. A escolha do CCP para o objecto SFC IV-30
12. O Projecto IV-31
13. A escolha CCP para o objecto Projecto. IV-36
Parte V
14. Conclusão V-1
Bibliografia Bibliografia-1

Figuras

Parte I
Figura 1 Despesas em actividades de I&D - BFE ($/capita) I-1
Parte II
Figura 2 Lutz 1987-concepção modular de uma actividade de controlo II-6
Figura 3 Modelo CIM da IBM II-11
Figura 4 Modelo CIM NIST-AMRF II-13
Figura 5 Modelo CIM Siemens II-15
Figura 6 Modelo CIM Digital II-16
Figura 7 Infraestrutura de integração do Modelo CIM Digital II-17
Figura 8 Os dois ambientes de integração do CIM-OSA II-19
Figura 9 Utilização do Modelo CIM-OSA II-20
Figura 10 Vista da função II-21
Figura 11 Infraestutura de comunicação II-22
Figura 12 Protocolos internos de comunicação II-22
Figura 13 Meios de transferência de informação II-24
Figura 14 Estrutura do modelo Amherst-Karlsruhe II-25
Figura 15 Comunicação inter-módulos II-26
Figura 16 Diagramas de modelação do produto II-27
Figura 17 Áreas de planeamento II-28
Figura 18 Transferência de informação entre o CAD e o CAP entre o desenho e o planeamento do processo II-28
Figura 19 Métodos de programação CNC II-29
Figura 20 Métodos de programação de Robôs II-29
Figura 21 Tipos de programação II-30
Figura 22 Acções de planeamento (nível mais elevado da estrutura) II-31
Figura 23 Tarefas do nível mais baixo II-31
Figura 24 Conexão à rede tipo Backplane II-32
Figura 25 Utilização de micro-computadores na conexão à rede II-32
Figura 26 Exemplo da infraestrutura de comunicações II-33
Figura 27 Topologias mais comuns II-34
Figura 28 Modelo hierárquico II-34
Figura 29 Modelo tipo rede II-34
Figura 30 Base de dados Independentes II-36
Figura 31 Base de dados Centralizada II-37
Figura 32 Base de dados de sobreposição II-37
Figura 33 Base de dados distribuída II-37
Parte III
Figura 34 Visão de Paul Ranky dos subsistemas CIM III-10
Figura 35 Flexibilidade / produtividade III-11
Figura 36 Actividades de uma FMS (sobre um ambiente de comunicação) III-13
Figura 37 Células CCP III-14
Figura 38 Estrutura hirerárquica de controlo III-14
Figura 39 Estrutura hierárquica de controlo do CCP III-15
Figura 40 Planta da Unidade de Produção do CCP III-16
Figura 41 Representação do fluxo de materiais na UP III-17
Figura 42 Planta da CF III-18
Figura 43 Centro de Torneamento III-18
Figura 44 Centro de Maquinagem III-19
Figura 45 Robô de 6 eixos III-20
Figura 46 Célula de Montagem III-21

Figura 47 Planta da Célula de Montagem III-22
Figura 48 Planta da oficina piloto III-26
Figura 49 Transferência de contentor III-28
Figura 50 Comunicação AGV/Mesas III-29
Figura 51 Comunicações da Célula de Armazenamento e Transporte de Materiais III-32
Figura 52 Celula de Paletização e Aferição de Ferramentas III-33
Figura 53 Infraestruturas de comunicação do CCP III-35
Figura 54 Hierarquia e protocolos de comunicação III-36
Figura 55 Operações da Célula de Fabrico III-37
Figura 56 Opreações de Transporte Carga/Descarga III-37
Figura 57 Estado da CF III-38
Figura 58 Estados de *Serviço* III-38
Figura 59 Estados de *Funcionar* III-38
Figura 60 Diagrama de estados das máquinas III-39
Figura 61 Estados do robô KUKA III-39
Figura 62 Estados de excepção da Célula de Fabrico III-40
Figura 63 Fluxo de materiais na CM III-44
Figura 64 Eventos relacionados com uma operação de transporte III-45
Figura 65 Eventos relacionados com uma operação de montagem III-45
Figura 66 Eventos relacionados com uma operação de pousar objecto III-46
Figura 67 Estados da Célula de Montagem III-46
Figura 68 Estado em *Serviço* III-46
Figura 69 Estados do robô III-47
Figura 70 Estados da CATM III-48
Figura 71 Estado *Em Serviço* III-48
Figura 72 Estado *AGV Operacional* III-49
Figura 73 Estado *AS/RS Operacional* III-49
Figura 74 Operações do AGV III-49
Figura 75 Fluxo de materiais na CP III-50
Figura 76 Estados da Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas III-50
Figura 77 Diagrama de Estados da CP III-50
Figura 78 Estados de Excepção da CP III-51

Parte IV

Figura 79 Modelo CIM do CCP IV-3
Figura 80 Exemplo de um MPS IV-11
Figura 81 BOM -Àrvore de produto IV-12
Figura 82 Expansão do produto ao nível mais baixo de cada item IV-12
Figura 83 Indented IV-13
Figura 84 Lista de um nível IV-13
Figura 85 Inventory status file IV-14
Figura 86 Estrutura do MRP IV-15
Figura 87 Ligação PGP/Projecto IV-17
Figura 88 Ligação PGP/SFC IV-17
Figura 89 Módulos do Triton IV-21
Figura 90 Concepção do Triton IV-21
Figura 91 Estados das ordens de fabrico (OF) IV-25
Figura 92 Politica de comunicação implementada pelo SFC do CCP IV-26

Tabelas

Parte I
Tabela 1 Evolução da Organização da Produção I-2
Tabela 2 Evolução das tecnologias de comando dos processos de produção I-3
Parte II
Tabela 3 Exemplo da forma de armazenamento de modelos de dados relacionais II-35
Parte III
Tabela 4 Comparação entre "flow-shop's" III-7
Tabela 5 Caracteristicas das mesas de transferência III-29
Tabela 6 Denominação dos buffers III-42
Tabela 7 Movimentação entre buffers da CM III-42

Sumário

Este trabalho apresenta uma breve referência a estruturas de planeamento e controlo e a métodos de implantação CIM. Apresenta modelos de implementação de produção assistida por computador, genéricos e não genéricos: IBM, NIST-AMRF, Siemens, Digital, CIM-OSA e Amherst-Karlsruhe. Descreve a Instituição de I&D Centro de CIM do Porto (CCP), referindo o equipamento e o layout da sua unidade de produção. Apresenta finalmente o modelo de CIM utilizado na integração deste sistema flexível de fabrico.

Os objectos PGP (Planeamento e Gestão de Produção), Projecto e SFC ("Shop Floor Controller"), os módulos que os constituem e a escolha do CCP de aplicações que cobrem as especificações dos objectos ou módulos, e ainda a utilização de infraestruturas de comunicação nesta implementação, são descritos neste documento. A análise e os caminhos a seguir para a evolução do modelo utilizado na integração do sistema flexível de fabrico, são a conclusão deste trabalho.

Abstract

This report presents a brief reference to structures of planning and control and to methods of CIM implementation. It presents computer aided production models of implementation, either generic and non generic: IBM, NIST-AMRF, Siemens, Digital, CIM-OSA and Amherst-Karlsruhe. It also describes the Centro de CIM do Porto (CCP) R&D Institution, referring its equipment and the layout of its production unit. It finally presents de CIM model used in the integration of this flexible manufacturing system.

The objects PGP (Planeamento e Gestão de Produção - production planning and management), Projecto (project) and SFC (Shop Floor Controller), the models that constitute them and CCP choices applications that cover the specifications of the objects and modules and, finally, the utilization of communication infrastructures on this implementation, are described on this document. The analysis and the directions which may be followed to further develop the model use in the integration of the flexible manufacturing system, are presented in the conclusion of this work.

Parte I

Introdução

Introdução

A - O aparecimento de CIM (Computer Integrated Manufacturing - produção assistida por computador) e a sua importância geraram estudos de modelos genéricos capazes de proporcionar enquadramento de desenvolvimento do conceito, independentemente do sector industrial a que se destinavam ou destinam. As razões subjacentes à criação e utilização de CIM prendem-se com:

- — longevidade do produto (curta)
- — necessidade de introduzir larga variedade do produto (famílias de produtos) para satisfação das necessidades de mercado e consequente obtenção de maiores cotas
- — capacidade de gerar novos produtos
- — necessidade, em consequência destas três razões, de flexibilizar a produção.

A forma mais rápida e correcta de obter soluções para a sobrevivência de empresas no mercado é a do recurso à inovação.

Entende-se como "inovação": inovar - não é fazer de novo nem fazer diferente; é fazer melhor no sentido de que se fez algo que alguém compra; é satisfazer melhor as necessidades de um dado cliente ou do mercado em geral.

Não há inovação sem investimento em actividades de I&D (Fig. 1)

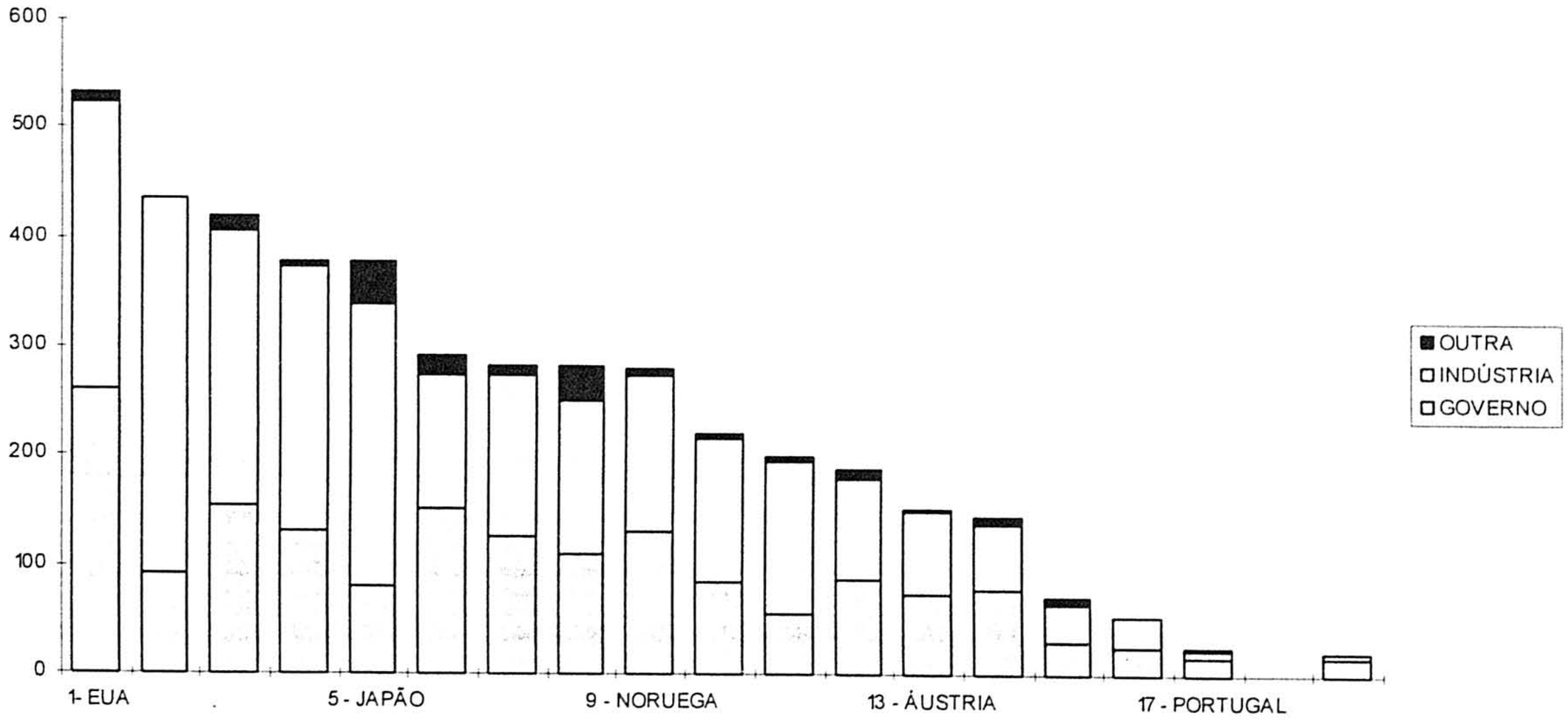


Fig. 1 - Despesas em actividades de I&D - BFE (Banco de Fomento e Exterior) ($/capita)

1-EUA; 2-Suiça; 3-Suécia; 4-Alemanha Fed.; 5-Japão; 6-França; 7-Holanda; 8-Reino Unido; 9-Noruega
10-Finlândia; 11-Bélgica; 12-Dinamarca; 13-Áustria; 14-Itália; 15-Irlanda; 16-Espanha; 17-Portugal; 18-Turquia; 19-Grécia

Para a conseguir, há, basicamente, três caminhos:

— processo produtivo

— produto

— gestão

O produto, como já foi referido, tem tempo de vida curto e a sua inovação depende dos processos produtivos disponíveis.

Assim, se considerarmos o significado de tecnologia - " conjunto de conhecimentos aplicável à produção de bens", rapidamente poderemos concluir que a tecnologia a empregar no processo produtivo deve ser, segundo Artur Little, "emergente" (como garantia de produtividade e competitividade) e, acima de tudo, flexível em relação às operações que realiza e ao material que consome na sua realização.

Alguns conhecimentos/tecnologias podem ser vistas na Tabela 1.

MODELO	TAYLORISMO	FORDISMO	ORGANIZAÇÃO FLEXÍVEL DA PRODUÇÃO
OBJECTIVOS	• Eliminar os tempos mortos dos trabalhadores	• Eliminar os tempos mortos das máquinas e os desperdicios dos materiais	• Aumentar competitividade das produções
MEIOS	• Separação entre concepção e execução • Parcelização do trabalho de execução	• Separação entre concepção e execução • Parcelização do trabalho de execução • Trabalho em cadeia	• Diluição das funções • Flexibilidade • Incorporação do "Saber" nas máquinas • Integração de processos
SECTORES A QUE SE APLICA	• Produção de grandes séries • Indústrias de processos descontinuos		• Produção em grandes e pequenas séries • Indústrias de processos descontinuos e continuos

Tabela 1 - Evolução da Organização da Produção

Se tivermos em conta que o ciclo de vida da tecnologia tem uma curva idêntica à do produto, logo compreenderemos que o aumento do citado tempo de vida - como tecnologias chave e emergentes - só pode ser obtido pela capacidade de se gerarem e fabricarem produtos inovadores durante longo tempo.

Só um sistema de produção flexível pode assegurar que um processo produtivo garanta uma grande variedade de produtos.

Para a concepção rápida dos produtos e para a sua imediata produção e comercialização, a tecnologia emergente a utilizar designa-se por CIM. Segundo a designação utilizada pelas tecnologias EACRO (European Association of Contract Research), essa tecnologia (CIM) tende a ser genérica, já que todos os sectores industriais a têm de utilizar.

	Introdução Máquinas Feramenta no Reino Unido	Introdução Instrumentos de precição nos EUA	Introdução sistema Taylor nos EUA	Controlo estat.atistico de produção	Comando numérico	Produção por computadores
Data de referência	1800	1850	1900	1940	1963	1985
Número de máquina	3	50	150	150	50	30
Dimensão mínima de eficiência = nº de empregados	40	150	300	300	100	30
Ratio						
Pessoal gestão / Pessoal de produção	0 : 40	20 : 130	60 : 240	100 : 200	50 : 50	20 : 10
Ganho de probabilidade	4 : 1	3 : 1	3 : 1	3 : 2	3 : 1	3 : 1
Quebras de produtividade	0.8	0.5	0.25	0.08	0.02	0.005
Número de produtos	Infinito	3	10	15	100	Infinito

Tabela 2 - Evolução das tecnologias de comando
dos processos de produção

Pelas razões apontadas poucas dúvidas poderão subsistir quanto à necessidade de conceber modelos que facilitem a criação, reconversão e remodelação de empresas, com base no conceito CIM.

B - A presente tese é constituída por um conjunto de capítulos, cuja sequência, tal como a seguir se apresenta, procura corresponder à lógica de concepção e de estrutura do trabalho.

1. Ilustração de alguns conceitos básicos a qualquer integração.
2. Descrição de alguns modelos, desde o primeiro conhecido - o da IBM - até à de modelos genéricos.
3. Apresentação do Centro de CIM do Porto, com descrição da sua unidade de produção que mais não é que um sistema flexível de fabrico.
4. Apresentação do modelo de integração do CCP.

Contudo, esta tese não pretende apresentar um estudo aprofundado dos modelos de integração disponíveis, mas tão só uma solução simples, cuja implementação prática resultou na integração do Sistema Flexível de Fabrico do Centro de CIM do Porto.

Afigura-se útil, ainda, desenvolver, resumidamente os pontos 3 e 4 (Apresentação do Centro de CIM do Porto e Apresentação do modelo de integração do CCP):

O autor foi e é o responsável pela equipa de Planeamento e Gestão de Produção e coadjuvante na criação do objecto SFC ("Shop Floor Controller"). Assim, muitas das descrições lógicas e de controlo apresentadas relativamente à Unidade de Produção do CCP foram concretizadas pelos responsáveis de cada célula sob orientação do autor e do responsável do SFC.

A descrição do modelo de integração do CCP é da exclusiva responsabilidade do autor, mas não pretende representar o ponto de vista oficial do CCP. O autor contribuiu, ainda, para a sua implementação, sob a orientação do Sr. Prof. Carlos Sá e com a colaboração das outras equipas de investigação.

C - Para complemento do "Índice" do presente trabalho será útil para consulta, aflorar, referências sumárias a cada parte e capítulo que a constituem:

Parte 1: é a presente introdução

Parte 2: apresentam-se as estruturas mais usuais, com avaliação de vantagens e desvantagens. Descrevem-se, ainda, as formas de implementação CIM. Apontam-se e descrevem-se alguns modelos de implantação CIM, pelo seu interesse cronológico e pelas vantagens da sua aplicação genérica. É constituída pelos capítulos 1 e 2.

Parte 3: faz-se a apresentação da Instituição Centro de CIM do Porto (CCP). Enumeram-se as possibilidades do CCP para criar a Unidade de Produção (UP) e as razões da sua opção. Indica-se a constituição e estrutura da UP e dos equipamentos que constituem cada célula. As infraestruturas de comunicação são mais algumas das informações apresentadas. Descrevem-se as operações e os estados das células, como informação relevante à integração da UP. É constituída pelos capítulos 3, 4, 5 e 6.

Parte 4: faz-se a descrição do modelo CIM do CCP - a sua constituição em três objectos (PGP; Projecto; SFC). Apresenta o primeiro objecto do modelo - o PGP (Planeamento e Gestão de Produção). Indica a escolha do CCP, relativamente ao *software* e *hardware* para suprir as necessidades do objecto PGP. Descreve o segundo objecto do modelo, o SFC ("Shop Floor Controller"), enumerando as funcionalidades modulares que este objecto deve conter. Refere-se a escolha do CCP para implementação deste segundo objecto na sua UP. Apresenta o terceiro e último objecto do modelo de implementação CIM do CCP - o Projecto. Tal como nos casos anteriores indica-se e referem-se as escolhas do CCP para cobrir necessidades do objecto Projecto. É constituída pelos capítulos 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Parte 5: como conclusão revêm-se as vantagens e inconvenientes deste modelo e, bem assim, os caminhos futuros e os objectivos a alcançar. É constituída pelo capítulo 14.

Parte II

Planeamento e Controlo

1. Planeamento e Controlo

Esta parte da tese pretende fornecer informação geral sobre planeamento e controlo, antes de introduzir qualquer informação sobre modelos, ou ainda, fazer referência ao caso específico do Centro de CIM do Porto.

1.1 Concepção Hierárquica do Planeamento e Controlo

Muitas das tarefas de integração estarão dependentes da definição de planeamento e de controlo. Na grande maioria dos casos de implementação do conceito CIM, a área de planeamento já existe na Empresa e recorre a plataformas computorizadas para realizar as suas tarefas. O mesmo não se passa com o controlo, pois muitas vezes há que recorrer a estruturas antigas em que a preponderância humana é a tónica. Acima de tudo o fluxo de informação resultante é diminuto e de tal forma desfasado no tempo que não permite respostas atempadas.

De forma simples, pode dizer-se que o Planeamento está relacionado com o futuro da Empresa e que o Controlo está relacionado com o presente. Mas o Planeamento e o Controlo têm de estar coordenados para garantir os objectivos da Empresa.

Em muitas implementações, a fronteira entre estas duas áreas é difícil de demarcar, não só pelo que já foi dito anteriormente, mas também porque as técnicas por elas adoptadas são similares. Pode dizer -se que existem duas técnicas para executar as tarefas de Planeamento e Controlo:

- Centralização
- Hierarquização

O método hierárquico não só é mais recente e eficiente, como também é apropriado ainda para empresas estruturadas em fábricas distintas, como as corporações ou grupos económicos. A dimensão das fábricas também é importante, já que só é possível utilizar a técnica centralizada se se tratar de PMEs, principalmente devido ao volume de tarefas envolvidas e tempo limitado para as realizar.

A técnica hierárquica, mais importante para este trabalho, ainda pode ser subdividida em áreas específicas, permitindo assim distinguir melhor as fronteiras do Planeamento e do Controlo. Esta subdivisão em áreas de interesse é, em resumo, um grupo de macro-tarefas a serem realizadas, não sendo impeditivo a introdução de novas macro-tarefas, ou mesmo a sua movimentação do Planeamento para o Controlo, ou vice versa, havendo, no entanto, uma mudança na filosofia.

Assim o Planeamento deve executar tarefas:

- estratégicas - é o nível mais elevado do planeamento e traça o caminho da Empresa
- de Planeamento a longo prazo - onde se garante o alcance de objectivos estratégicos através da prossecução do plano

- de garantia do futuro da empresa - estudando a melhor forma de seguir o plano a longo prazo, adaptando-se às inovações e mudanças do seu sector de mercado, recorrendo a tarefas como:
  - —planeamento de equipamento
  - —estudos de mercado
  - —estudos de "layout"
- de Operação - permitindo uma informação prática e direccionada à fábrica, sobre a forma de alcançar todos os objectivos anteriormente definidos; a forma mais comum de ser compreendido pela planta fabril é executando:
  - —MRP - Material Requirements Planning - planeamento dos requisitos para produção
  - —MPS - Master Production Schedule - previsão de vendas de produtos, que permite prever as necessidades de produção
  - —Compras
  - —Vendas

O Controlo é executados sobre:

- a Produção - tem como foco de atenção:
  - —Controlo de inventário
  - —Movimento de materiais
  - —Produção e montagem
  - —Controlo de qualidade
  - —Controlo para manutenção
  - —Verificação de ferramentas
- as Máquinas - o controlo directo das máquina é permitido porque os princípios de produção por uso de máquinas isoladamente têm vindo a desaparecer, dando lugar ao aparecimento de "grupos de tecnologias" e, na sua forma mais avançada, a sistemas flexíveis de fabrico.

1.2 Tipos de estruturas hierárquicas de controlo

Os sistemas de controlo hierárquico são normalmente dispostos em pirâmide, com vários níveis de abstracção. A cada nível de abstracção corresponde um universo de actividades, normalmente idênticas, mas cujas saídas e entradas são restringidas pelo nível da pirâmide. As funções são idênticas e através da restrição do universo de "entradas" fornecidas, as saídas são uma imagem desse universo.

No topo da pirâmide são tomadas as poucas decisões (normalmente em ordem sequencial) com grande impacto nos níveis inferiores. Por exemplo, a decisão de iniciar a produção de um determinado item, no nível mais alto, vai provocar ao nível da máquina uma série de acções de grande mudança, como a de carregar o programa de maquinação no novo item (no caso de uma máquina CNC).

As decisões passadas para os níveis inferiores são subdivididas em múltiplas decisões de controlo desencadeadas em paralelo. Se voltarmos ao exemplo anterior, a decisão de iniciar a produção de um item, acarreta ao nível do controlador da máquina uma série de acções, como a do controlo da velocidade de vários motores, a do seguimento do programa de maquinação, etc..

A informação resultante das acções de cada nível, são transmitidas para o nível imediatamente superior. Fica patente a necessidade de um filtro, para evitar a avalanche de informação que seria passada para o nível mais elevado. Assim a informação passada para o nível superior deve ser única e exclusivamente a informação necessária a esse nível de abstracção. Na continuação do nosso exemplo, a informação a ser transmitida ao nível mais elevado é a de que se iniciou a produção do item, não fazendo sentido passar a informação sobre a velocidade dos motores.

Em todos os níveis vão existir funções específicas de controlo e funções comuns a todos os níveis. Algumas dessas funções genéricas são:

- actua de forma independente com os seus subníveis, após recepção de uma ordem do nível superior
- decide sobre a subdivisão das ordens
- escalona a coordenação dos subníveis, decidindo, mediante a ordem, quais deverão ser intervenientes
- monitoriza as subtarefas, escalona novas, corrige parâmetros de controlo
- comunica anomalias aos supervisores
- comunica a finalização das ordens recebidas, facilitando a tarefa de monitorização do nível superior

Dentro das empresas existem várias estruturas hierárquicas de controlo. Essas estruturas podem ser lógicas ou físicas e podem ou não ser sobrepostas. As redes de comunicação e os computadores formam uma estrutura física de controlo, mas se atribuirmos funções de controlo a esses computadores, que não estejam estruturadas da mesma forma que as ligações físicas da rede, passa a existir uma estrutura lógica diferente.

Algumas das estruturas hierárquicas de controlo, comuns nas Empresas, são:

- **Hierarquia de Gestão** - realimentação de informação é feita de forma estritamente hierárquica
- **Hierarquia organizacional** -quando uma empresa multi-produto funciona para cada produto como uma empresa. A situação é complicada quando produtos distintos têm componentes iguais.

- **Hierarquia do Sistema de Controlo** - é o *hardware* e o *software* usados no controlo de produção. Existe uma semelhança entre esta hierarquia e a de gestão.
- **Hierarquia de Controlo** - existe uma relação entre os dados armazenados e quem os utiliza.
- **Estrutura hierárquica de Controlo de qualidade**
- **Estrutura hierárquica de Engenharia**
- **Estrutura hierárquica de Comunicações**

1.2.1 Construção de um sistema hierárquico de Controlo de Produção

Pelo que já foi dito sobre as estruturas hierárquicas de controlo, é fácil de compreender que se é difícil distinguir as fronteiras entre o planeamento e a produção, então distinguir as margens entre os vários níveis de controlo é uma tarefa ainda mais difícil. Se essa distinção não for devidamente clara, podemos criar uma hierarquia confusa que impossibilita a harmonia necessária ao controlo hierárquico da produção.

É pela forma como a estrutura é criada que é possível aparecerem as unidades funcionais. Essas unidades funcionais não são mais do que níveis interligados que, no seu conjunto, fornecem uma função de controlo.

Quando se implementa um sistema hierárquico de controlo de produção, devemos tomar em consideração determinados factores, responsáveis pela escolha do sistema. O sistema depende:

—da aplicação de controlo a ser implementada a qual tem em si restrições, sendo as mais comuns os sistemas operativos em que pode operar;

—da filosofia de gestão, intimamente ligada à hierarquia de controlo, a qual obriga ao fluxo de informação por determinados canais, estruturando assim a hierarquia a implementar;

—do equipamento e *software* disponíveis, uma vez que as necessidades computacionais de determinados processos de controlo, se não forem asseguradas por máquinas rápidas, poderão prejudicar a execução das tarefas que se pretendem controlar;

—do grau de automação, já que, quanto maior for, menor será a intervenção humana, logo menor flexibilidade, menor protecção de erros, maior sincronismo, maior velocidade de resposta, etc.;

—da velocidade do *hardware* que é maior quanto mais perto estiver da produção;

—das redes de comunicação que são especializadas ao nível hierárquico da organização (Wan, Lan, Field bus, etc.), fazendo corresponder as distâncias e a quantidade de informação transmitida às características dessas redes, ao mesmo tempo que a cada rede corresponde um ou mais níveis da hierarquia de controlo.

1.2.2 Transferências e fluxo de informação entre níveis de controlo

A elevada quantidade de informação entre os elementos constituintes de um sistema hierárquico de controlo impossibilita a utilização de controlo em tempo real a todos os níveis da estrutura. É usual existirem elementos no nível mais baixo que utilizam o controlo em tempo real, mas com a condição de essas acções de controlo não dependerem dos níveis superiores.

Quando da implementação de um sistema hierárquico, os passos a seguir devem observar:

1° atribuição de responsabilidades a cada nível;

2° as tarefas de cada actividade são especificadas;

3° a cooperação com as actividades externas, a cada nível, são definidas;

4° é concedida uma estratégia de controlo centralizado, utilizando a estrutura hierárquica concebida, ou seja, pretende-se controlar como se uma única entidade fosse responsável pelo desenrolar das actividades, fazendo com que as actividades dos vários níveis da estrutura sejam transparentes.

A cada actividade devem ser fornecidos os meios e a informação necessários à execução da sua função, sem que haja ou demoras nesse fornecimento. Devem existir, também, meios para sincronização entre actividades para que o controlo global seja mais simples e não interfira gravosamente na realização de cada actividade individual, que propiciaria, assim, a indefinição das competências de cada nível.

Uma actividade de controlo de produção requer que lhe seja fornecido:

— os meios necessários à realização da tarefa de controlo;

— material necessário para o processo de produção e dados de processamento;

— os recursos para execução da tarefa de produção que devem existir e pertencer ao universo da acção da actividade de controlo;

— o fluxo de materiais e data, ou seja uma lista de materiais, quantidades e data em que vão ser necessários à produção;

— o caminho do material, ou seja, uma lista de endereços a ser percorrida pelo material; se esta lista de endereços for feita de tal forma que siga o percurso de produção, mesmo após a transformação do material, estamos a utilizar "pull-notes",ou seja Kanban;

— as actividades de controlo que devem ser reservadas antes de ser usadas, para que não haja conflito a nível superior; através da reserva, é possível implementar sistemas de FIFO sem que haja perda de uma ordem por razões de simultaneidade;

— tempos de uso da actividade de controlo que devem ser idênticos aos tempos da actividade a controlar, facilitando assim a existência de listas de espera para utilização dessas actividades;

—mecanismos de monitorização do desenrolar das ordens; a súmula de todas as actividades de monitorização executadas aos vários níveis, vão fornecer, ao utilizador, uma visão sobre o estado presente da produção;

—mecanismos de solução de erros para evitar a interrupção da produção.

Nota:-quando uma actividade de controlo recebe uma ordem deve fazer uma verificação para garantir que a pode executar;

-quando uma actividade lança uma ordem deve receber um "acknowledged" da actividade de controlo do nível inferior após este ter feito a verificação, ou se não existir nível de controlo inferior, o recurso deve indicar a recepção da ordem.

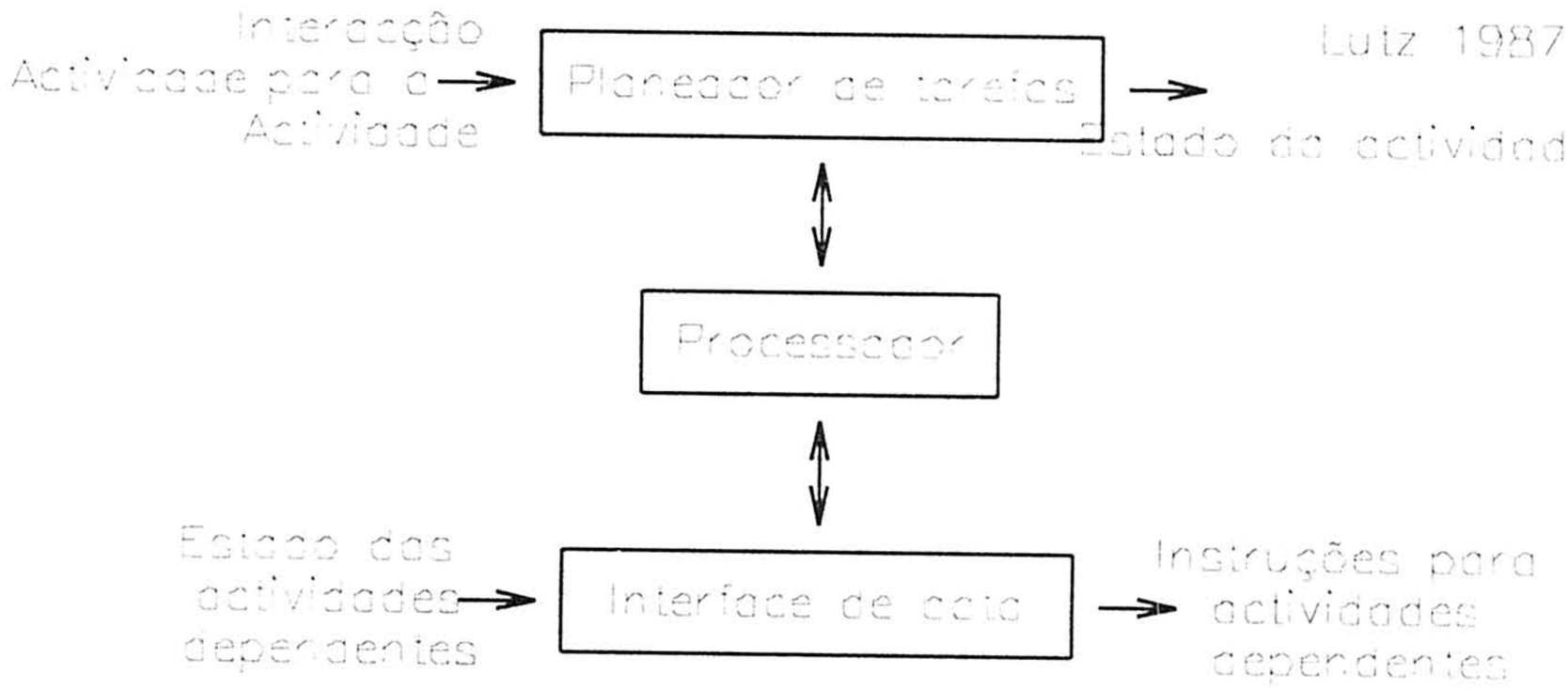


Fig. 2 - Lutz 1987-concepção modular
de uma actividade de controlo

1.2.3 Desenvolvimentos futuros

O futuro dos sistemas de produção não pode ser previsto; no entanto pode saber-se quais as suas tendências, através de uma análise do passado e da sua evolução.

Dessa análise, verificamos que as empresas mais bem colocadas no mercado internacional estão constantemente a investir em novos produtos.

A esta procura de mercado, pelo aparecimento de novos produtos, acresce que o ciclo de vida do produto é cada vez menor, criando dificuldades não só no que respeita à tecnologia de produção, que é forçosamente flexível, mas principalmente à forma de produção e desenvolvimento do produto, que tem de ser cada vez mais rápido.

A utilização de tecnologia de informação actualizada ajuda na aceleração do projecto e da produção dos novos produtos, aumentado assim o seu tempo de comercialização.

No que respeita às tendências de CIM, o que mais sobressai da análise é a necessidade de manter o homem na fábrica como factor de elevada flexibilidade e de garantia de futuro por fácil adaptação a novas condições.

1.3 CIM

1.3.1 Como alcançar o CIM?

A introdução do conceito CIM pode ocorrer de duas formas distintas:

- acidental
- planeada

A forma acidental não é mais do que séries de aplicações dispersas que se ligam, á posteriori.

A planeada é uma aquisição pensada de *softwares* compatíveis e comunicáveis. A introdução planeada de uma integração deve incluir o interesse, a vontade e o empenho de todos quantos participam.

O planeamento de uma integração pode ser realizado de cima para baixo. Esta forma de planeamento tem como vantagens principais a organização do fluxo de informação de forma ligada, a compatibilidade do *hardware* e *software* e dos formatos de dados. A standartização, do *hardware* e dos módulos de *software*, é simplificada facilitando a integração dos diferentes módulos. A principal desvantagem do planeamento de cima para baixo é que o sistema não é fácil de adaptar a mudanças de estratégia.

Se se utilizar a técnica de introdução CIM de forma planeada de baixo para cima, podemos, antes de ligar os vários módulos, afinar o sistema por afinação individual da cada módulo. Em vez de se obter de imediato a integração, vamos progredindo de forma planeada para esse objectivo. As vantagens que apontam para a adopção deste método são as seguintes:

- muitos dos módulos de controlo podem ser iniciados em paralelo e de forma independente;
- módulos de outros fornecedores são fáceis de implementar;
- a utilização de *standards* é uma obrigatoriedade para facilitar a integração.

A integração planeada de baixo para cima é mais complexa do que a anterior especialmente quando se inicia a ligação entre níveis distintos, não só devido à falta de formatos de dados, mas também à possibilidade de incompatibilidade dos computadores e meios de comunicação.

Na maior parte dos casos, o sistema cresce de forma mista, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo.

Os sistemas puros de CAM, PP&C, CAD/CAM são mais difíceis de utilizar em sistemas CIM, principalmente pela tendência que os sistemas puros têm de excederem as suas áreas para colmatarem deficiências.

1.3.2 Visão do futuro

O principal desafio que os integradores vão enfrentar é a integração das ilhas de CAD , CAP, PP&C, CAM, CAQ, etc. Garantir que cada uma destas aplicações use formatos de dados *standard*, ou que faça uso de interfaces que o sejam, com a certeza de que os meios de comunicação sejam comuns às várias ilhas, é uma tarefa que ocupará todos quanto desenvolvem aplicações cuja utilização possa ser inserida na implantação de um sistema CIM. A utilização de arquitecturas abertas, para conceber estes módulos, é uma forma de facilitar a sua interligação.

A introdução do CIM nas empresa acarreta a adaptação do sistema organizacional a novos parâmetros (por exemplo, o fácil e rápido acesso a informação reservada de produção) havendo necessidade de estudar a sua reestruturação antes da introdução do sistema.

O aparecimento, no futuro, de computadores mais poderosos, o desenvolvimento de novos *standards* de comunicação para sistemas de produção, o desenvolvimento de módulos universais para descrever o produto, o sistema de produção e a operação que o realiza, favorece o desenvolvimento do CIM.

2. Modelos

A mudança de produto e de processo de fabrico obriga à flexibilização das fábricas. A forma mais barata de obter flexibilidade é através da utilização das denominadas fábricas programáveis, as quais não são mais do que fábricas CIM. O processamento e distribuição de informação tem um papel fundamental na concepção dessas fábricas.

No entanto, há outros problemas para poder implementar uma fábrica CIM. A implementação de um sistema CIM depende do sistema de produção e da indústria a que a fábrica pertence. Para se poder criar essa fábrica desejada, recorrendo a um modelo, é necessário conceber e desenhar um modelo genérico de manufactura e providenciar um conjunto de ferramentas standardizadas de hardware e software com as quais se possa configurá-la.

Definição de modelo:

- "representação tridimensional de um projecto ou de estrutura existente, ou de algum objecto material, artificial ou natural, mostrando as proporções e "arranjo" dos seus componentes" (Oxford English Dictionary, 2nd edition, 1989).
- Modelar: "um processo aditivo, ..., correcções são possíveis durante a modelização" (Encyclopedia Britanica, 15th edition, 1991).
- "são representações completas do domínio das empresas, detalhando-se os seus processos internos e as suas relações com agentes exteriores (fornecedores, clientes, etc.)".
- "são múltiplos subconjuntos (sub-modelos) do modelo da empresa, a serem derivados com o fim de corresponder a necessidades específicas de utilizadores individuais.

Se já se definiu o produto e o método de produção pela utilização desse modelo genérico, é então possível construir um modelo específico escolhendo as ferramentas necessárias para a criação e formação do produto. Ou seja, só a partir de um modelo genérico é possível obter um modelo particular/específico que sirva para a criação da fábrica desejada.

A configuração do processamento de dados e a sua distribuição vão definir uma estrutura cuja implementação restringe o modelo específico criado.

Os computadores das fábricas programáveis utilizam algoritmos complexos em planeamento, escalonamento e controlo, muitas vezes repetidos em diferentes níveis da estrutura da fábrica. A utilização de computadores de elevada capacidade de cálculo só é viável em empresas de grande estatura e, mesmo nessas, só nos níveis mais elevados da estrutura, hierárquica de planeamento e controlo. Assim, para aumentar a velocidade de cálculo, é possível passar esses algoritmos para *chips*, mas há perda de flexibilidade, já que uma alteração ou actualização dos algoritmos pode ser inviabilizada por tal medida.

2.1 Modelos Existentes

Actualmente o desenho do produto determina em grande parte o método e o processo utilizados na sua produção.

Como grande parte do desenvolvimento dos produtos já é realizado com ajuda de computadores e a sua produção em ambiente integrado é realizada sob a sua supervisão, podemos então dizer que em CIM "o computador é um integrador que controla a interacção do homem e da máquina para criar um produto desde o desenho até ao fabrico".

A utilização do sistema de fabrico integrado permite o fornecimento, controlo e distribuição de informação necessária ao fluxo óptimo de materiais na planta fabril, bem como a indicação de tarefas a serem realizadas para que o fluxo não seja perturbado.

O CIM liga computadores de/a várias actividades de produção. Essas actividades podem estar relacionadas com o planeamento de requisitos de materiais ou com o controlo das actividades de produção na fábrica. Se interligarmos os computadores e as suas actividades puderem , senão dialogar, pelo menos trocar dados, criamos entidades funcionais, (por exemplo, a interligação dos vários controladores das máquinas com um computador cria uma entidade funcional chamada célula, que pode exercer actividades de controlo e de monitorização da produção dentro do seu universo de acção).

No entanto, ligar computadores entre si e tentar criar entidades funcionais não é uma solução para implementar um sistema integrado de fabrico. A utilização de um modelo é a forma correcta para realizar a implementação. Para que qualquer indústria ou processo de fabrico possa recorrer a esse modelo, é necessário que este seja genérico, com todos os componentes básicos de um sistema de produção, e que possua ferramentas de configuração por forma a que o modelo se torne específico.

Há várias entidades a criar modelos genéricos de produção. Muitos componentes desses modelos têm similaridades que possibilitam a abertura do caminho para a criação do modelo genérico universal. No entanto, na maioria dos casos, esses modelos são específicos para uma determinada aplicação, sendo ainda bastante difícil coordenar esforços no sentido mais abstracto de aplicabilidade do modelo. Ao aumentar a generalização do modelo corre-se o risco de aumentar a sua inaplicabilidade, sendo por isso necessário garantir que o modelo esteja bem estruturado e compreensível para o utilizador. As estruturas dos modelos genéricos são muito variadas, como se poderá depreender da apresentação de alguns modelos mais importantes o que se fará de seguida. A compreensão dos modelos está a ser obtida pela introdução de ferramentas de aprendizagem e modelação, com elevado pendor visual, o que ajuda o utilizador na sua tarefa.

Na maioria dos modelos CIM, as actividades de uma Empresa são desencadeadas pela encomenda de um cliente e são executadas de forma sequencial ou paralela. No entanto e na realidade fabril, estas actividades ocorrem com outras a decorrer, em fases diferentes, dificultando uma visão nítida e sem implicações no início das actividades.

O modelo deve atingir o pormenor de incluir todas as funções que permitam atingir os objectivos do empreendimento, ou seja, não incluir somente o ambiente fabril, mas também modelar o universo dos fornecedores, o mercado alvo, etc.. Se todo o universo envolvente for modelado, a concepção da integração está coerente com a realidade, e é facilmente adaptável à mudança, principalmente à mudança provocada pelo universo envolvente da Empresa, já que é essa facilidade de adaptação que determina a sua sobrevivência.

Um modelo deve então ser capaz de incluir e representar as denominadas "funções do negócio", que não são mais do que as funções que realizaram as actividades normais da empresa e que são normalmente incorporadas em aplicações de *software*, das quais são exemplo: CAD; CAM; CAQ; CAP; PP&C. Para além dessas "funções do negócio", do fluxo dos materiais, dos produtos e da informação, a forma como se realizam a integração das bases de dados e a descrição dos protocolos e interfaces de comunicação são outras das áreas que o modelo deve conter, para além da inclusão do tempo como parâmetro de modelação e como estimativa da sua validade. Nenhum modelo CIM fica definido sem a representação das funções hierárquicas de planeamento e controlo.

2.2 Conceito de CIM da IBM

No início começou por desenvolver vários modelos de processamento de dados para aplicações específicas dos seus clientes e das suas próprias necessidades. Os custos de desenvolvimento que esta filosofia acarretava acompanhada de uma cada vez maior procura no mercado, levaram a IBM a fazer um esforço no sentido de conceber produtos utilizáveis por várias indústrias, recorrendo a poucas alterações.

Estes produtos eram tão pouco flexíveis que por vezes era necessário alterar a própria fábrica para que a aplicação funcionasse. Este factor viria a traduzir-se em restrição à sua comercialização, já que a reestruturação da fábrica era um factor de custo acrescido, para além do risco que acarretava e do tempo alargado de implementação.

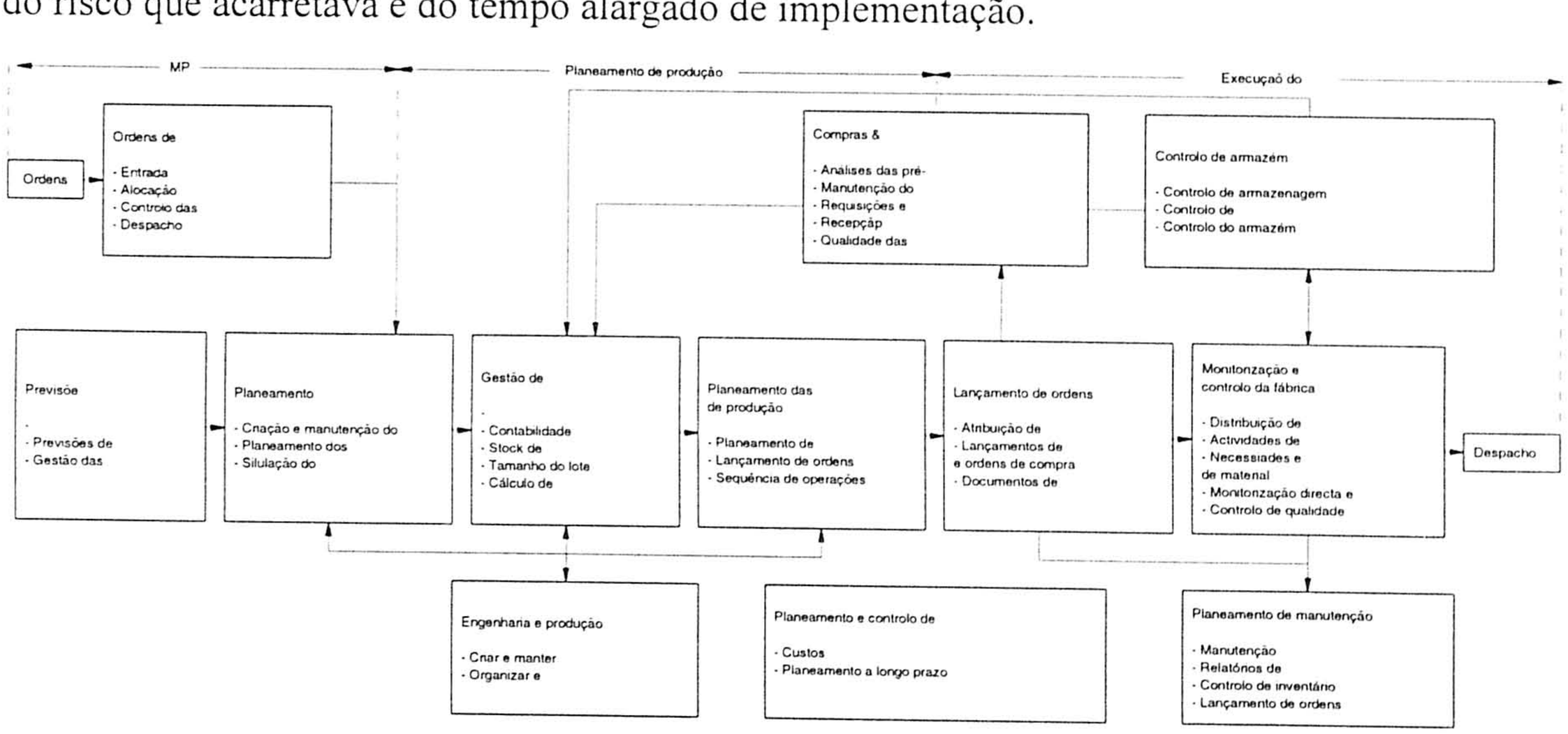


Fig. 3 - Modelo CIM da IBM

No início dos anos 70, esta empresa desenvolveu uma filosofia geral de CIM chamada COPICS (Communication - Oriented Production Information and Control System), que englobava a maioria das actividades de controlo e planeamento da produção:

- Controlo dos dados de produção e engenharia

- Ordens de clientes
- Previsões
- Planeamento MPS
- Gestão de inventário
- Planeamento das actividades de produção
- Lançamento de ordens
- Monitorização e controlo da fábrica
- Manutenção
- Compras e recepção
- Planeamento e controlo de custos
- Controlo de armazéns

Este modelo IBM não é um modelo genérico, que, aliás, nunca foi desenvolvido pela empresa. O modelo que desenvolveu tinha como principais características a importância dada às comunicações e à gestão e apresentação da base de dados única. Este modelo, na realidade, não era mais do que uma tentativa da IBM para ligar entre si várias aplicações ou soluções de processamento de dados já por si anteriormente comercializados, criando desta forma o primeiro "produto" CIM. A IBM, devido ao COPICS e pelas suas actividades anteriores, transformou-se em pioneira nas actividades CIM.

O principal entrave à proliferação deste modelo foi o de que, ao princípio só *software* e o *hardware* da IBM é que podiam ser implementados; depois progrediu e criou interfaces para integrar outros produtos no seu conceito (LAN e MAP). A IBM actualmente oferece produtos para quase todos os processamentos de dados existentes na actividade de produção.

2.3 Modelo hierárquico NIST - AMRF

NIST - National Institute of Standards and Technology.

AMRF - Advanced Manufacturing Reserch Facility

O laboratório AMRF foi constituído e utilizado pelo Instituto NIST, dos Estados Unidos da América, para desenhar/criar *standards* de *hardware* e *software* especificamente relacionados com sistemas de produção controlados por computador. Quando foi criado o modelo, as instalações também serviram como forma de o validar através de resultados experimentais aí obtidos.

O modelo suporta um ambiente de produção dinamicamente controlado e é modular, ou seja, o controlador adapta-se à realidade da produção, reagindo a variações no ambiente fabril. É modular porque é constituídos por entidades funcionais independentes mas que comunicam entre si.

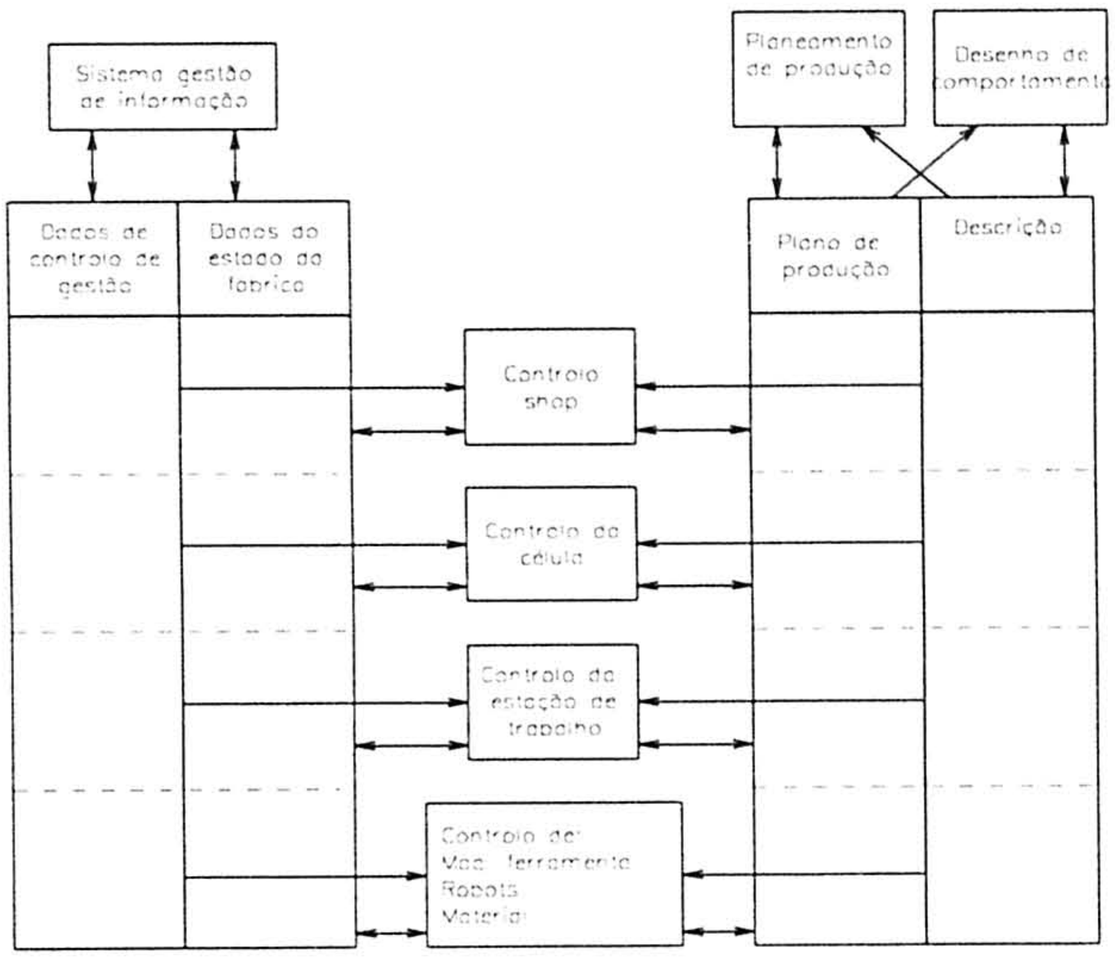


Fig. 4 - Modelo CIM NIST-AMRF

Este modelo utiliza um computador hierárquico e um sistema de sensores que planeia o controlo das operações de produção; o que define, por si, um planeamento centralizado que utiliza informações fornecidas por um sistema hierárquico de controlo. Nos níveis de controlo mais baixos utiliza o processamento em tempo real, podendo, se assim se desejar, implementar esse tipo de processamento em níveis mais elevados.

Utiliza redes de comunicação para interligar todos os computadores e *mailboxes* na comunicação entre processos. A utilização de *mailboxes* facilita a concepção e utilização do sistema de controlo, permitindo alterações ou inclusões de novas funcionalidades, sem destruição da infraestrutura de comunicação. Com este modelo é fácil a configuração de um sistema de controlo de produção.

A utilização de *mailboxes* determina que os lotes de operações sejam de pequeno tamanho, primeiro devido ao controlo em tempo real e segundo pelo menor tamanho das próprias *mailboxes*.

O modelo consiste em três macro actividades ou sistemas:

- sistema de gestão de informação
- sistema de controlo
- sistema de desenho e planeamento

De forma sucinta podemos dizer que o sistema de gestão de informação coordena e controla a fábrica, enquanto que o sistema de desenho e planeamento prepara os documentos de produção. Toda a informação necessária para fazer o produto é gerada pelo sistema.

Segundo uma estrutura hierárquica, cada nível de controlo só recebe a informação pertinente para o cumprimento da sua função, evitando o desperdício de tempo na transmissão, por um lado, e na selecção de informação sem relevância, por outro.

Os comandos para definir a produção são passados pelos níveis de controlo de forma sequencial e desencadear, nos níveis inferiores, operações paralelas ou sequenciais. Mas, e apesar disso, o controlo continua a ser sequencial.

O sistema de sensores fornecem informação que é armazenada na base de dados central, reflectindo, assim, o estado da fábrica e permitindo ao sistema reagir de imediato a qualquer perturbação ou mudança na produção.

A modularidade do sistema, mesmo o *hardware* e o *software*, assegura que novos componentes possam ser incluídos ou outros apagados com o mínimo de perturbação, como já foi referido anteriormente

O modelo apresenta como principais características, de forma resumida, a estrutura hierárquica de controlo e a separação das funções de gestão, planeamento e controlo.

2.4 Conceito CIM da Siemens

A filosofia CIM da Siemens é forte e bem estruturada, principalmente porque os produtos de processamento de dados que integram essa estrutura, não são só para venda, mas para também utilização pela própria empresa noutros ramos da sua actividade.

Como utilizadora, a Simens rapidamente definiu o CIM como uma estratégia para atingir os objectivos das empresas, e não como um produto feito e pronto a usar. Ainda distingue as funções de CIM relativamente às funções relativas à organização da Empresa - CAO.

No que diz respeito às tarefas de fluxo de informação, elas são definidas como o processamento e distribuição de dados de forma concisa e atempada, considerando que esse fluxo é intenso, merecendo por isso especial atenção do modelo.

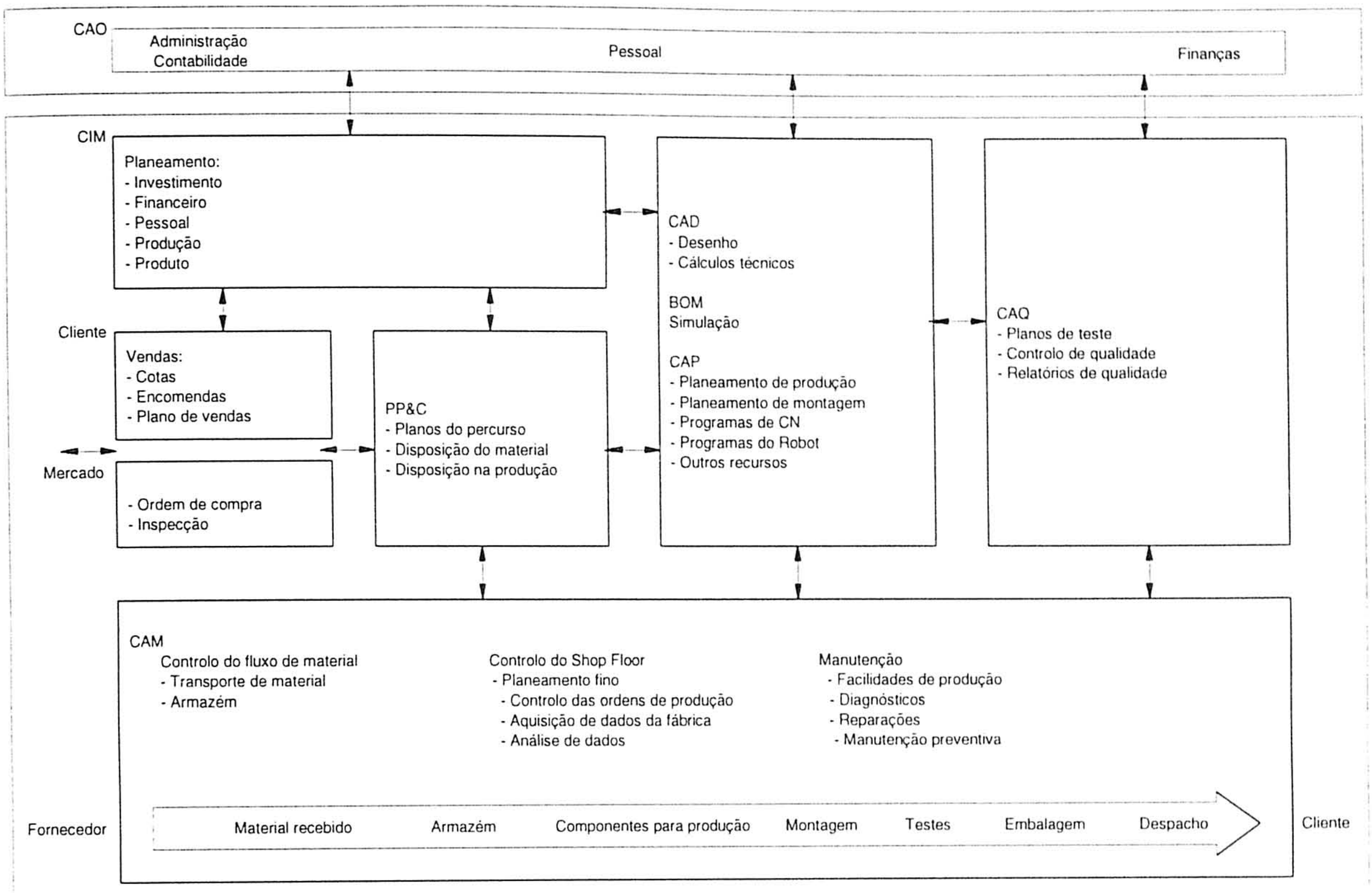


Fig. 5 - Modelo CIM Siemens

Assim são fornecidos protocolos e interfaces para comunicação, dependendo a escolha da especificação dos requisitos do sistema de processamento de dados. Ao responder a questões como:

- Que tipo de dados são gerados?
- Que dados são necessários e onde são usados?
- Quem administra os dados (e manutenção)?
- Quem é responsável e por que dados?
- Que informação é mantida na BD comum?
- De onde são obtidos os dados e para onde devem ser enviados?

definimos o sistema de processamento de dados.

Um modelo hierárquico da empresa é utilizado para processar os dados. Cada nível tem os seus requisitos de processamento de dados e existe um fluxo estável de instruções dos níveis superiores para os inferiores. Para controlar e sincronizar as actividades paralelas, em cada nível, gera-se um fluxo intenso de informação, interno ao nível, sendo este fluxo mais rápido no nível da fábrica, por razões óbvias. De forma resumida podemos dizer que existem dois fluxos de informação: o vertical está relacionado com instruções de produção, enquanto que o horizontal está relacionado com a sincronização de actividades necessárias ao cumprimento das instruções de produção.

Este modelo não se restringe exclusivamente à fábrica, pois contém ferramentas que permitem integrar toda a organização. A utilização de CAO - Computer Aided Organization - no modelo, auxilia a integração de actividades departamentais como a contabilidade, o pessoal e mesmo o departamento financeiro.

No que diz respeito ao tipo de produção, a Simens tem em consideração a produção em massa e por lotes, e os vários *layouts* de sistemas de produção e montagem.

Este modelo é, na opinião de alguns autores, ideal para introduzir o empresário no CIM e nas suas especificidades.

2.5 Conceito CIM da Digital Equipament Corporation

A Digital, tal como a Siemens, é produtor e utilizador dos seus produtos CIM.

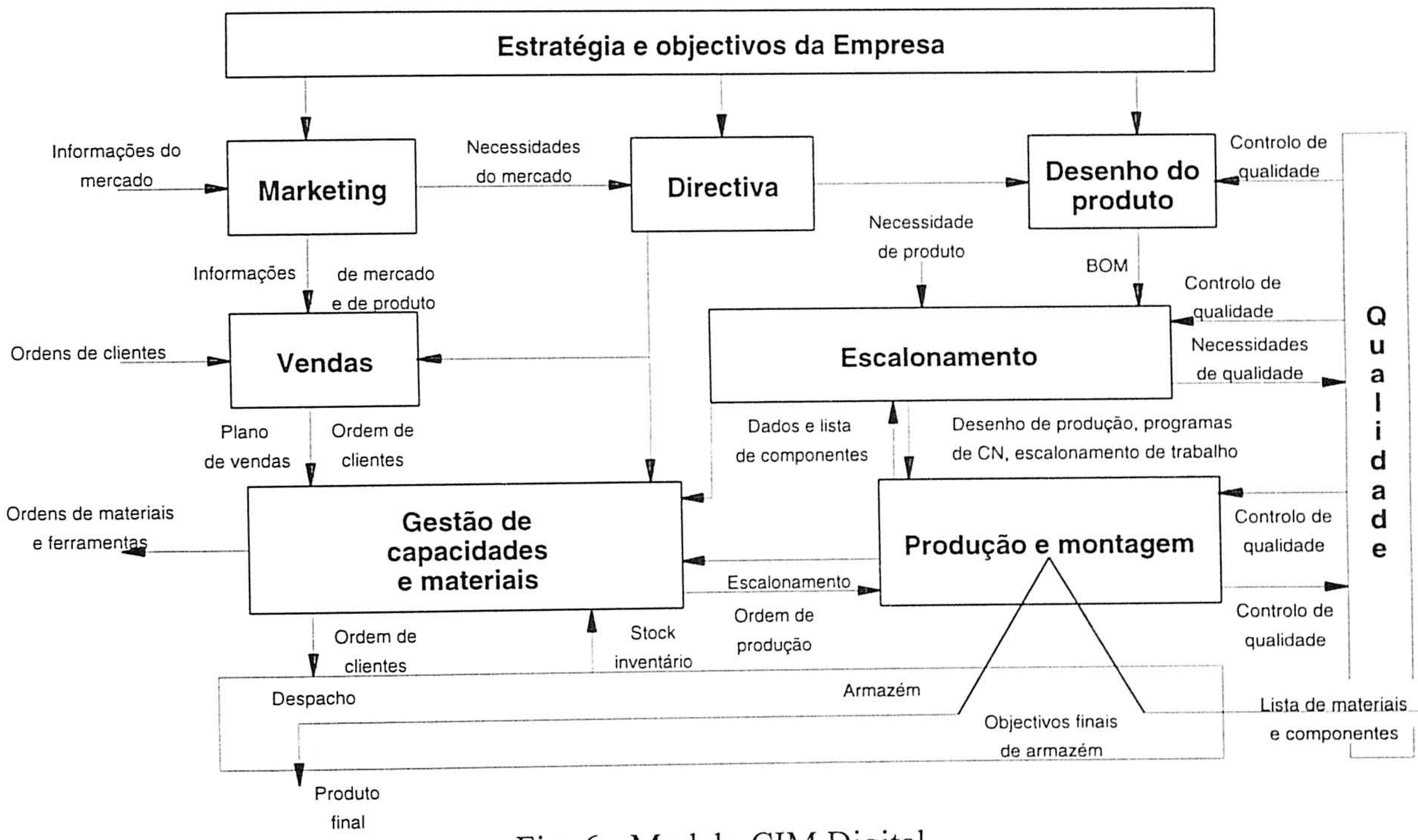


Fig. 6 - Modelo CIM Digital

Apesar de ambos os modelos serem similares, para a Digital, CIM significa melhoramento do processo produtivo com a ajuda de computadores e da integração do processamento da informação de todas as actividades da empresa.

As actividades individuais deste modelo são suportadas por outro de tecnologia de informação, bem estruturado. Este modelo é uma extensão do modelo OSI - Open System Interconnection.

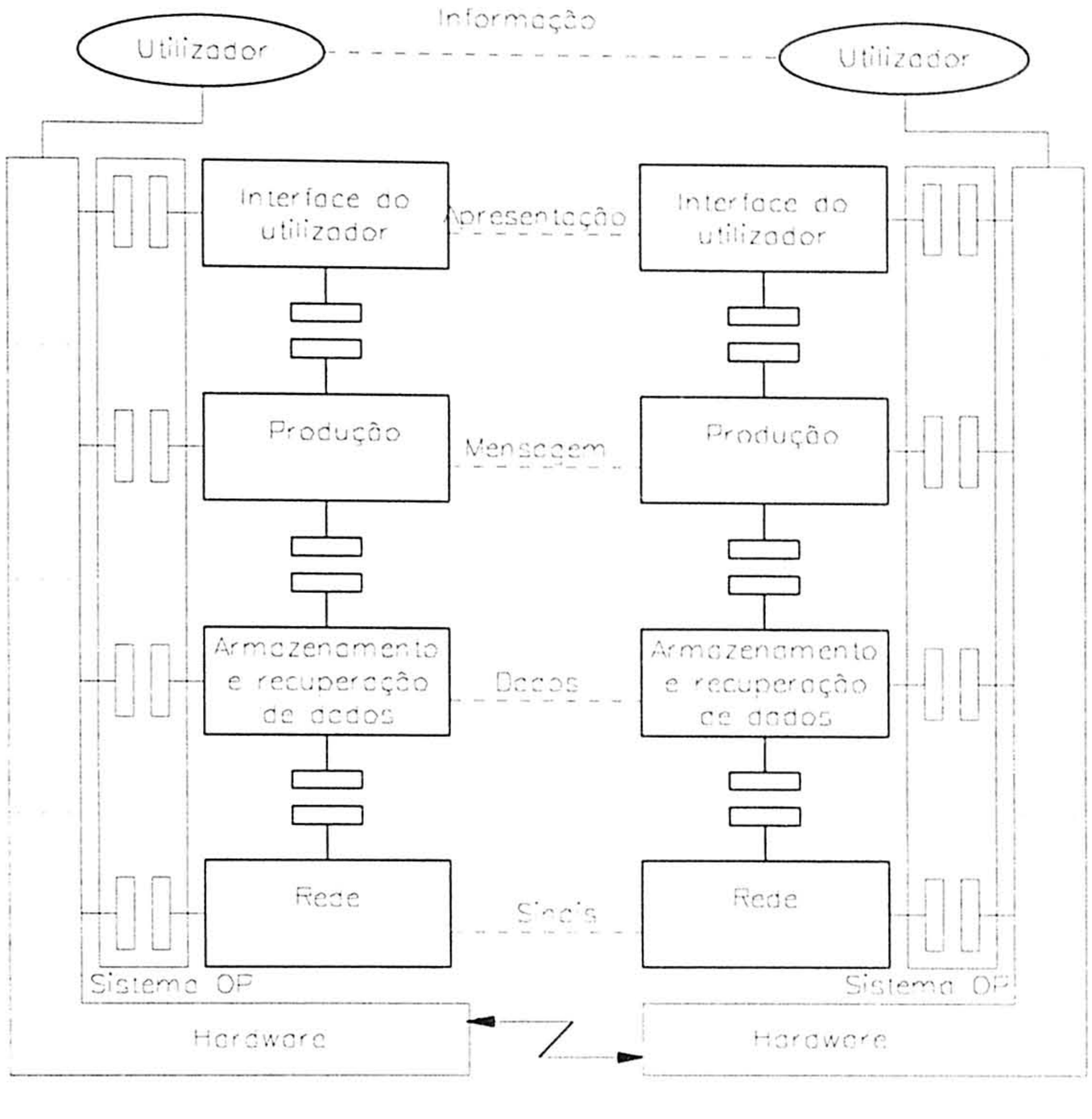


Fig. 7 - Infraestrutura de integração
do Modelo CIM Digital

O modelo não é mais que um sistema hierárquico de controlo de produção que deve ser adaptado aos requisitos da fábrica. A diferença entre esta definição e todas as anteriores é a de que na filosofia Digital o sistema obtido é uma aproximação e não uma concepção exacta das necessidades da fábrica, e acrescenta à definição que esse sistema de controlo hierárquico deve ser orientado para o negócio (produzir com qualidade e máximo lucro, para satisfação do mercado).

Os objectivos do modelo são:

"definir um sistema de produção integrado por computador consistente que forneça documentos de referência para planear e implantar sistemas CIM abertos, heterogéneos e consistentes".

Para garantir facilmente os objectivos do modelo, o sistema de controlo é constituído por módulos. Cada módulo utiliza e fornece dados ao sistema, garantindo funcionalidades, quer de forma independente, quer pelo seu conjunto.

Na implementação do sistema de controlo, o modelo prevê a análise de todas as actividades produtivas e identifica-se, para cada uma dessas actividades, com a sua função e o fluxo de dados. Assim, é possível obter um sub-modelo funcional e um sub-modelo físico do sistema de produção.

As tecnologias de informação utilizadas também são descritas neste modelo. Começa por definir dois tipos de manipuladores de dados: - os geradores de dados e os que os absorvem. As interfaces utilizadas por esses manipuladores devem ser independentes da estrutura de dados e das funções de comunicação. A função de processamento de dados é conseguida pela utilização de processos paralelos e heterogéneos que trocam dados entre si de forma automática.

Ainda na descrição das tecnologias de informação utilizadas, este modelo faz referência a funções de armazenamento de dados, que deve ser independente do seu processamento. Este modelo utiliza também os serviços de gestão de ficheiros.

As redes de comunicação utilizadas devem garantir a possibilidade de utilização de sistemas abertos, pelo uso de protocolos e de formatos de dados normalizados. No entanto, as interfaces e manipuladores utilizados em cada sistema, assim ligado, podem ser proprietários, ou seja, especificamente concebidos para realizar uma determinada função nesse sistema.

2.6 Modelo ESPRIT CIM - OSA

(Open System Architecture for CIM)

ESPRIT PROJECT 688/5288 AMICE

O ESPRIT (European Strategic Programme for Research & Development in Information Technologies) é um programa de Investigação & Desenvolvimento orientado para a indústria e desenvolvido pela União Europeia.

Este modelo utiliza uma arquitectura de sistemas abertos (OSA) que permite a configuração de instalações de produção a partir de módulos genéricos. Para definir arquitectura, os membros do projecto AMICE recorrem às seguintes publicações:

- Enciclopédia Britânica, 15ª edição, 1991 - "É a arte e técnica de construção. aplicada na atenção de requisitos práticos de gente civilizada"
- Enciclopédia Britânica, 15ª edição, 1991 - "Os tipos de arquitectura são estabelecidos, não pelos arquitectos, mas pela sociedade, de acordo com as necessidades das suas instituições"
- Collins Cobuild, English Language Dictionary, 1987 - "Arquitectura é o desenho e a estrutura de qualquer coisa"

A utilização do termo aberto significa que é possível construir várias arquitecturas para distintas aplicações a indústrias de produção, através do recurso a blocos ou módulos básicos.

A introdução de um conceito tão simples como o da "infraestrutura de integração" permite ao modelo definir um conjunto de ferramentas cuja única função é auxiliar a integração. Através de uma descriminação precisa dessa infraestrutura de integração, é possível à empresa manter de forma continuada a tarefa de integração, adaptando e evoluindo o sistema.

O maior esforço de standardização deste modelo é a Arquitectura de referência CIM-OSA. Através dessa arquitectura é que este modelo se torna genérico. As funções genéricas que definem um sistema encontram-se agrupadas em bibliotecas.

Este modelo utiliza dois ambientes no seu conceito CIM:

- **Enterprise Engineering** (Empresa de Desenvolvimento) - contém a arquitectura de referência e os recursos usados na estruturação e iniciação do modelo da empresa. É a partir deste ambiente que é possível consultar a arquitectura de referência CIM-OSA e desenvolver um modelo de empresa particular. Podem ser experimentadas várias estratégias de produção e, com a ajuda de ferramentas de simulação, é possível optimizar essas estratégias.

- **Enterprise Operation** (Empresa de Operação) - para este ambiente e para a execução das tarefas definidas na versão operacional da arquitectura particular são fornecidos mais dois ambientes :

  - de suporte - intimamente relacionado com *hardware*

  - operação integrada da empresa - ligado à estrutura lógica

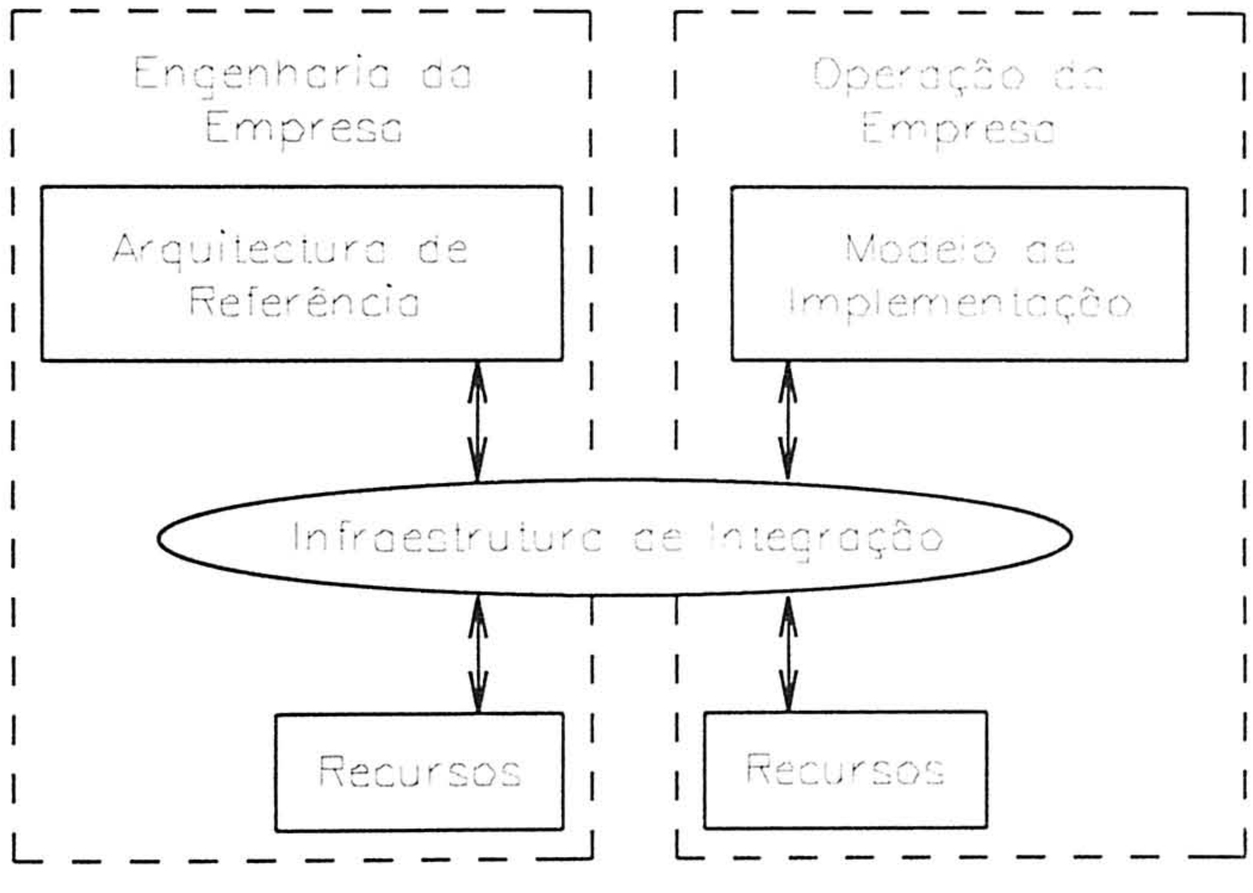


Fig. 8 - Os dois ambientes de integração do CIM-OSA

Para passar novas versões do ambiente de desenho para o ambiente de operação e para facilitar a gestão da mudança, existem funções muito bem controladas. Ou seja, só após o ambiente de desenho ter obtido aprovação numa série de requisitos é que de forma programada, é possível transferir o ambiente assim concebido para o ambiente de operação.

Ambos os ambientes do conceito CIM-OSA, desenho/concepção, operação/implementado, usam os serviços da infraestrutura de integração. O utilizador pode descrever as requisitos básicos necessários à constituição do sistema produtivo desejado, utilizando a infraestrutura de referência.

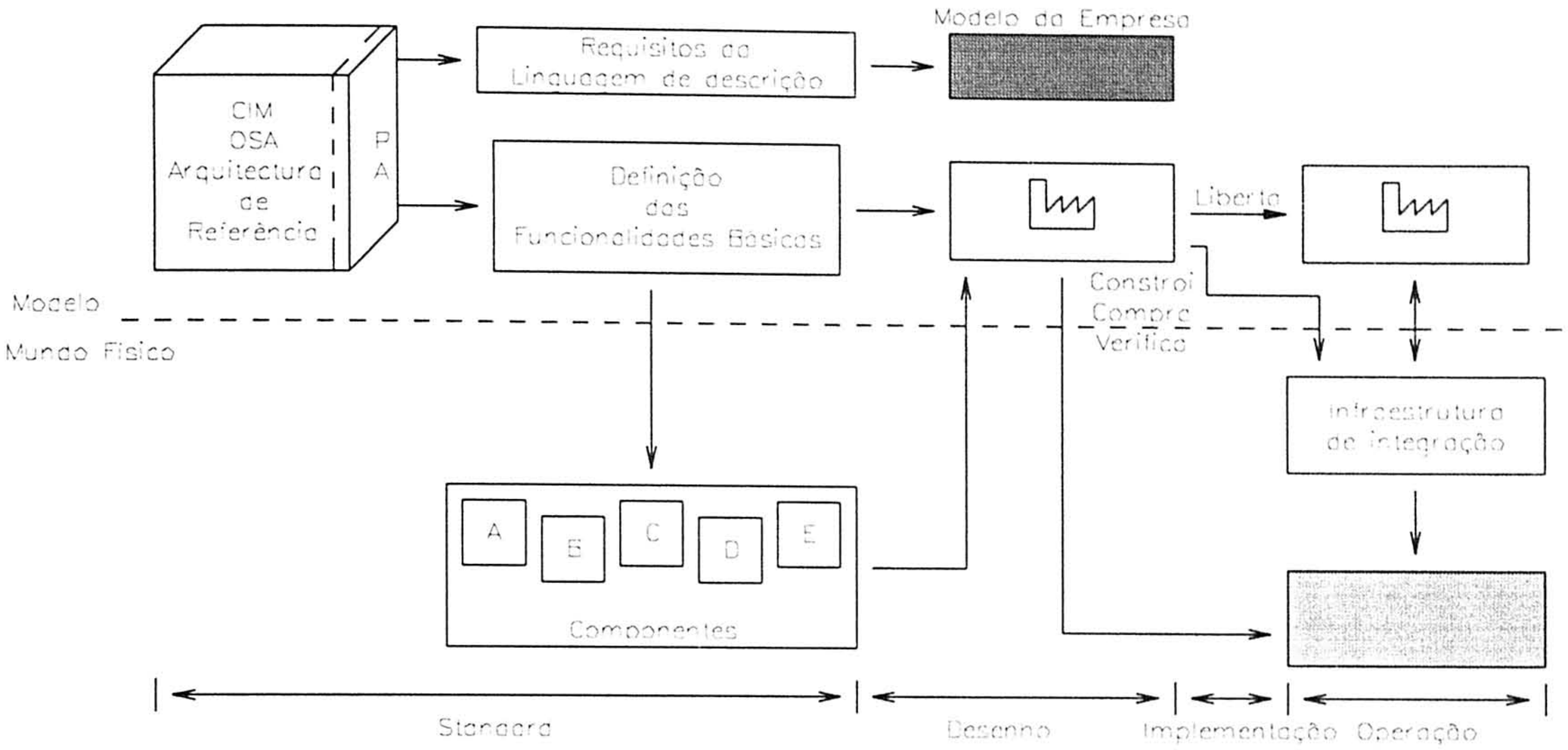


Fig. 9 - Utilização do Modelo CIM-OSA

Para especificar todos os aspectos de uma empresa, o CIM-OSA define quatro vistas :

- Vista da função - Proporciona uma linguagem para descrever as funcionalidades dinâmicas e estáticas da empresa. Define como descrever a funcionalidade e comportamento de uma empresa, bem como a estrutura dessas funções. O nível de descrição utilizado começa por ser abstracto e vai progredindo até ao detalhe, tornando esta tarefa evolutiva. Este modelo ainda utiliza três grandes tipos para definir as funções da empresa:

  — *Domain processes* - estão na raiz da árvore de decomposição da função e têm parte funcional (mas, não têm *inputs/outputs* de controlo nem *inputs/outputs* de recursos). As funções do tipo comportamental e estrutural tem de ser activadas, pelo menos, por um evento.

  — *Business Processes* - nível intermédio da árvore de decomposição de função que, tal como o processo, tem as 3 partes: - estrutural, comportamental e funcional (sem *inputs/outputs* controlo e sem *input/output* recursos). Não é activado por eventos (embora tenha associadas regras comportamentais) mas sim por uma outra função.

— *Enterprise Activities* - folhas da árvore, tem parte funcional (completa) e estrutural, mas não tem a comportamental. Não são activadas por eventos.

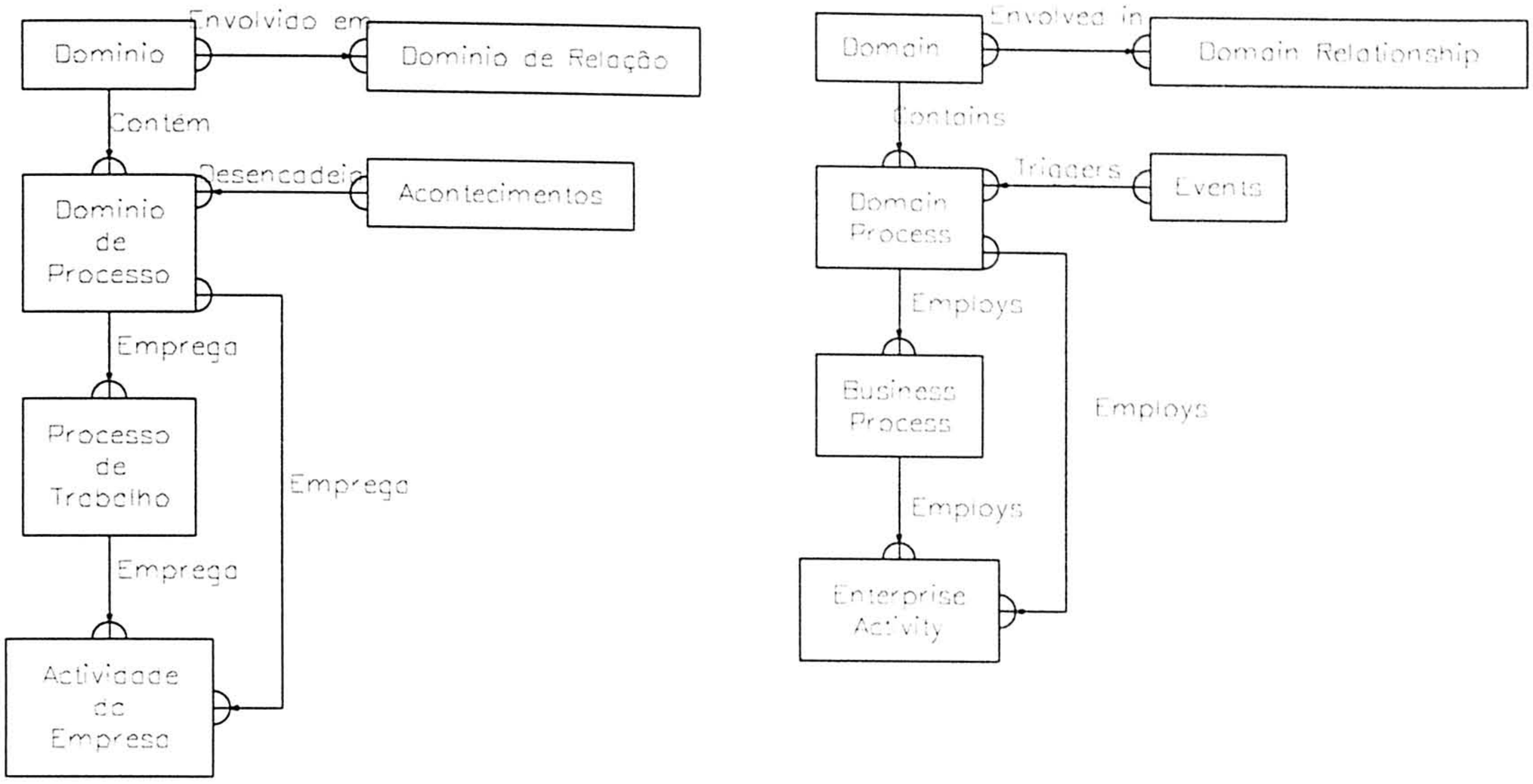


Fig. 10 - Vista da função

- Vista de Informação - Descreve a informação necessária para cada função.
- Vista de Recursos - Define todos os recursos e as suas relações com as outras vistas.
- Vista Organizacional - Descreve a estrutura organizacional da empresa, recorrendo à definição de tarefas de indivíduos responsáveis pelos bens da empresa (recursos e informação) e pelas suas entidades operacionais (produtos, processos do negócio, etc.) - organograma.

O conceito CIM-OSA proporciona ao utilizador uma infraestrutura de integração funcional, opera como um sistema de combinação entre configuração, operações e ligação dos vários módulos CIM. Esta infraestrutura é constituída pelos seguintes objectos:

- Aplicação.
- *Front-end service* - este módulo é a interface da aplicação CIM-OSA.
- Gestão de processos do negócio - responsável pela estrutura necessária para que todas as aplicações operem como uma só. Ou seja, é o responsável pela integração das aplicações.
- Gestão de Informação - serviço de informação com integração, consistência, redundância e fiabilidade de dados. As prioridades de segurança de acesso e de conversão da informação é definida neste módulo da infraestrutura.
- Serviço de transferência de todo o sistema: responsável pela comunicação de dados durante a operação. Garante canais de dados e acesso independente a dados e sincroniza e gere a transferência de dados.

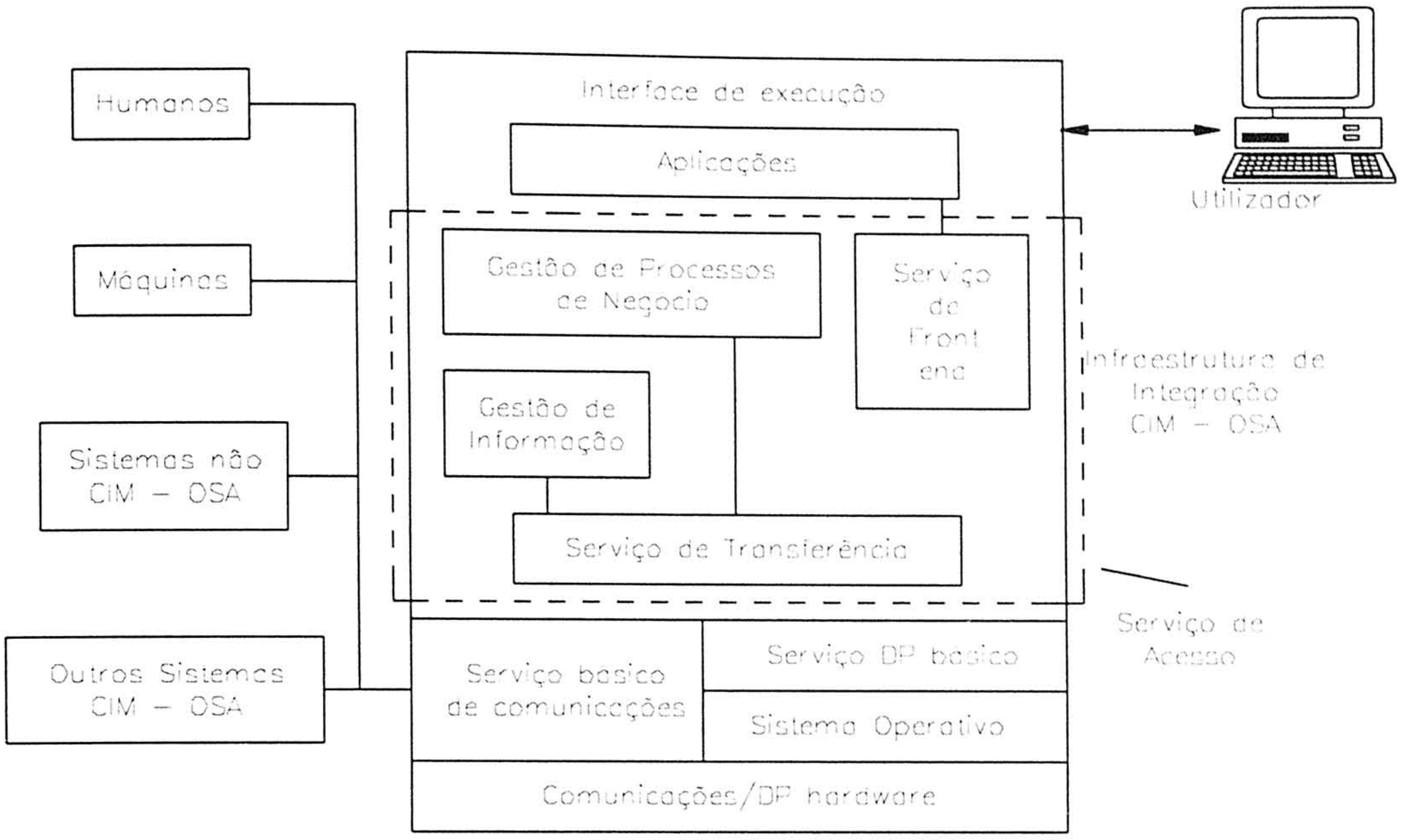


Fig. 11 - Infraestutura de comunicação

Os módulos utilizam protocolos internos para comunicarem entre si.

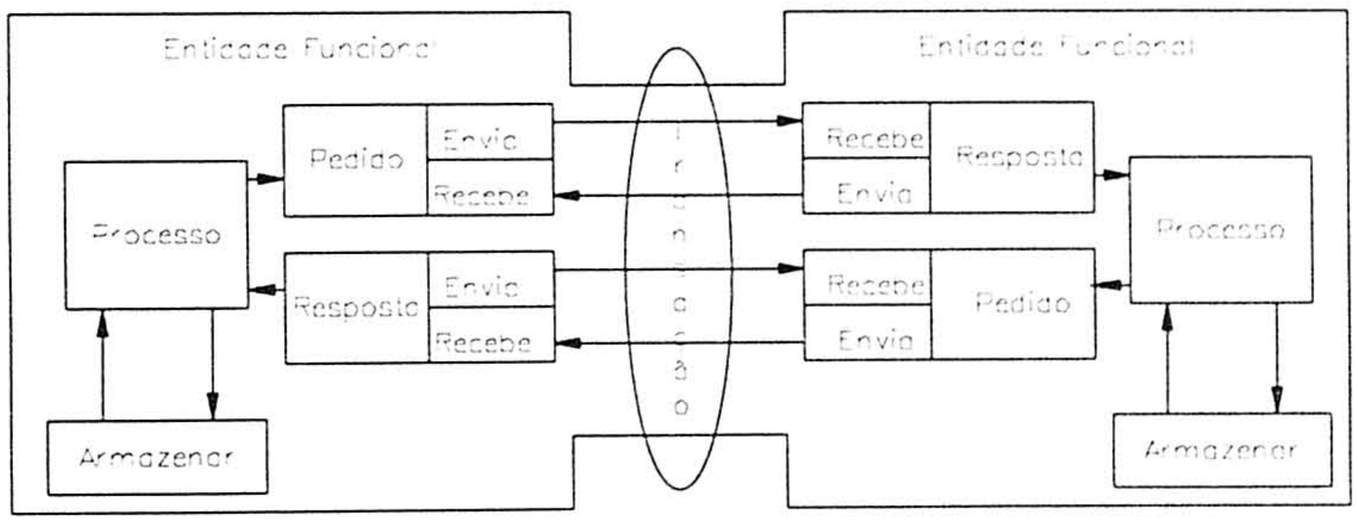


Fig. 12 - Protocolos internos de comunicação

O CIM-OSA apresenta, para modelação dos sistemas de produção, a definição de entidades funcionais como componentes que definem as funções da produção e que constituem, quando em conjunto, módulos do sistema. São exemplo de entidades funcionais todos os objectos independentes, como os algoritmos, ou as funções de controlo, que contribuem para a criação de um sistema de produção. As entidades podem funcionar de forma sequencial ou paralela.

Em resumo, as entidades funcionais são blocos de constituição genérica com os quais se pode configurar a estrutura funcional da arquitectura de planeamento, de controlo e física de um sistema de produção.

São características principais do CIM-OSA: a utilização de um modelo genérico de CIM; a criação de uma bibliotecas de módulos de *hardware* e *software* que possibilite a configuração de sistemas de produção particulares, com a ajuda de uma infraestrutura de integração; a definição das ferramentas de descrição, configuração e simulação de sistemas de produção; e a capacidade do CIM-OSA de "ver o utilizador e o fornecedor" (o utilizador tem muitas fontes para configurar o sistema de produção).

2.7 Modelo CIM de Amherst-Karlsruhe

Amherst - Massachusetts, Estados Unidos da América

Karlsruhe - Alemanha

Este modelo introduz a análise da actividade de ligação de dados como primeiro passo da definição do modelo. A tarefa de desenhar a estrutura de informação, para controlo e monitorização, começa pela definição de dois objectos e dos canais de comunicação utilizados entre eles. Os objectos são definidos pelo seu contributo para a comunicação. Assim o primeiro é responsável por gerar a informação (é a fonte), e o segundo é o receptor de toda a informação. As unidades de informação (computadores, controladores programáveis, etc.) são, na grande maioria, os dois objectos concatenados.

Em comparação com o modelo apresentado anteriormente, o modelo CIM-OSA, verificamos que este usa canais para comunicar mas não especifica o tipo de canal ou o meio que transporta a informação. Devido ao factor preponderante da informação, na criação de um sistema CIM, o modelo Amherst-Karlsruhe, analisa a compatibilidade das interfaces de comunicação com o meio (condutor de fibra óptica, ou cobre), com o conector mecânico, com os níveis lógicos (altura e comprimento dos pulsos e o seu significado) e com o formato de dados (definição de inteiros, ou caracteres).

A análise dos meios de transferência de informação entre os objectos/entidades do sistema de produção é outro dos pontos a definir para gerar uma concepção CIM com base neste modelo. Os meios de transferência definidos no modelo são:

- Ligação livre - os dados são contidos numa unidade de armazenamento, (por exemplo, uma disquete).
- Comunicação directa - as entidades intervenientes têm de ter a mesma velocidade e o mesmo formato de dados e só pode haver envio quando o receptor está pronto.
- Comunicação interactiva - comunicação através de um terminal base de dados.
- Comunicação via mailbox - evita os problemas da comunicação directa.
- Comunicação via base de dados - dados são centralizados; obriga à ocorrência de utilização tipo multi-utilizador.

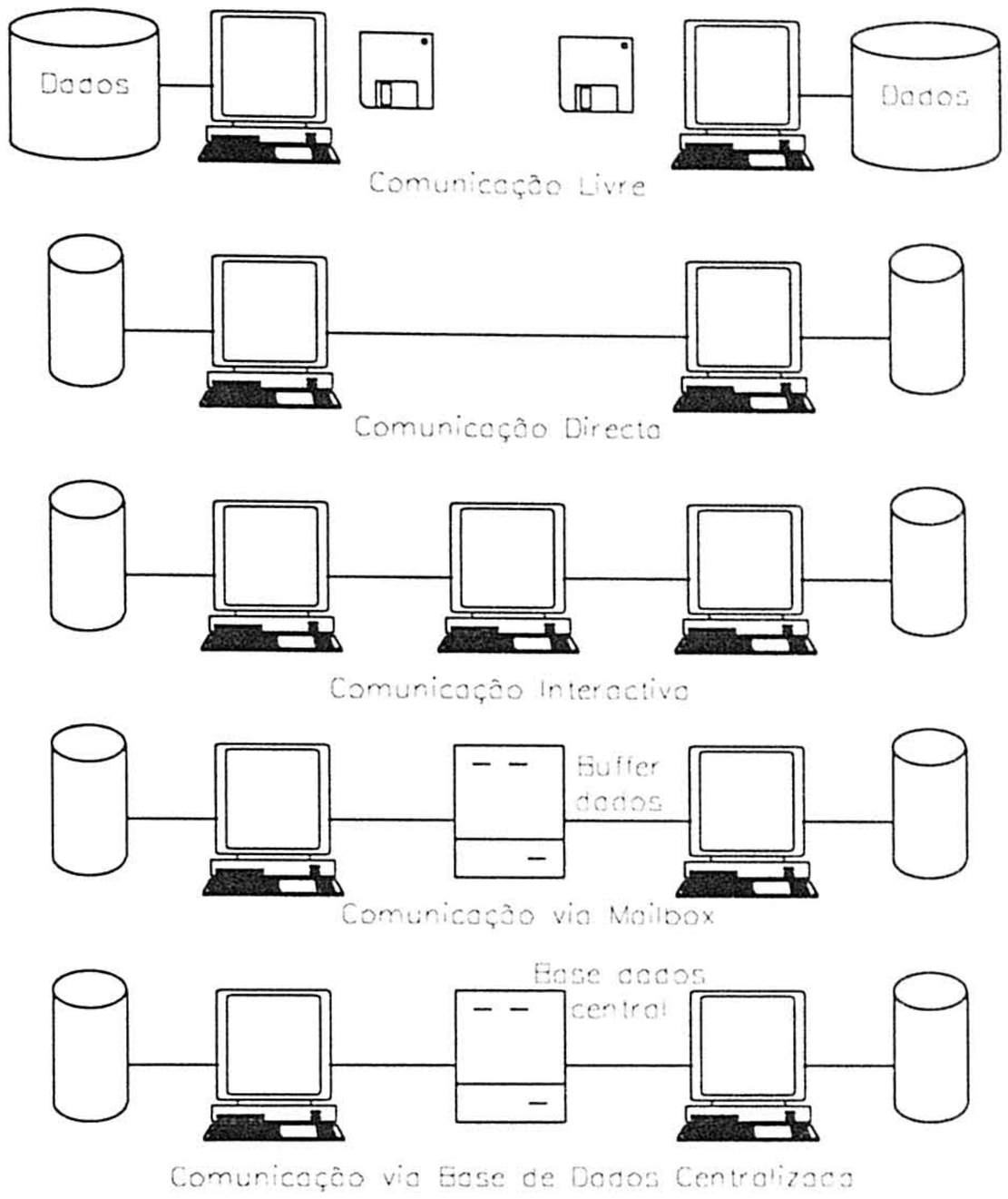


Fig. 13 - Meios de transferência de informação

Este modelo utiliza a definição de sub-modelos, como forma de criar uma entidade homogénea, que possa ser utilizada como referência, na geração de uma unidade CIM. Passa-se de seguida a apresentar, de forma sucinta, os sub-modelos utilizados.

2.7.1 Sub-modelo - sistema de produção

Tem como contributo para o modelo, a capacidade de descrever as actividades técnicas de produção. O sistema de produção, na maioria dos modelos apresentados, não sendo este uma excepção, é considerado como tendo todos os recursos disponíveis; o acontecimento desencadeador das actividades é o da entrada de ordens no sistema.

O modelo utiliza uma rede de comunicações distribuída, conectando o desenvolvimento, o planeamento e o escalonamento através do protocolo MAP. A referência directa a este protocolo é já uma restrição à implementação, assim como o é a utilização de computadores em tempo-real para controlo da produção. Como em alguns modelos anteriores, o controlo recorre a uma estrutura hierárquica.

O aparecimento, na área da planta fabril da utilização de redes "field bus", aponta no sentido deste modelo tentar utilizar como componentes o que de mais moderno existe, mas observando sempre a escolha de standard e protocolos de larga utilização. É através da rede "field bus" que é feita a aquisição de dados para monitorização e controlo das máquinas ferramentas e do equipamento de manuseamento e transporte de materiais.

O sistema de computadores liga todas a funções de produção. Este sistema é concebido por forma a poder ser implementado um sistema de controlo hierárquico. Os computadores estão ligados á rede de comunicação de forma livre e permitem que o sistema seja configurado para que cada um possa realizar uma função de produção específica. A configuração é realizada no nível de escalonamento, ou seja, é no escalonamento que se atribuem as funções de produção, sendo essa atribuição limitada pela capacidade do conjunto *hardware/software* em realizar determinadas funções.

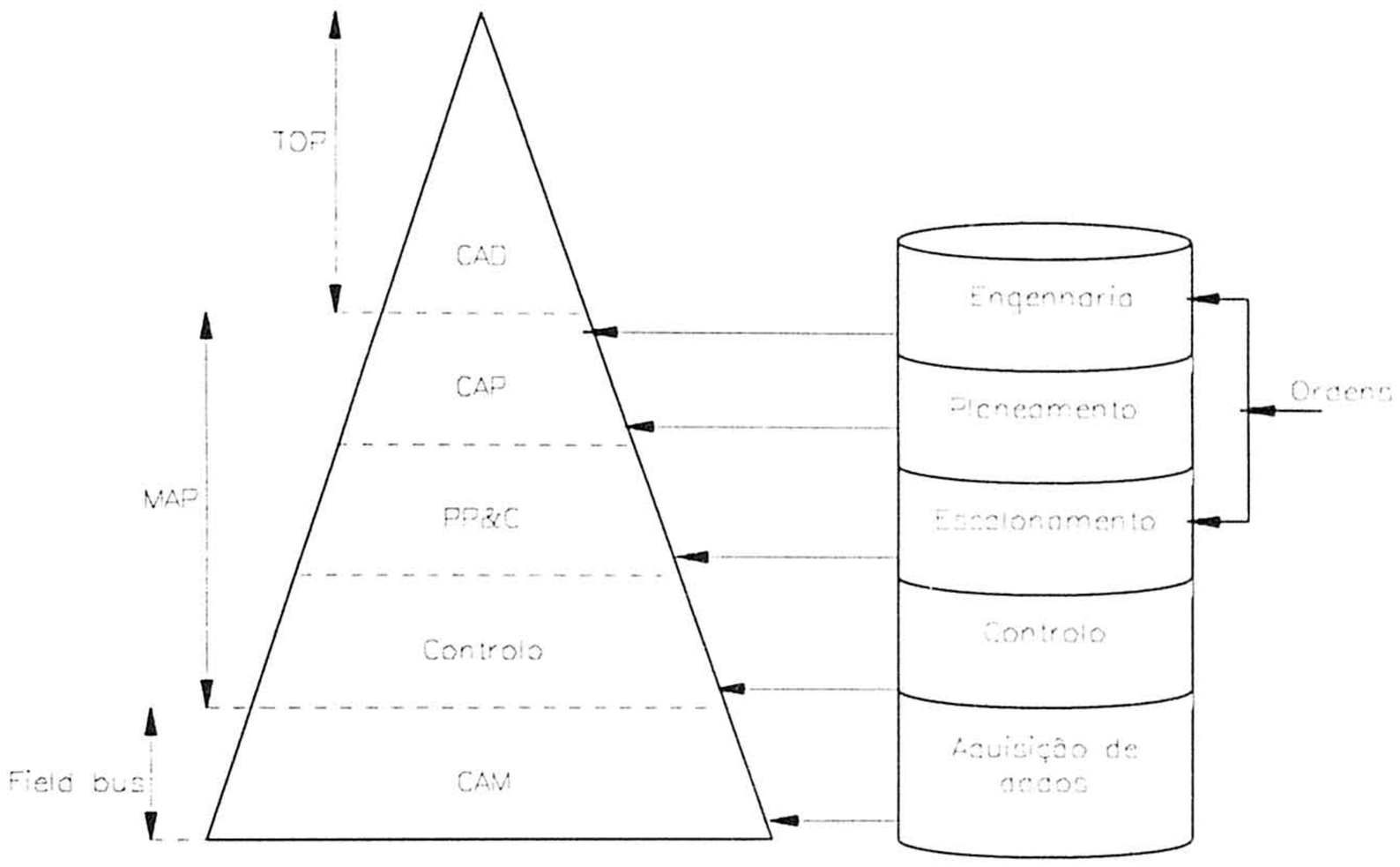


Fig. 14 - Estrutura do modelo Amherst-Karlsruhe

É fácil compreender, então, que o sistema de controlo físico é distinto do de controlo lógico.

Cada módulo de controlo tem a sua tarefa. A interconecção desses módulos de controlo cria um sistema de controlo físico capaz de planear e supervisionar as operações de produção. Esses módulos são como unidades singulares de processamento de dados para planeamento e controlo de funções específicas de produção.

Como se pode depreender, os módulos necessitam de interfaces e protocolos para poderem comunicar quando são interconectados. Como protocolos de comunicação, este modelo propõe a utilização de MAP e TOP nos níveis mais elevados da empresa e não aconselha nenhum protocolo especifico para "field bus".

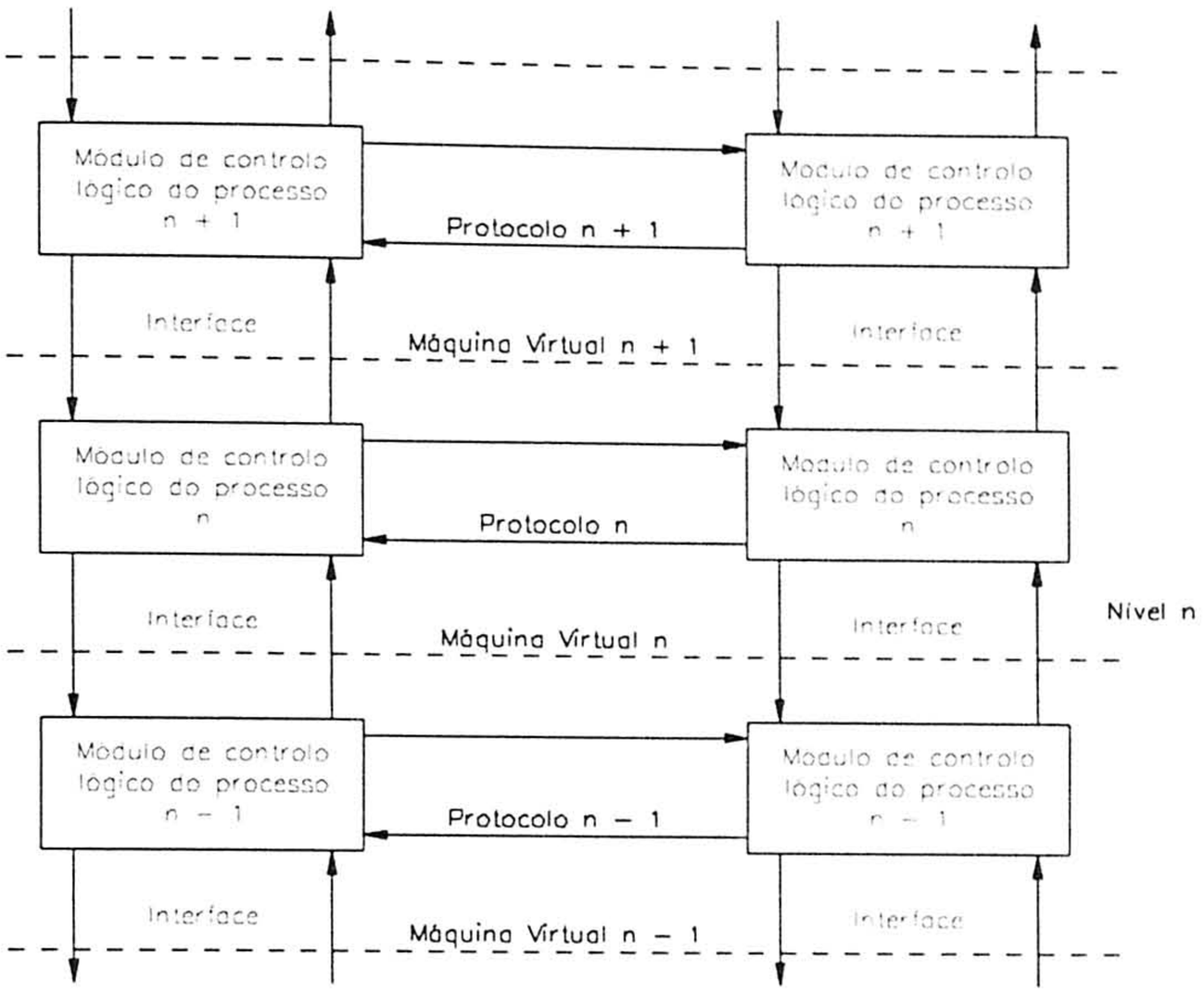


Fig. 15 - Comunicação inter-módulos

O modelo Amherst-Karlsruhe define como necessidade, a escolha das ferramentas de programação e de configuração de um sistema flexível de fabrico e prevê a utilização de ferramentas de ensino para os utilizadores do futuro sistema CIM. Devido ao aparecimento de *Expert Systems* nos módulos CIM, nomeadamente na área de manutenção, este modelo utiliza ferramentas de desenvolvimento de AI - inteligência artificial.

2.7.2 Sub-modelo - produto

Serve para proporcionar ao desenhador uma ferramenta de modelação, com a qual possa descrever o produto.

Essa ferramenta deve proporcionar informação sobre :

- funções do produto
- forma
- geometria
- acabamentos
- métodos de produção e montagem
- procedimentos para controlo de qualidade

Basicamente, o que é pretendido é fornecer informações para fazer (desenhar), moldar (fabricar) e testar o produto.

Esta ferramenta deve ser independente dos produtos, da indústria, do processo produtivo e dos computadores em que o modelo vai ser utilizado; deve ser genérica.

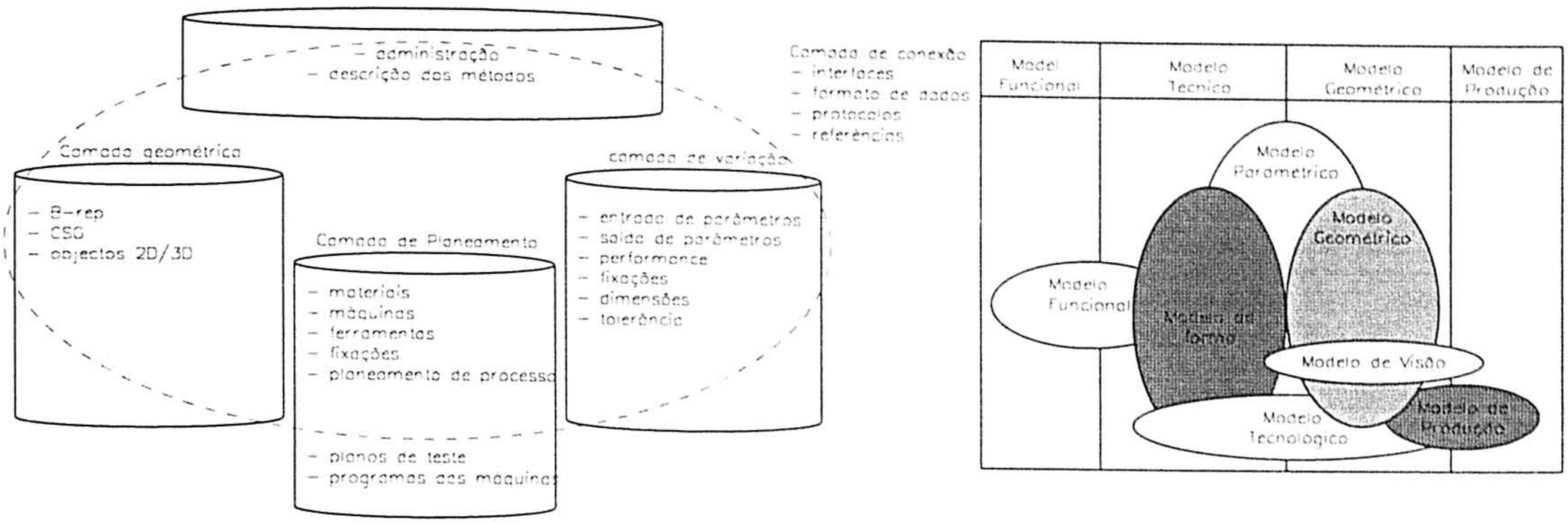


Fig. 16 - Diagramas de modelação do produto

Para que se possa criar uma ferramenta genérica, um dos problemas a resolver é o das interfaces e do formato de dados.

O esforço de standardização das empresas de *hardware* tem vindo a ser direccionado para as interfaces de ligação dos sistemas CAD, tendo em vista a sua utilização para integração com produtos de planeamento. Algumas das interfaces mais conhecidas são:

- **IGES** - Inicial Graphics Exchange Specification

- **SET** - Standard d' Exchange et de Transfert

- **VDAFS CAD** (VAD - Flächenschuittslette) Interface de Produtores de Automóveis da Alemanha

- **CAD* - ESPRIT** - Interface de CAD

- **GKS** - Graphics Kernel System

- **FFIM** - Form features Information Model

- **PDES** - Product Data Exchange Specification

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

A concepção destes sub-modelos tem sido muito reduzida devido, principalmente, à existência de vários métodos de fabrico, se bem que o aparecimento da norma STEP tenha vindo a favorecer o seu aparecimento.

2.7.3 Sub-modelo - Planeamento do Processo

Neste sub-modelo utilizamos, como entrada de informação, todas as saídas dos sistemas de CAD. Estas estão normalmente armazenadas numa base de dados específica.

Os dados resultantes do planeamento do processo têm em vista três áreas de operação distintas:

- produção
- montagem
- teste

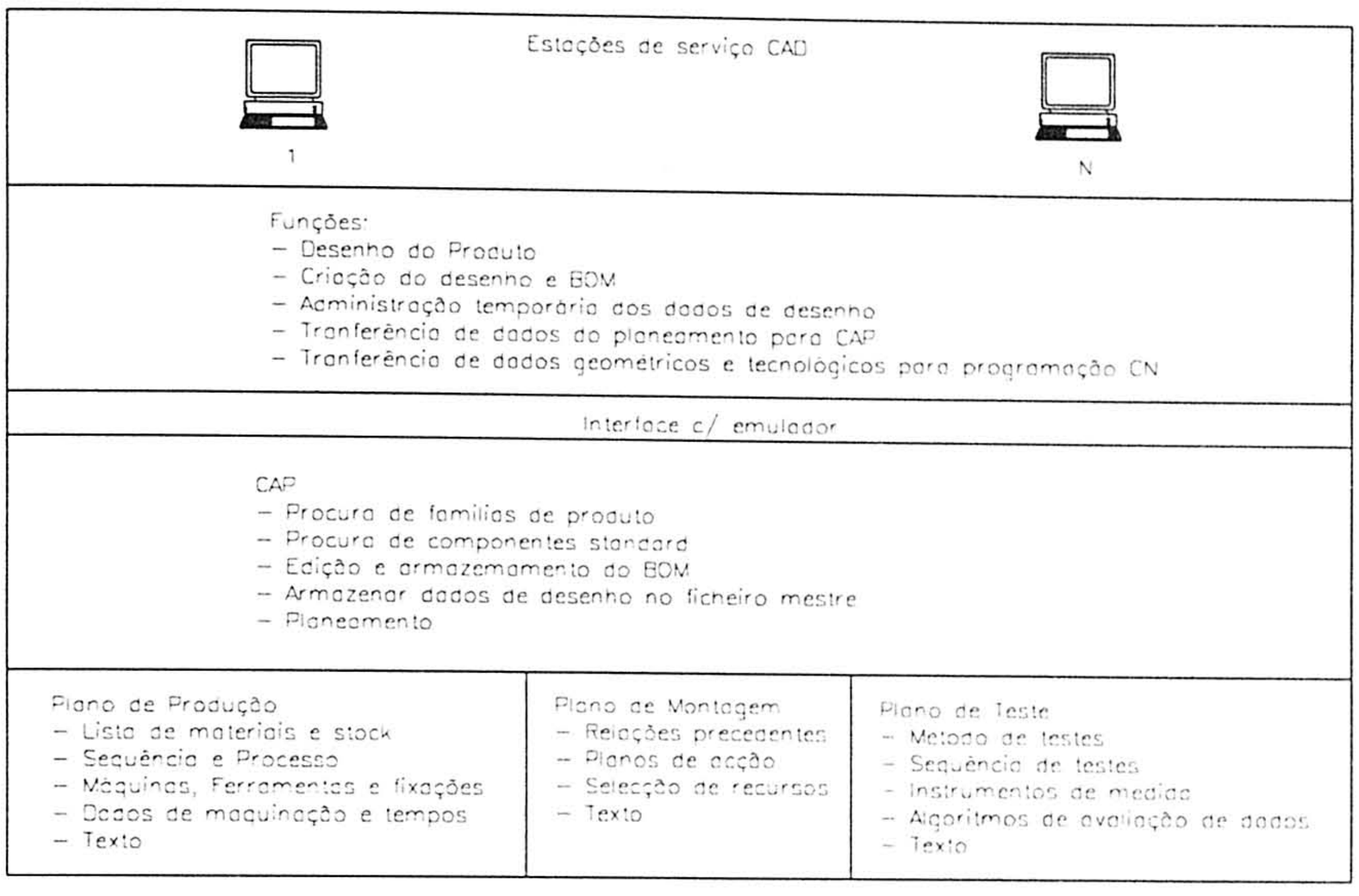


Fig. 17 - Áreas de planeamento

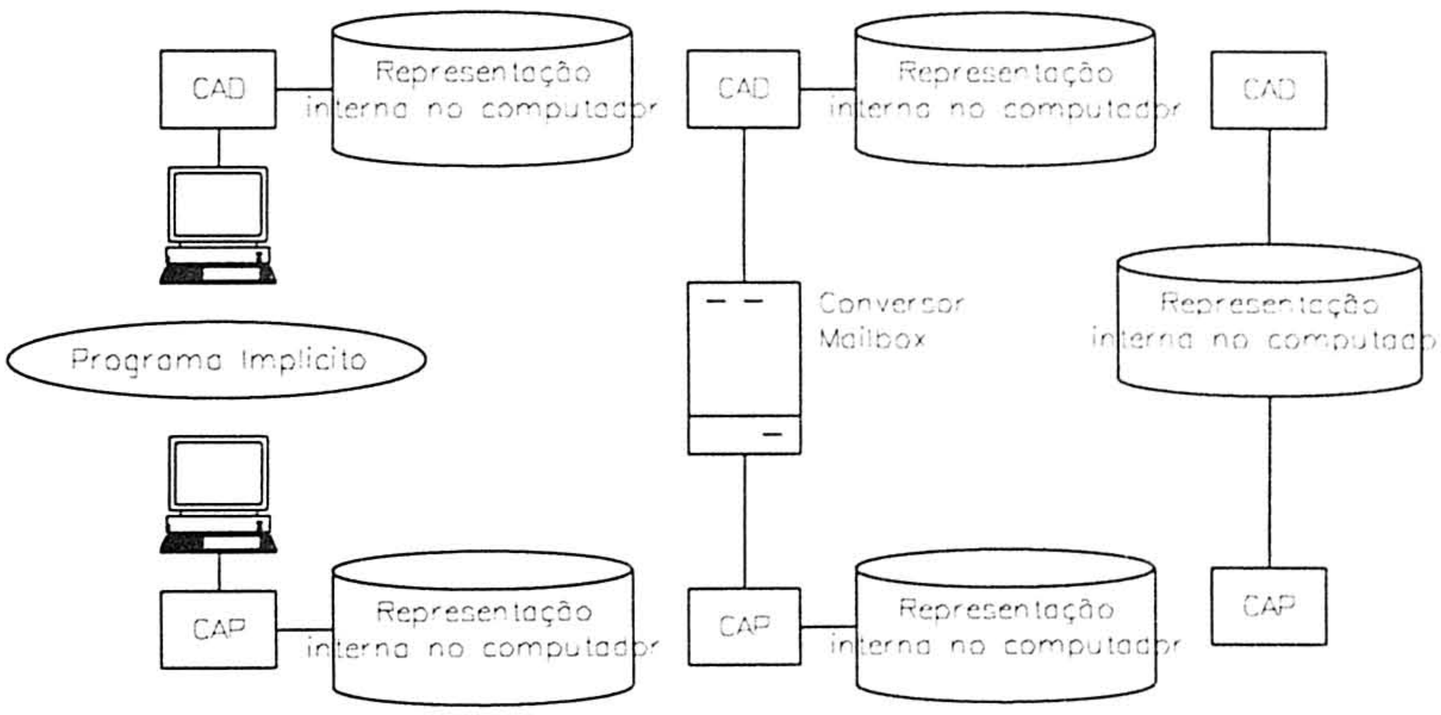


Fig. 18 - Transferência de informação entre o CAD e o CAP
entre o desenho e o planeamento do processo

Os requisitos para estes planos são similares e obrigam ao mesmo tipo de acções, de planeamento e de programação. Estas acções são na maioria dos casos executada em separado, mas este modelo prevê e aconselha a utilização de ferramentas que executem as duas.

No que diz respeito à programação, existem três tipos de programas, conforme o equipamento a que se destinam. Assim temos:

- máquinas NC - a programação em NC é feita através da saída de ficheiros em formato CLDATA. Posteriormente estes passam por um pós-processador que converte a linguagem em código específico para a máquina CNC, bem como para algumas máquinas de controlo de qualidade.

- robôs

- equipamentos de inspecção de qualidade - Os pós-processadores para as máquinas de controlo de qualidade devem ter como principal característica a redução da informação gerada.

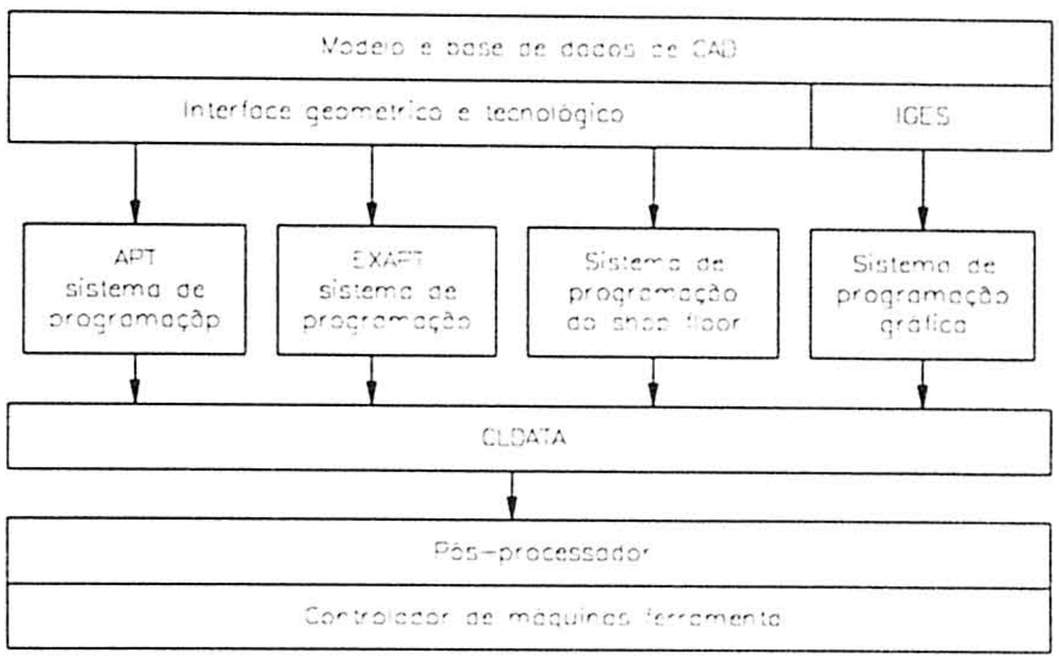


Fig. 19 - Métodos de programação CNC

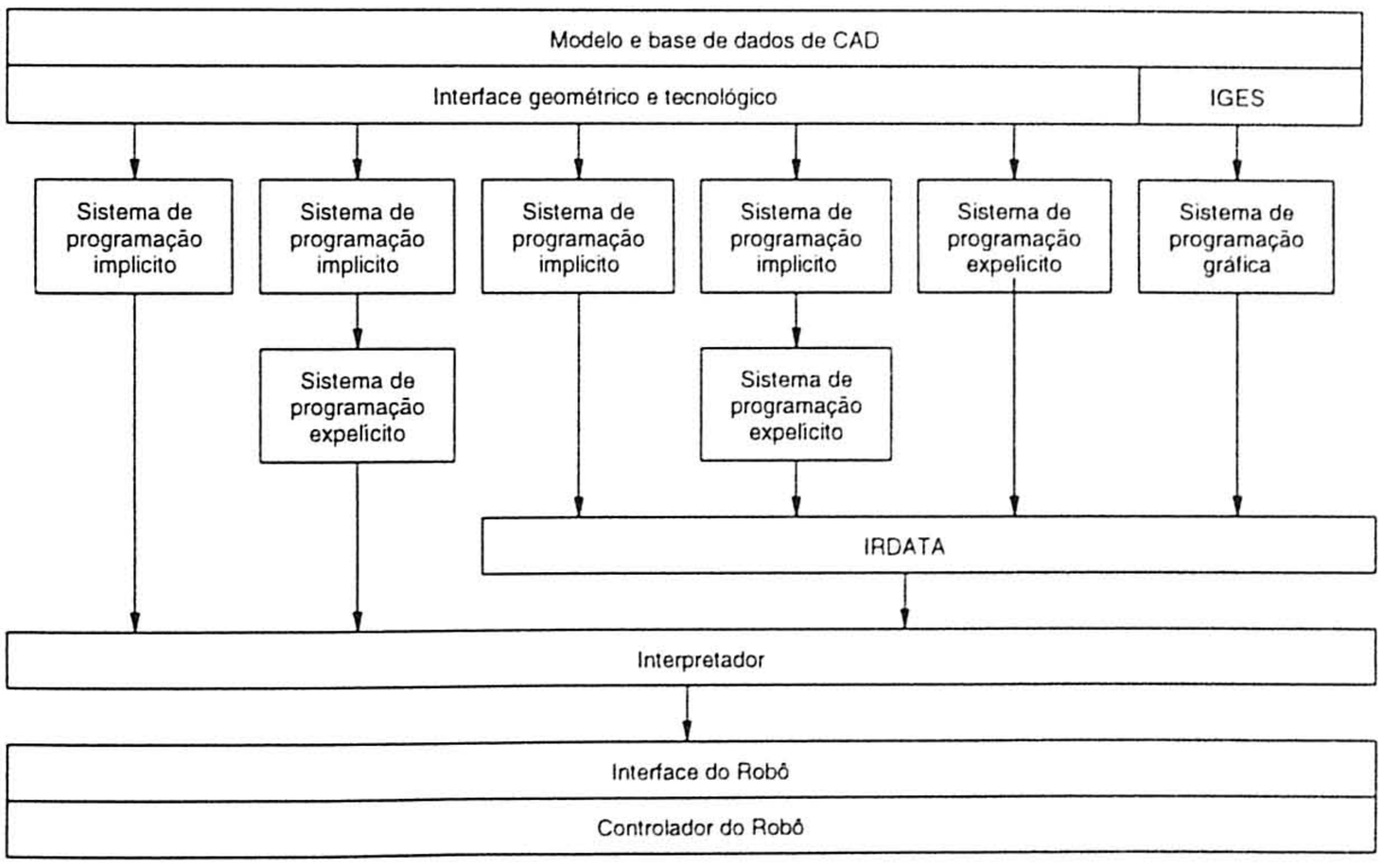


Fig. 20 - Métodos de programação de Robôs

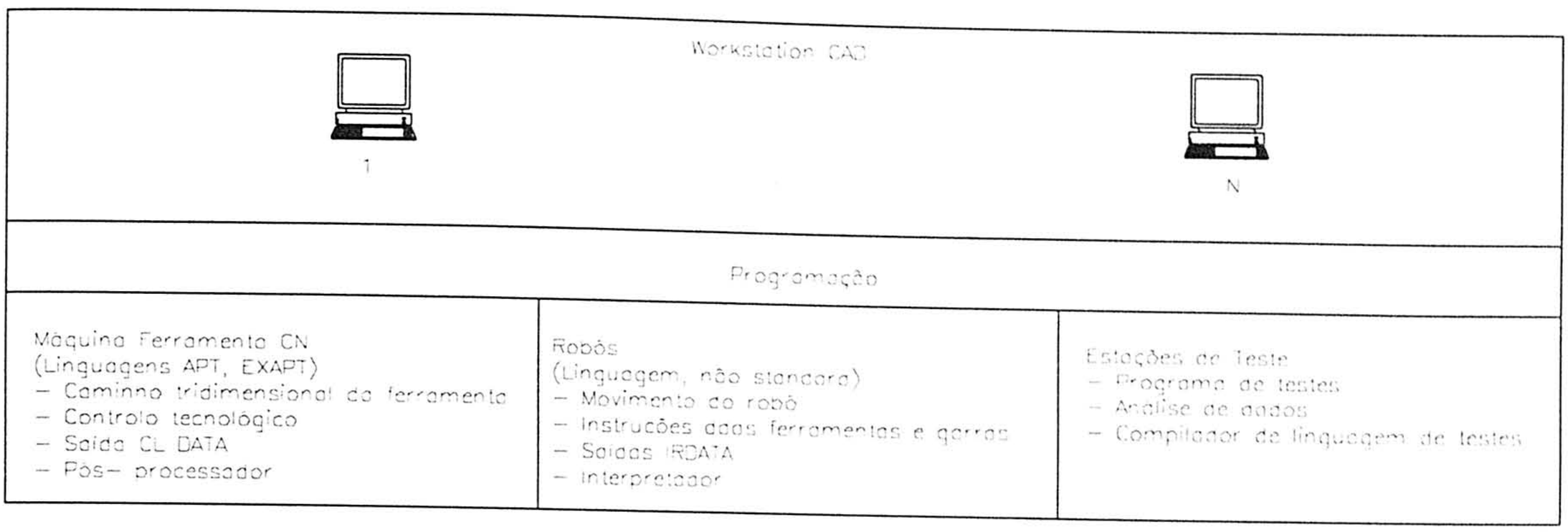


Fig. 21 - Tipos de programação

Este sub-modelo recorre ainda à definição de três grandes áreas:

- o escalonamento de produção
- a monitorização e Controlo de Produção
- o controlador do Shop-Floor

O escalonamento de produção reage a parâmetros tão vastos como os de ordens dos clientes, de datas de entrega, recursos de produção e regras de prioridade. Utiliza métodos como os das ligações combinatórias, da programação dinâmica, da programação linear e inteira ou das técnicas baseadas em conhecimento. Os documentos mais importantes para esta tarefa são o BOM e o *routing*.

Esta tarefa, o escalonamento, é a que mais absorve as capacidades dos computadores. Neste modelo, essa característica ainda é mais realçada devido ao facto de pretender utilizar escalonamento *online*.

O sistema de escalonamento deste modelo é baseado no modelo de Yung - o sistema sabe, para uma determinada ordem e estado da produção, que algoritmo lógico de escalonamento usar.

Neste modelo, a configuração do equipamento de produção é realizada nos computadores localizados no nível de controlo do sistema de produção.

A monitorização e o controlo de produção utilizam o nível mais baixo de uma rede de três níveis, estruturada hierarquicamente, sendo servida por "field bus". Esta rede hierárquica tem como característica a distribuição do planeamento e supervisão nos níveis mais elevados, sendo os níveis mais baixos utilizados no controlo e, também, na supervisão. A capacidade dos computadores está também relacionado com o nível da rede a que estão ligados, de baixo para cima - (autómatos programáveis, micro-computadores, computadores).

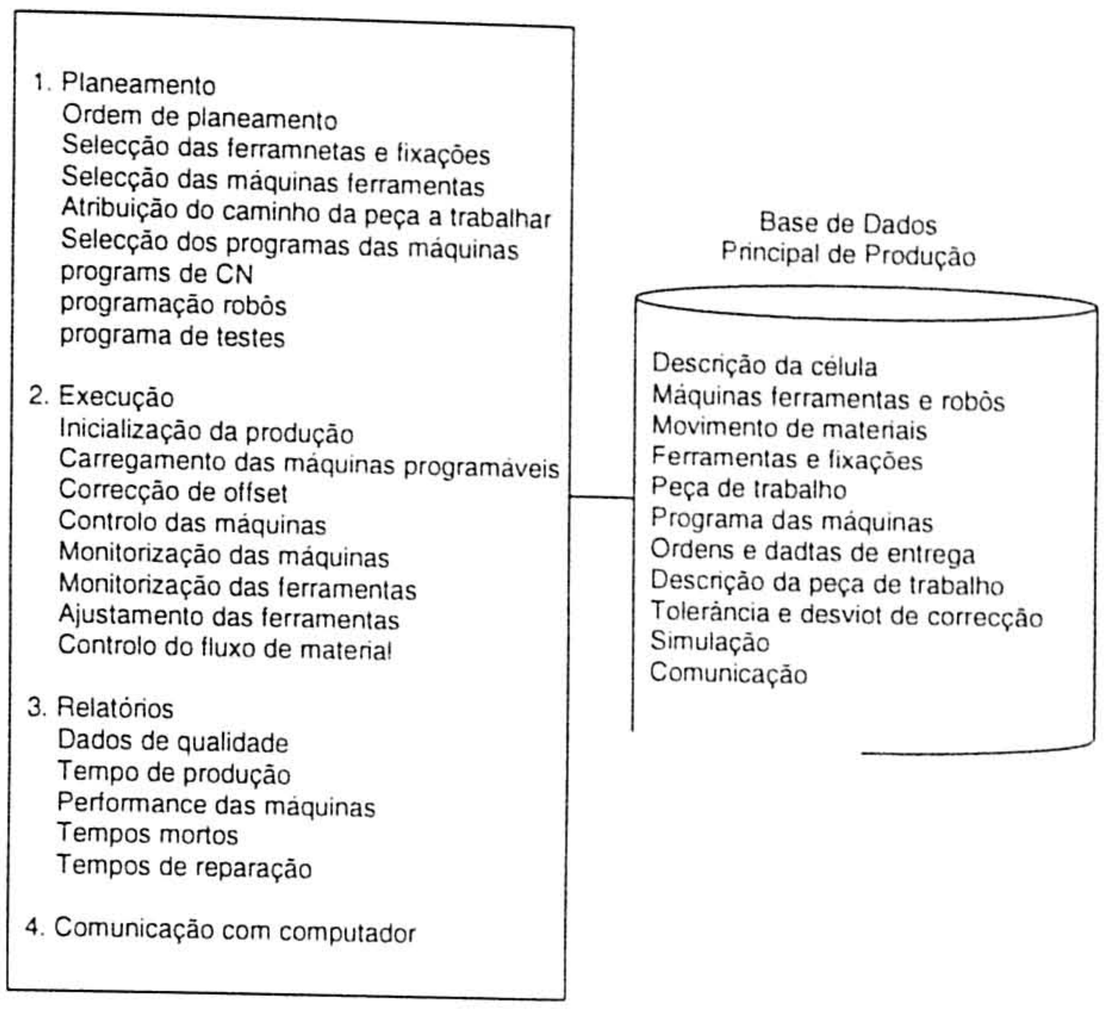


Fig. 22 - Acções de planeamento
(nível mais elevado da estrutura)

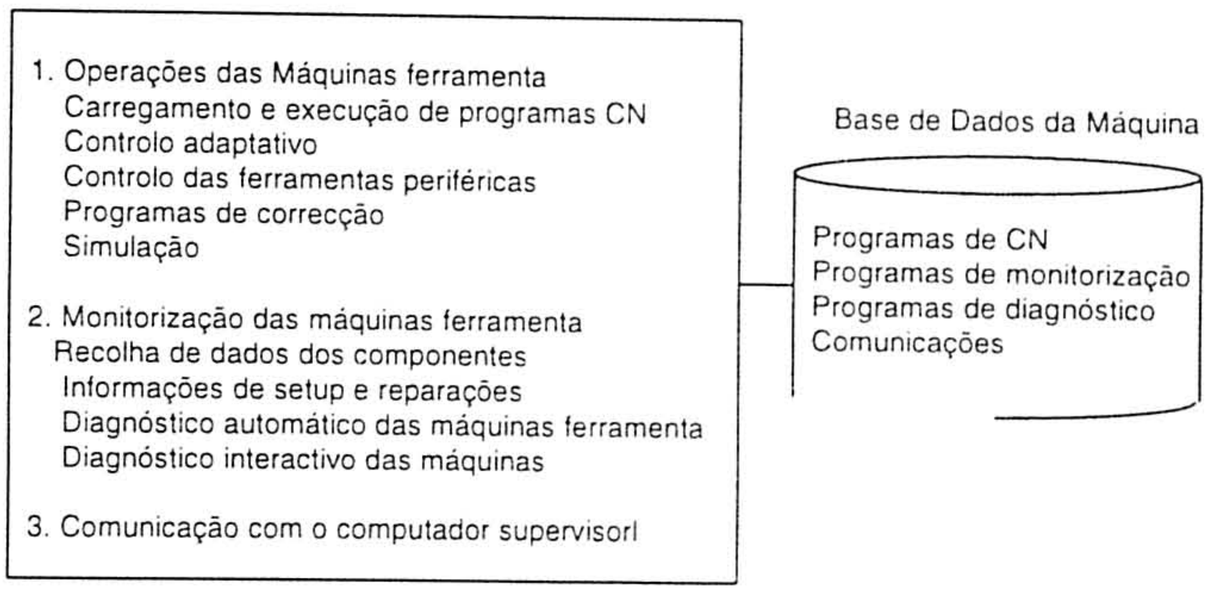


Fig. 23 - Tarefas do nível mais baixo

Os sistemas agregados à rede devem ser abertos e devem poder ser configurados, expandidos e contraídos *online*. E no que diz respeito ao controlo, deve existir redundância de meios (*flying master*). Na supervisão deve ser utilizada a representação gráfica do processo.

A conexão de vários tipos de equipamento de produção à rede pode ser realizado por dois métodos:

— backplane - introdução de uma carta de rede na controladora da máquina

— utilização de um microcomputador - responsável pelas tarefas de:

- manipulação de dados
- adaptação de rede

O utilizador pode programar esta interface e pode intervir directamente nas suas tarefas.

O controlador do *Shop-Floor* deve ser capaz de controlar métodos vários de fluxo de materiais, dos quais os mais recentes são o da estratégia *just-in-time* a do princípio KANBAN. O objectivo principal é a redução da produção em curso WIP - Work In Progress.

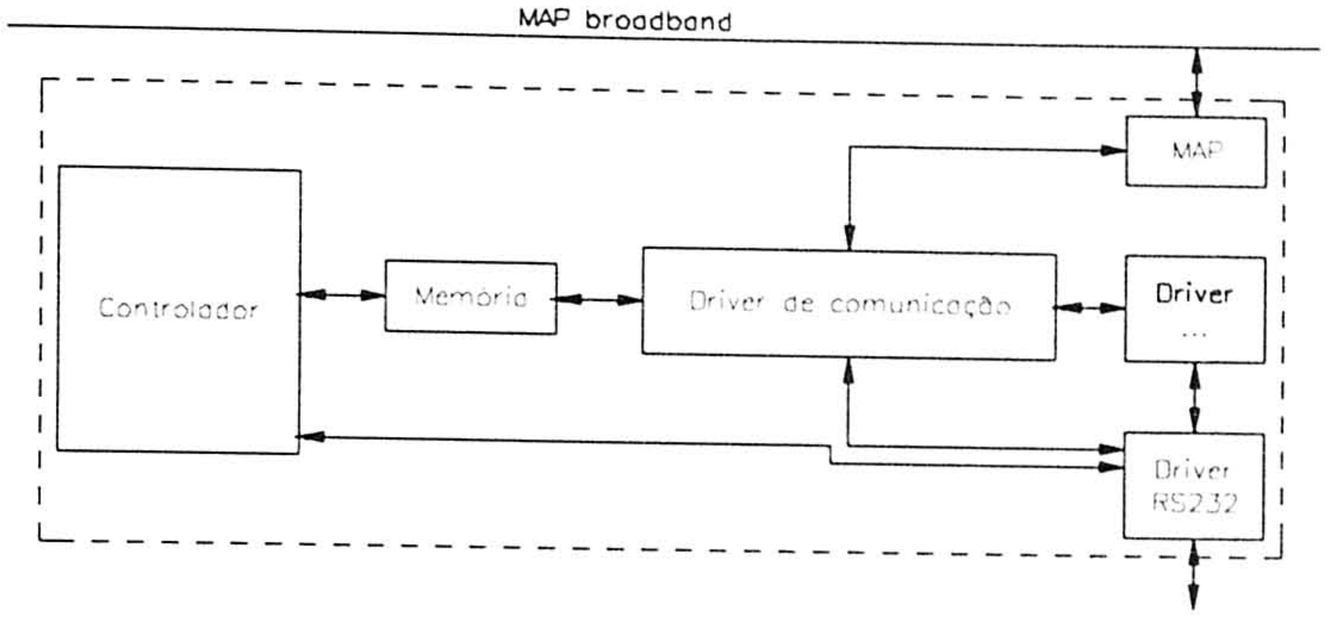


Fig. 24 - Conexão à rede tipo Backplane

Este modelo prevê a utilização de ferramentas para simulação e experimentação de sequências de produção.

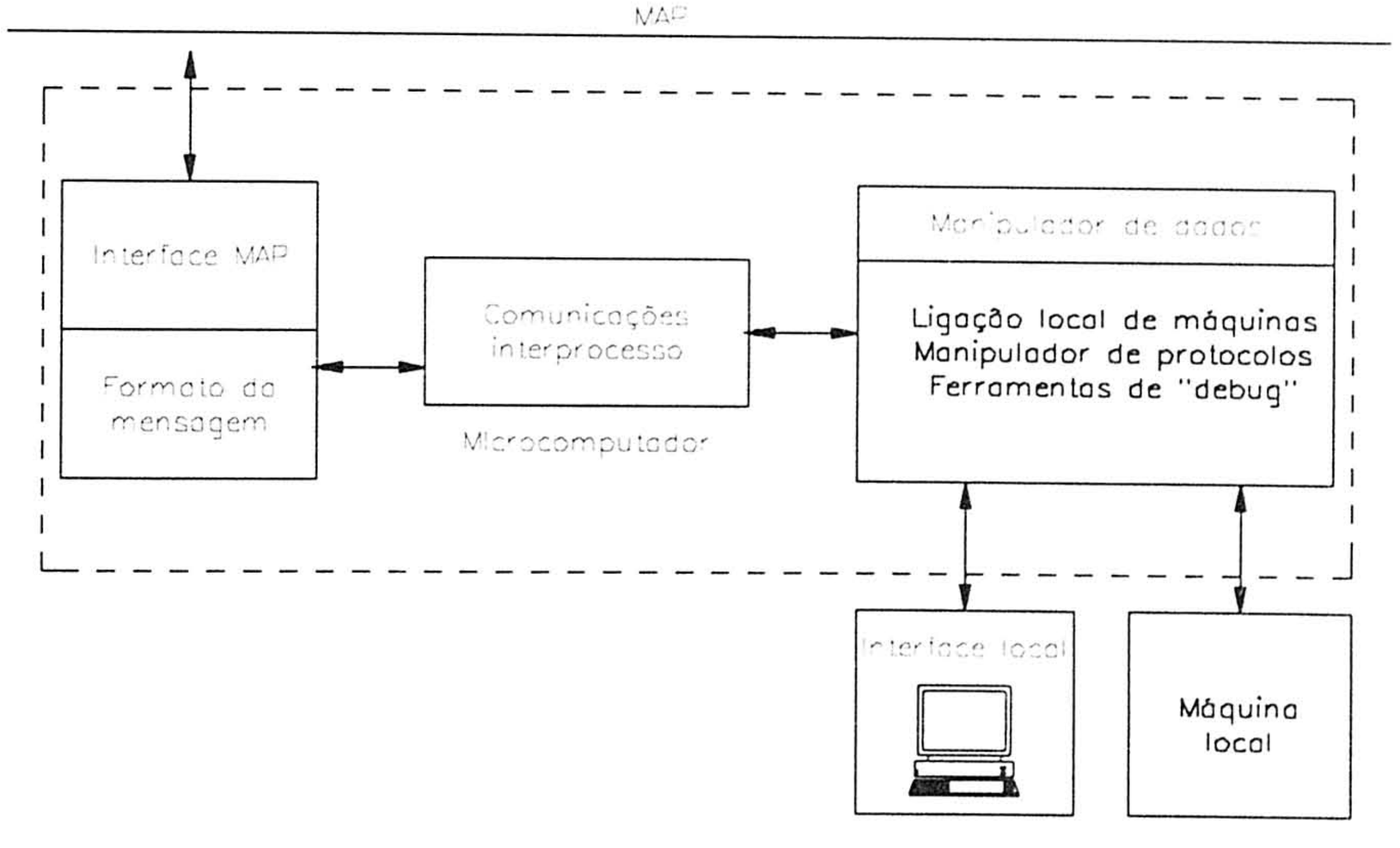


Fig.25 - Utilização de micro-computadores
na conexão à rede

2.7.4 Sub-modelo - Rede de comunicações para a fábrica CIM

Este sub-modelo é responsável pelo enquadramento da infraestrutura de comunicações.

O fluxo de dados será controlado por uma estrutura hierárquica, sendo os computadores ligados por vários tipos de redes. Essas redes apresentam distintos requisitos (velocidade de comunicação, número de participante, distância de comunicação, etc.), conforme o nível da estrutura hierárquica em que se encontrem.

O meio utilizado na comunicação pode variar de nível para nível, tal como a sua topologia.

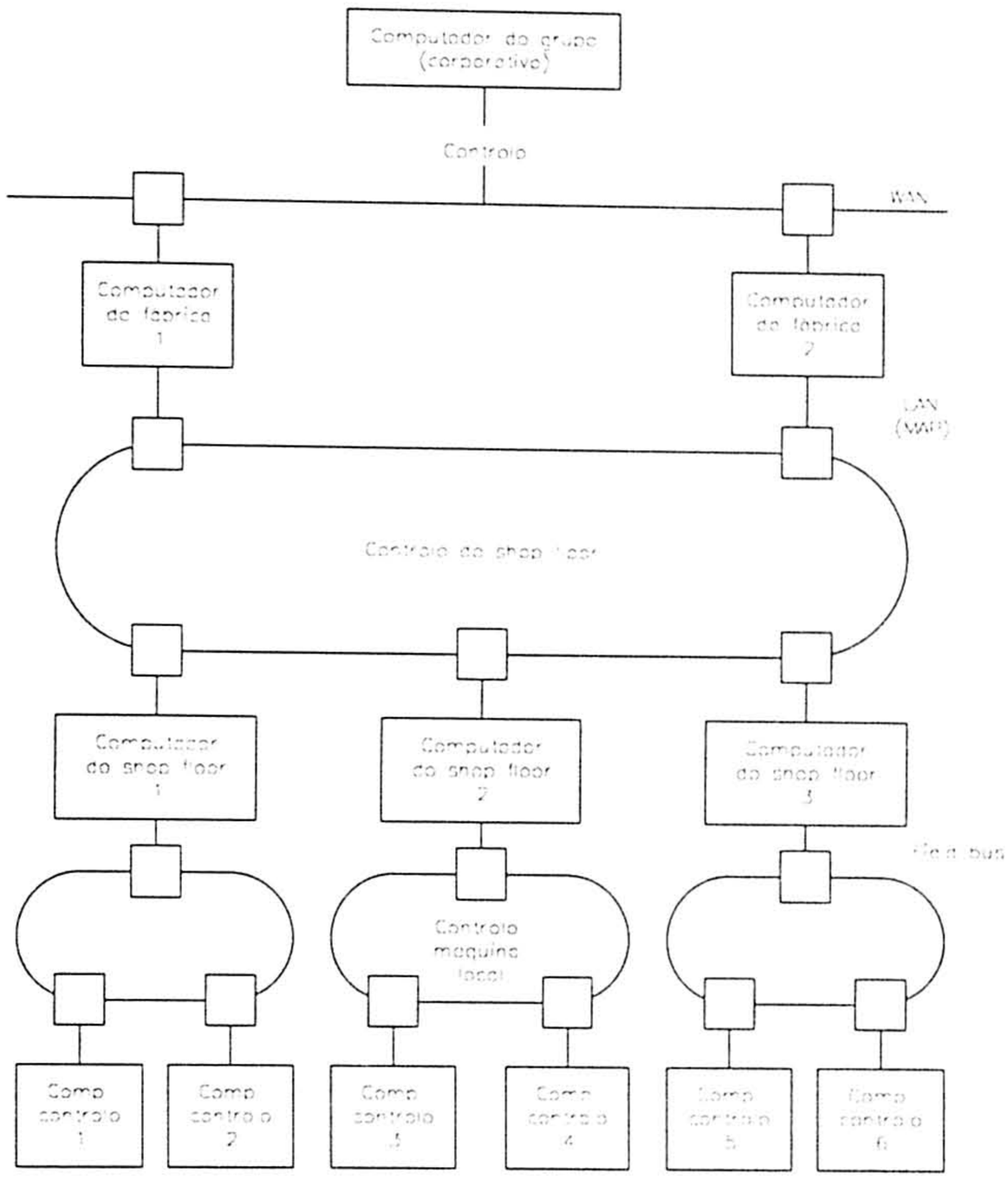


Fig. 26 - Exemplo da infraestrutura de comunicações

As WAN são utilizadas ao mais alto nível, enquanto que as LAN são utilizadas ao nível da fábrica e o "field bus" ao nível da planta fabril.

A LAN não permite a operação em tempo-real, sendo por vezes de acesso difícil. As topologias mais comuns são:

- anel (custo baixo, ruído elevado)
- bus (custo mais alto, ruído mais baixo)
- estrela (mais caro, ruído baixo)

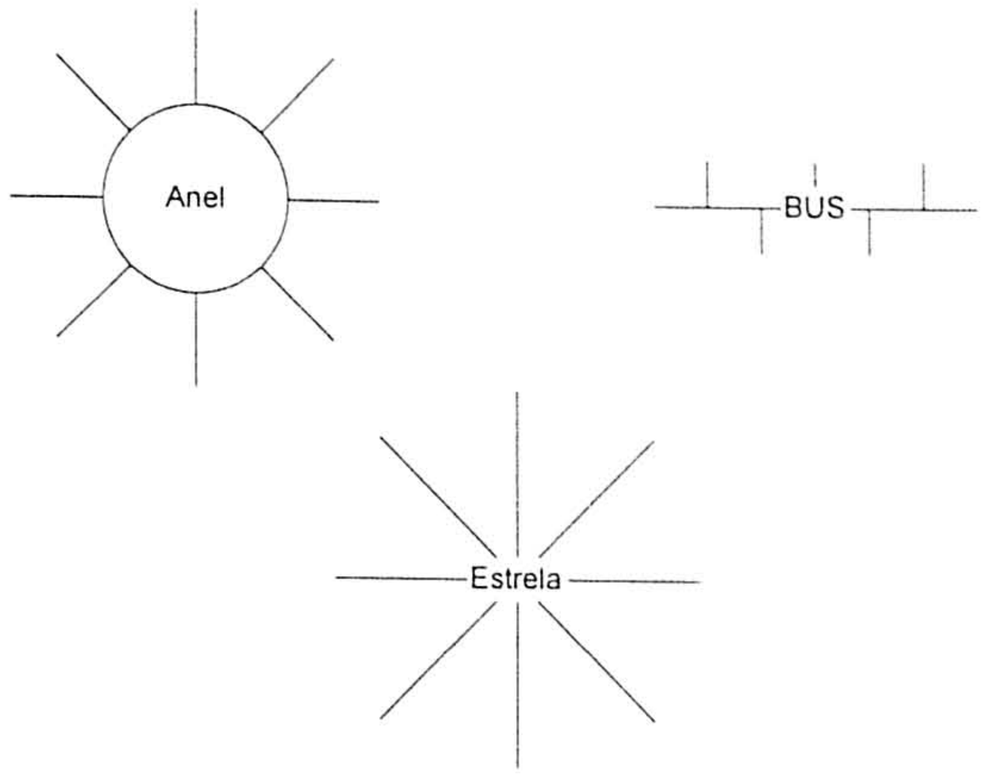


Fig. 27 - Topologias mais comuns

2.7.5 Sub-modelo - Base de Dados CIM

O sistema de gestão de informação é o motor do CIM e é responsável por controlar, manipular e processar dados utilizados e partilhados com a administração (o desenho, o planeamento o escalonamento e o controlo).

Este sub-modelo é partilhado por todas as actividades de produção, desde o desenho até ao controlo de qualidade.

Os modelos dos dados utilizados vão depender dos requisitos do esquema de representação, da memória disponível e da facilidade de acesso e manipulação de dados. De uma forma geral, podemos dizer que existem três modelos de dados:

- Modelo hierárquico de dados
- Modelo de dados do tipo rede
- Modelo de dados relacional

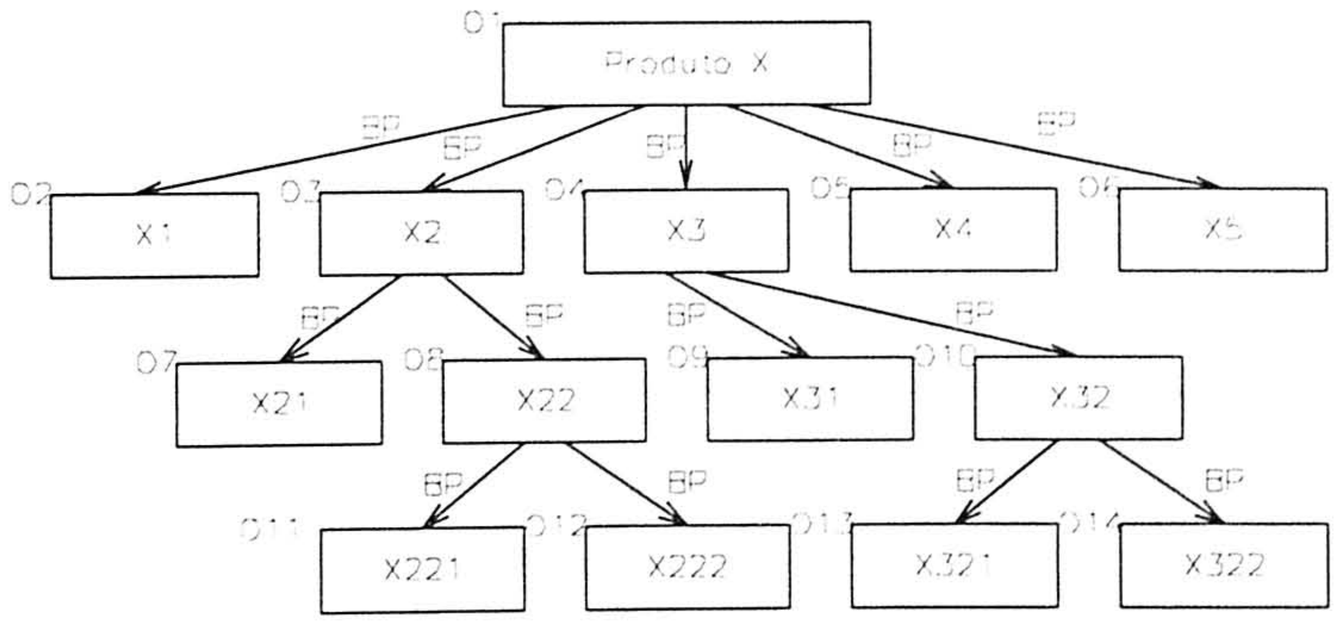


Fig. 28 - Modelo hierárquico
(BP - x é base do componente y)

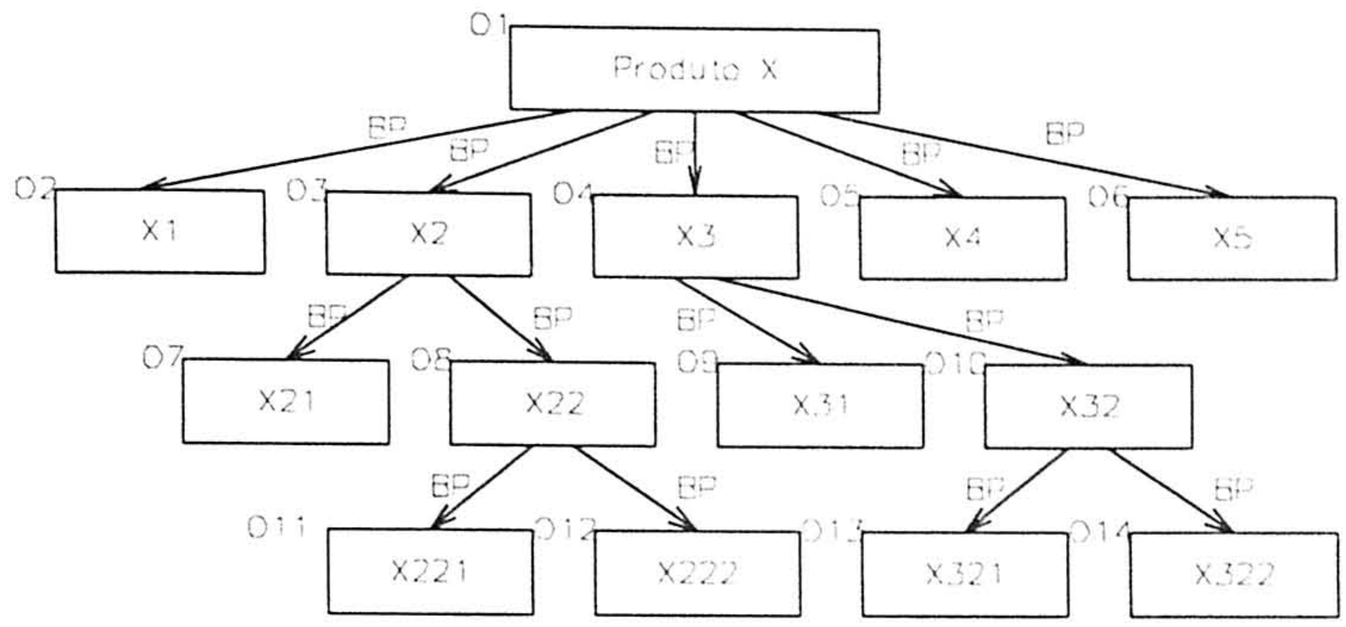


Fig. 29 - Modelo tipo rede
(BP - x é base do componente y
MD - x é montado antes de y
MO - x é montado em y)

TSEMNO	TSNAMA	TSCWOC	TSWGRT	TSHWEM	TSCWTT	TSCLAN	TSSDTE	TSEDTE
1	Miguel Barreto de Magalhaes		0	35	001	POR	01-JAN-91	01-JAN-99
2	Sandra Maria Azeredo S. Machado		0	18	001	POR	01-OCT-93	01-JAN-99
3	Manuel Fernando dos Santos Silva		0	18	001	POR	01-OCT-93	01-JAN-99
4	Jose Carlos Lobinho Gomes		0	18	001	POR	01-OCT-93	01-JAN-99
5	Fernando Rui Lisboa Moreira		0	35	001	POR	01-SEP-94	01-JAN-99
6	Wim Lamers		0	35	001	POR	01-OCT-94	01-JAN-99
7	Jorge Miguel Oliveira Freitas		0	35	001	POR	01-SEP-94	01-JAN-99
8	Pedro Manuel Barbosa Guedes		0	0	001	POR	01-SEP-93	01-JAN-99
9	Jorge Filipe Baptista da Silva		0	12	001	POR	10-MAR-95	01-JAN-99
10	Paulo Jorge Magalhaes		0	12	001	POR	10-MAR-95	01-JAN-99
11	Paulo Jorge Pinto Leitao		0	18	001	POR	01-OCT-93	01-JAN-99
12	Paulo Ramos Pinto		0	35	001	POR	01-JAN-95	01-JAN-99
13	Jose Rui Frade Rodrigues Lopes		0	35	001	POR	01-OCT-94	01-JAN-99
14	Jose Miguel Machado		0	35	001	POR	01-SEP-94	01-JAN-99
15	Rui Paulo Pinto da Rocha		0	8	001	POR	01-OCT-94	01-JAN-99
16	Carlos de Almeida Martins		0	8	001	POR	01-SEP-94	01-JAN-99
17	Miguel Fernando Ramos Faria		0	35	001	POR	01-OCT-93	01-JAN-99

Tabela 3 - Exemplo da forma de armazenamento
de modelos de dados relacionais
(exemplo de uma tabela da aplicação Triton3.0b
armazenada numa base de dados Oracle 7.1

Destes, o modelo relacional é o mais escolhido, porque oferece uma forma natural de comunicar com a informação de produção armazenada. Tem como características principais a utilização de tabelas e a possibilidade de representar relações de m para n.

A comunicação com a Base de Dados para manipulação e armazenamento de informação, por utilizadores ou processo, deve, segundo este modelo, analisar:

— A linguagem de comunicação a utilizar - se utiliza gráficos e desenhos e se a linguagem é orientada á consulta (por exemplo QBE).

— A uniformidade da linguagem - garantir que todos os utilizadores desta ferramenta não tenham problemas, devido a dificuldades de compreensão.

— A abertura a comunicações - garantir a possibilidade dos utilizadores se ligarem e desligarem do sistema de gestão de dados.

— A garantia de integridade de dados - através de modelo de dados bem estruturados, de verificação de consistência e de criação de mecanismos de protecção e de sincronização. A sincronização pode ser obtida através da implementação de transições, e se existirem supervisores dessas transições, garante-se a protecção de dados.

As bases de dados devem ainda prever seguranças contra erros, mesmo em multi-acesso e assegurar a gestão dos direitos de acesso.

A base de dados que mais dados fornece para o planeamento e para a produção é a de CAD/CAM; por isso este modelo considera pertinente a sua análise.

No que respeita aos dados armazenados e manipulados, estes são manuseados por diversos processos e são específicos para representar a semântica dos diversos dados de produção (engenharia, planeamento, controlo, etc.). As actividades de CAD/CAM têm tipos de dados complexos e necessitam, segundo este modelo, de estruturas de representação orientadas a objectos. Neste momento, a utilização de OODB-Object Oriented Data Base é demasiado arriscada, senão irrealista, sendo preferível a utilização de bases de dados relacionais estendidas.

Outra característica deste modelo é a de que introduz as noções de: mudança dinâmica dos objectos na área de produção, obrigando o modelo de dados a representar essa mudança e as operações recursivas, que são também representadas no modelo de dados.

A base de dados, do sistema CIM, pode ser concebida segundo quatro tipos genéricos de desenhos:

- Grupo de base de dados independentes - é o tipo mais antigo, o mais fácil e rápido de implementar e de fácil manutenção. Contudo, tem redundância de dados, é mais difícil de integrar, a manutenção é mais cara e, principalmente, uma mudança numa base de dados provoca a mudança noutras

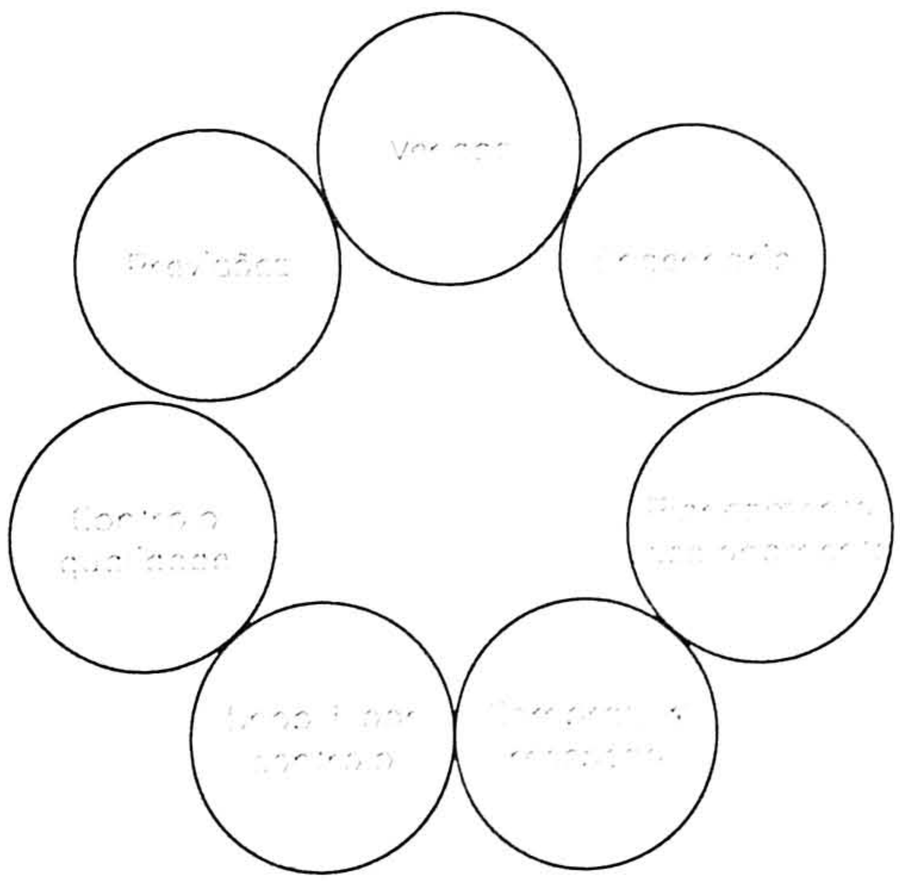


Fig. 30 - Base de dados Independentes

- Base de dados centralizada - o modelo considera este tipo como o mais apropriado, porque se adapta ao modelo genérico de produção, porque é de fácil manutenção e principalmente porque garante um elevado grau de consistência de dados. No entanto, não é próprio para aplicações CAD, porque é lenta como servidora de múltiplas aplicações e necessita de um bom mecanismo de protecção de acesso aos dados.



Fig. 31 - Base de dados Centralizada

- Base de dados de sobreposição/interface - assim designada porque utiliza a visão de ilhas de processamento de informação. É normalmente utilizada em sistemas de computadores distribuídos, permitindo ao utilizador ter a sua própria base de dados e podendo aceder a dados comuns, o que garante uma boa consistência. Porém, obriga à protecção da base de dados central e à utilização de formatos, protocolos de comunicação e interfaces comuns a todas as BD. As principais características são a possibilidade de desenhar a base de dados por forma a poder servir a gestão hierárquica de um sistema de controlo; e a possibilidade de em caso de falha do sistema, as bases de dados poderem continuar a sua tarefa porque contêm informação suficiente para tal tarefa.

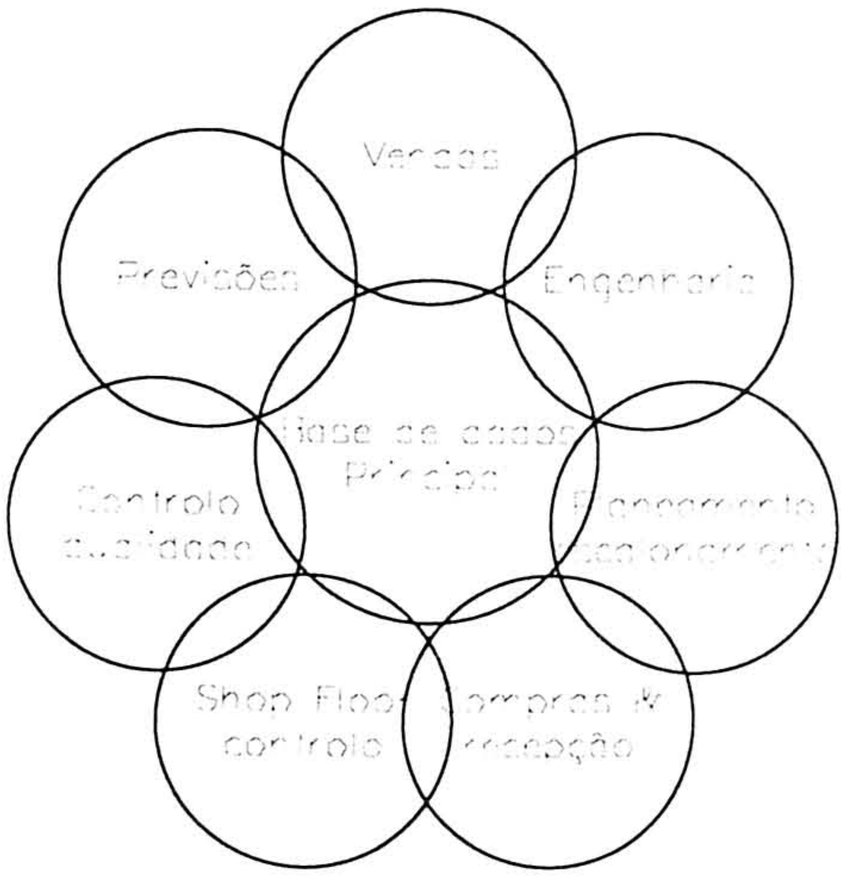


Fig. 32 - Base de dados de sobreposição

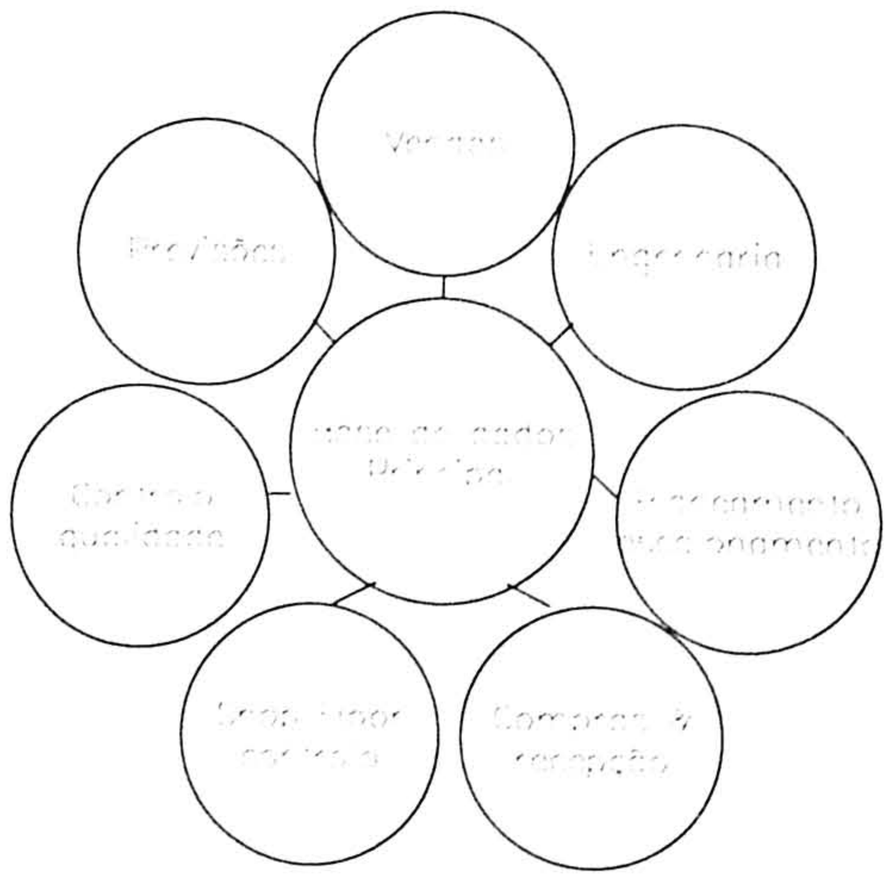


Fig. 33 - Base de dados de distribuída

- Base de dados distribuída - este tipo é similar ao anterior, só que o acesso à base de dados central não é restringido e as bases de dados locais não acedem umas às outras. Comercialmente, estas bases de dados ainda são uma utopia, havendo, no entanto, expectativas do aparecimento de uma base de dados efectivamente distribuída.

Parte III

A Unidade de Produção
do
Centro de CIM do Porto

3. O Centro de CIM do Porto

O CCP - Centro de CIM do Porto - é uma Instituição de Investigação e Desenvolvimento (I&D) registada como associação tecnico-científica sem fins lucrativos, fundada em 27 de Setembro de 1990.

O objectivo principal e aglutinador dos esforços do CCP, bem como de qualquer instituição de I&D, é servir de interface entre a investigação e a indústria, contribuindo para a modernização tecnológica das indústrias e criando inovação através, não só da investigação, mas também do desenvolvimento, demonstração e promoção das aplicações industriais das tecnologias da informação (TI).

Quando da sua criação, o CCP compreendeu que, apesar de não poder existir sem uma forte ligação à sua fonte principal de recursos humanos (que é o seu principal associado, a Universidade do Porto), a existência desta Instituição só fará sentido se a indústria pudesse usufruir do seu trabalho. Assim, o Centro de CIM do Porto tem como associadas oito empresas portuguesas, com forte imagem de agressividade empresarial e com interesses sérios na manutenção e conquista de mercados e no aumento das suas cotas, bem representativas do quadro das actividades indústrias portuguesas. São associadas as seguintes empresas:

- BA - Fábrica de Vidros Barbosa & Almeida, SA
- CABELTE - Cabos Eléctricos e Telefónicos, SA
- EFACEC - Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas, SA
- Iberomoldes, SA
- LISNICO - Serviço Marítimo Internacional, Lda.
- NAVALIS - Projectos Navais, Lda.
- Salvador Caetano - Indústrias Metalúrgicas e Veículos de Transporte, SA
- Têxtil Manuel Gonçalves, SA
- Universidade do Porto

A Universidade do Porto criou o CCP no âmbito da estratégia de aprofundamento das suas relações com as indústrias portuguesas. A concretização desta estratégia verifica-se no elevado número de instituições de interface ligadas à Universidade (onde decorrem projectos de investigação, desenvolvimento e demonstração em varias áreas científicas), com estreitas conexões com o meio empresarial industrial.

O envolvimento do CCP em projectos ESPRIT permitiu que a sua equipa de investigadores contactasse com produtores e utilizadores de tecnologias CIM, de vários países, mas principalmente da União Europeia - UE.

A política da UE, ao obrigar, para financiamento de qualquer projecto à associação de instituições de I&D de vários países membros, - garante uma maior homogeneidade de desenvolvimento em resultado dessa colaboração e vem ao encontro dos interesses do Centro de CIM proporcionar aos membros da sua equipa a melhoria da sua formação através da partilha de conhecimento com instituições congéneres dos diversos países da Comunidade Europeia.

Um dos projectos em que o CCP participa, o projecto ESPRIT 9901 - NETCIM - é a garantia de que os países da UE continuarão a partilhar informação e a garantir um desenvolvimento homogéneo da sua industria, através do fabrico integrado por computador, mesmo após o fim dos projectos em que estão envolvidos. A utilização dos relatórios de projecto (*deliverables*) ou dos documentos relativos à criação de normas, deixam de ser a única forma de transferência e partilha de conhecimento; o projecto NETCIM proporciona uma rede de nós situada, numa primeira fase, em vários países da cintura sul da Europa (países da UE menos desenvolvidos tecnologicamente), nós esses que partilharão informação CIM relevante e que serão especializados em áreas distintas, para assim garantirem que a rede, como um todo, poderá solucionar problemas de integração e disponibilizar uma base de dados de informação tão completa quanto o conhecimento comum o permitir.

Os países envolvidos na 1ª fase deste projecto (Portugal, Espanha, Itália e Grécia) situam-se na corda Mediterrânica, localização geográfica que confere às industrias envolvidas um grau de desenvolvimento similar e cujos sectores industriais são os das indústrias tradicionais preponderantes. Assim, existe convergência entre os nós deste projecto com este aspecto geográfico/industrial. A predominância de PMEs no tecido empresarial dos referidos países é mais um dos pontos de aproximação. São parceiros neste projecto:

- FATRONIK (E)
- DEMOCENTER (I)
- Centro de CIM do Porto CCP (P)
- ITCC (GR)
- Universidade de Patras (GR)
- TEKNIKER (E)
- Instituto Català de Tcnologia (ICT) (E)
- Centro Tecnológico de Madrid (CETEMA) (E)
- AIMME (E)
- Universidade de Zaragoza (E)
- Instituto Murciano de Tecnología (IMT) (E)
- Instituto de Automática Industrial (IAI) (E)
- TECAM (E)
- Centro de Investigación y Experimentación Vitivinicola (CIEV) (E)

Uma fase importante no desenrolar das actividades do CCP foi a participação na demonstração (piloto) da utilização de resultados do projecto ESPRIT Communications Network for Manufacturing Applications (CNMA) na fábrica de Transformadores Industriais da EFACEC, em Novembro de 1992. Neste piloto foram utilizadas comunicações MAP, através de redes Ethernet, para comunicação com controladores programáveis da Siemens e para comunicação entre microcomputadores com sistemas operativos Unix, fazendo uso do protocolo MMS. Entre outras, foi desenvolvida uma aplicação de monitorização de produção (recorrendo, nomeadamente, a uma base de dados relacional Ingres e a OSF/Motif, para desenvolvimento da interface gráfica com o utilizador), que permitiu aos investigadores envolvidos uma noção mais precisa dos requisitos relativos à necessidade actual e histórico/estatística de informação sobre o processo produtivo, os recursos de produção, etc.

Em Outubro de 1991, o Centro de CIM do Porto iniciou a sua actividade efectiva, através do projecto ESPRIT 5629. Este projecto é uma acção especial da Comunidade Europeia, cuja finalidade é a implementação em Portugal de uma plataforma CIM, que contribua para a competitividade internacional das indústrias portuguesas. Os objectivos principais deste projecto são a implementação de uma unidade de produção industrial baseada em tecnologias CIM e das respectivas infraestruturas de comunicação industriais e o desenvolvimento de programas de formação e apoio à industria que facilitem a interacção entre o CCP e as Empresas. O princípio orientador do CCP na gestão deste projecto foi o de que o principal benefício a extrair não fosse o da instalação da unidade de produção, mas sim do "know-how" adquirido pela equipa de investigadores, na especificação, na aquisição e na implementação de cada componente da referida unidade.

A especificação da unidade de produção a ser implementada pelo CCP, teve como critérios:

- criar uma unidade real de produção;
- implementar uma unidade de produção cujo sector industrial fosse representativo da realidade portuguesa;
- utilizar equipamentos industriais avançados mas não específicos para esta unidade;
- garantir uma grande variedade de produtos possíveis de fabricar (versatilidade dos recursos de produção);
- utilizar ao mínimo a componente humana no processo produtivo;
- utilizar tecnologias de informação comerciais, com base em protocolos recentes, mas estabelecidos na área de CIM;
- garantir um *layout* que propiciasse poucas perdas da versatilidade individual dos recursos em prol de uma versatilidade conjunta da unidade de produção;
- a implementação deve apontar, só por si, sem qualquer integração da unidade de produção, um caminho para o aumento da competitividade das industrias portuguesas;
- a unidade de produção deve ser obra da equipa de investigadores e técnicos do CCP (em oposição à aquisição de uma unidade tipo "chave na mão") para que todo o trabalho desenvolvido seja semente do conhecimento CIM do CCP.

Estes critérios simples conduziram a uma série de opções técnicas, cujo resultado se descreve a seguir.

4. A Unidade de Produção

Quando se pôs a questão que tipo de indústria utilizar para acompanhar o projecto 5629, a escolha só poderia recair nas indústrias mais representativas no país e cujo atraso tecnológico, em relação à Comunidade Europeia e aos restantes competidores, fosse não só notório mas também significativo de uma séria ameaça à sua subsistência.

O economista Michael Porter no seu relatório de 1994, aponta como mercados preferenciais para a indústria portuguesa todos aqueles que contribuem para o envolvimento dos três sectores (primário, etc.), garantindo assim que o "know-how" das indústrias tradicionais seja mais um ponto a favor da competitividade internacional. Os exemplos da indústria da cortiça e do calçado são apenas alguns dos possíveis exemplos de tais indústrias tradicionais.

No entanto, as indústrias com tecnologias emergentes, que garantem a posição cimeira na economia, onde se introduzem grande numero de inovações, proporcionam desenvolvimento paralelo e por arrastamento, obrigam a constantes actividades de I&D, o que implica melhoria dos meios de formação - geradores de novos caminhos de desenvolvimento e de novas tecnologias e proporcionam também a outras indústrias caminhos de inovação. Não são as indústrias tradicionais (normalmente transformadoras e cujo mercado é humano) mas sim as indústrias da terceira vaga (também transformadoras mas cujo mercado são outras industrias) como as indústrias dos semicondutores, que utilizam as já referidas tecnologias emergentes.

Apesar de em Portugal existirem unidades industriais que lidam em áreas de grande desenvolvimento tecnológico (a Texas Instruments, por exemplo), na sua grande maioria, não são concebidas e geridas por nacionais ou vocacionadas para uma visão do mercado numa perspectiva nacional. Tão-pouco as suas actividades de I&D têm como alvo o futuro da indústria nacional ou da manutenção do mercado. A vocação mundialista dessas empresas e o número restrito dos conhecedores destas tecnologias emergentes, retiram a Portugal a hipótese de se introduzir nesse "clube", sem que antes prepare as suas outras indústrias com vista a atingir um estádio de desenvolvimento que permita que o "clube" não seja uma necessidade, mas um passo natural a atingir. Entre as indústrias cobiçadas apontam-se:

→ industria automóvel

→ semicondutores

→ aeronáutica

→ aero-espacial

→ militar

→ comunicações

→ informática

A escolha do CCP também teria de considerar os benefícios imediatos.

Portanto, e para que o objectivo de atingir o nível industrial europeu - com a garantia de as empresas do ramo industrial escolhido recolherem benefícios imediatos - a tecnologia adoptada teria que ser de base, ou chave, nas indústrias de terceira vaga e a sua representatividade, a nível nacional e regional garantidamente elevada. Assim o CCP escolheu a indústria metalo-mecânica.

A técnica de fabrico escolhida é um dos factores dominantes no desenvolvimento de todo o trabalho do CCP no projecto em causa.

Garantir flexibilidade de produção, em conjunto com a ligação dos elementos de produção e tendo como pano de fundo os conceitos técnicos de fabrico, leva-nos a avaliar os vários "layouts"/fábricas possíveis.

Os "layouts" são orientados por objectivos que se prendem com:

1. tipo de produto - se o produto é um bem ou serviço; desenho do produto e norma de qualidade empregues; produto fabricado para "stock" ou por encomenda;
2. tipo de processo produtivo - tecnologia empregue; tipo de materiais utilizados;
3. volume de produção - afecta o desenho e a capacidade instalada de produção; previsão de expansão ou mudança.

Um desenho de fábrica deve considerar:

- fluxo de materiais em linha direita,
- seguimento simples do produto,
- tempo de produção previsível,
- armazenamento intermédio de materiais, na produção, reduzido,
- espaços abertos na fábrica para fácil visualização do desenrolar do processo produtivo,
- operações congestionadoras da produção, previstas e controladas
- localização dos postos de trabalho perto uns dos outros,
- manuseamento e armazenamento ordenado de materiais, e
- não movimentação desnecessária de materiais.

Há quatro "layouts" básicos de produção, definidos pela forma como se realiza o fluxo do trabalho, cuja combinação permite definir muitos outros cujo interesse é muito especifico, e que se designam: *job-shop*; *flow-shop*; células; projecto (estaleiro).

A produção por projecto representa a forma de produção vulgar na construção civil ou na construção naval, em que os meios de produção circulam em torno do produto para realizarem as suas tarefas. De forma simples e definindo o fluxo de produção, este tipo de concepção é designado de produção fixa. A quantidade fabricada é de um único exemplar do produto de cada vez que o *layout* é montado, tendo de ser refeito o *layout* para cada produto. A variedade de produtos é grande, e os tempos de produção são muito elevados. O custo do produto final é sempre elevado.

A produção por "flow-shop" define um *layout* em que os equipamentos de produção são disposto segundo os passos sequenciais em que o produto é feito. É a conhecida produção em linha, em que o caminho de produção de cada parte é uma linha recta. As indústrias que utilizam este layout vão desde a indústria automóvel até à industria química, em que prevalece a elevada quantidade e volume do produto fabricado, o baixo custo de produção, a minimização dos tempo de produção e a minimização da movimentação de materiais.

As linhas de produção pressupõem ainda, a utilização de famílias de produtos para rentabilizar os investimentos e maximizar as "fatias" de mercado. Os estudos sobre este tipo de *layout* são vastos, uma vez que a sua utilização já se regista há longa data (Ford utilizou produção em linha). Algumas das principais diferenças *flow-shops*" tradicionais e modernas são:

Tradicional	**Contemporânea**
prioridade: balanceamento das linhas	prioridade: flexibilidade
estratégia: estabilidade	estratégia: flexibilidade (vários reequilíbrio para que as produção iguale a procura instantânea)
trabalho: fixo	trabalho: segue as necessidades ao longo da linha
utilização de super-máquinas	compra ou desenvolvimento específico de pequenas máquinas, reproduzindo-as conforme a necessidade na altura da concepção da linha ou no caso de variação do volume de produção
estações da linha ligadas por tapetes é um objectivo	estações tão próximas umas das outras, quanto possível, para evitar tapetes

Tabela 4
Comparação entre "flow-shop's"

O desenho do posicionamento dos equipamentos, vulgarmente designado por *job-shop*, designa a colocação do referido equipamento de produção em grupos cuja funcionalidade é idêntica (também são designados por *layouts* funcionais). O produto visita as lojas assim criadas conforme a operação a ser realizada. Os estudos sobre este tipo de *layout* tem de ser vistos principalmente pelos trajectos percorridos pelos vários produtos, com o intuito de optimizar não só as distâncias percorridas, mas também os tempos gastos nesses percursos. Ao longo do tempo de utilização da fábrica e com a introdução de novos produtos, pode ser necessário ajustar a localização dos grupos para garantir que o maior tráfego inter-grupos se realize em grupos cuja localização é subjacente. Este tipo de *layout* permite a produção de uma elevada gama de produtos do mesmo tipo ou cujas operações a que são sujeitos são as capazes de serem realizadas pelos grupos definidos. No entanto, o volume de produção é mais baixo do que aquele obtido pelo *flow-shop*.

O *layout* designado por células não é mais do que o agrupamento de máquinas diferentes formando centros de trabalho, para a produção de itens com similaridades nos formatos e processos produtivos. O produto é normalmente sujeito a mais de uma operação. As células são parecidas com o *job-shop*, só que, neste caso, o conjunto de máquinas, para além de ser distinto, garante a capacidade de realização de um conjunto de operações diferentes entre si. Desta forma o número de produtos possíveis de conceber é menor que no *job-shop*, mas é possível produzir um maior número de produtos distintos ao mesmo tempo. A cadência de produção também é menor, apesar do espaço físico percorrido, durante o processo produtivo, pelos materiais, também ser menor.

O *layout* por células garante grande flexibilidade de produção, o que é o mais desejado num mercado em que o tempo de vida do produto é cada vez mais curto. A imagem de um produto com longevidade não faz parte do quotidiano: - os componentes principais de uma máquina de lavar duram muito mais que dez anos, no entanto, e sem que haja mudanças significativas na tecnologia empregue, a previsão de longevidade de uma máquina de lavar não excede os cinco anos, razão pela qual os seus produtores criam novos modelos tendo sempre em consideração esse espaço temporal.

Na indústria automóvel, apesar da introdução constante de novas tecnologias, a longevidade é aparentemente maior, obrigando os produtores a pequenas melhorias sem alterações profundas do produto final. Obviamente, este fenómeno tem como causa, entre outras, a amortização dos custos de concepção de unidades de produção por *flow-job* na indústria automóvel, cuja diversidade de produto é quase nula ou apenas permite uma família de produtos.

O desenho da disposição dos equipamentos em células permite: a adquação do produto ao interesse do cliente, sem mudanças radicais no percurso dos materiais na fábrica; a melhoria, pela diversificação de tarefas, das condições de trabalho, no que respeita a recursos humanos; a diminuição dos custos de aquisição de equipamento específico.

As principais desvantagens deste tipo de concepção prendem-se com a necessidade de mão de obra qualificada, não só na área de produção mas também ao nível de toda a empresa (a empresa para competir tem de se apresentar ao mercado como se de um "espelho" se tratasse, multiplicando-se em diversidades de produtos; de "marketing"; de tecnologias; enfim com uma imagem de prestígio no seu ramo industrial. Outra desvantagem prende-se com a complexidade do controlo de produção.

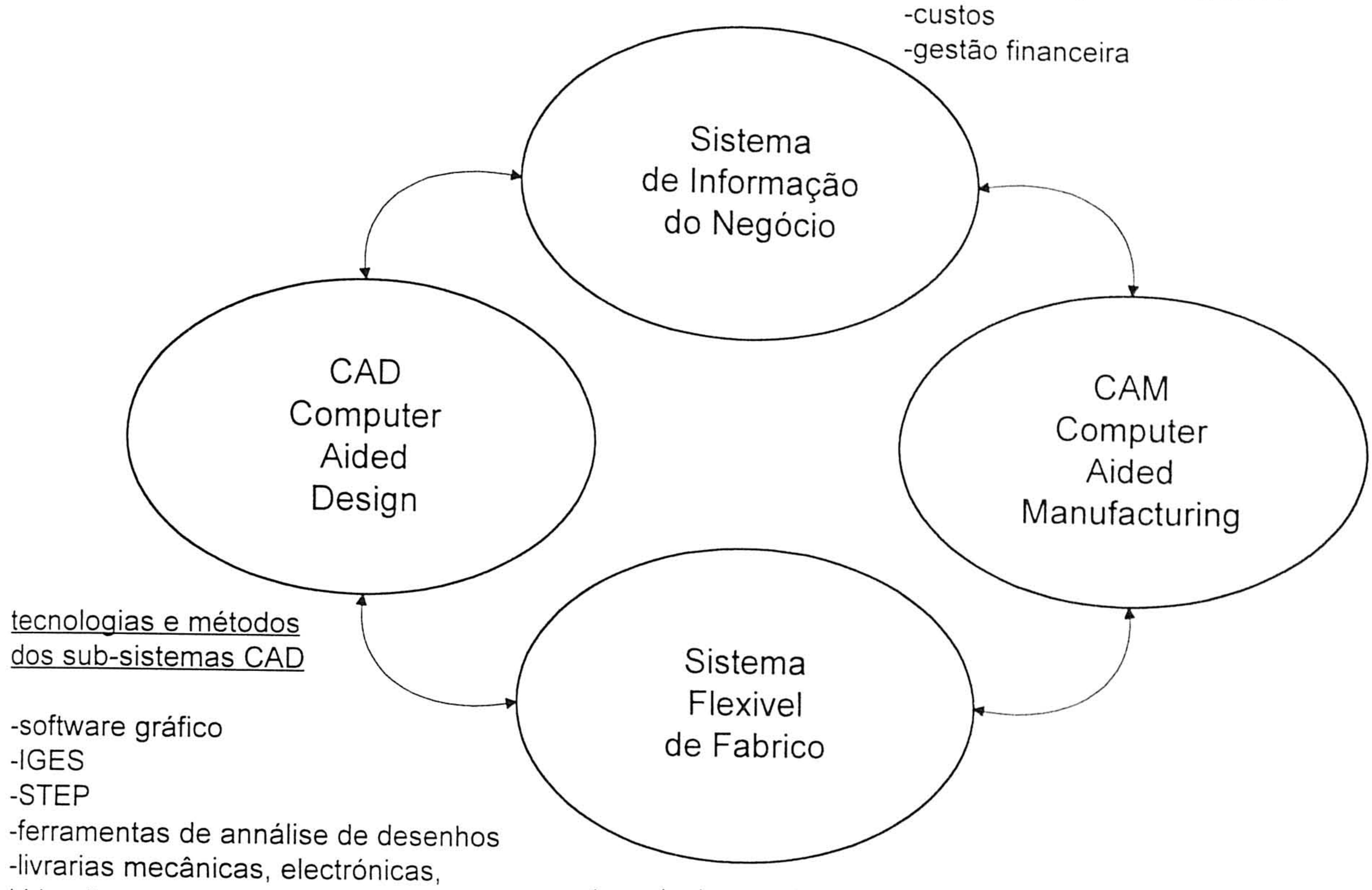
De todos os *layouts* referidos, o adoptado para a Unidade de Produção do CCP foi o da produção por células, mas agregadas por forma a constituírem um sistema flexível de fabrico, (FMS - Flexible Manufacturing System).

A definição de FMS é: "um sistema de produção que é supervisionado por computador, que recorre a máquinas automáticas, cujos automatismos são programáveis, com capacidade de utilização e armazenamento de várias ferramentas, ou seja, máquinas ferramenta de elevada flexibilidade, fazendo uso de equipamento de manuseamento de materiais. As máquinas e equipamentos de manuseamento de materiais seguem as ordens do computador supervisor para produzirem centenas de componentes distintos. Os materiais são carregados, processados, montados e inspeccionados sem que necessitem sair do FMS".

A produção nestes sistemas só faz sentido se for por encomenda, sendo demasiado custosa a produção para *stock*. O baixo inventário de armazém da fábrica em conjunto com a diminuição da quantidade de materiais a serem processados na planta fabril (WIP - Work In Process) libertam a empresa do empate de capital requerido nas empresas tradicionais, facilitando o aparecimento de novos projectos no seio da empresa. A diminuição dos encargos salariais é outro dos benefícios apontados.

Paul G. Ranky vê nas instalações de FMS a solução para a produção por encomenda em vez de produção para *stock*. Considera ainda que "FMS é um computador com mãos, que permite a implementação do conceito CIM na planta fabril, obtendo resultados no aumento de produtividade (por vezes num factor de 2 a 3.5), a diminuição dos custos de produção (por vezes por um factor de 59%), a diminuição do inventário do armazém e do WIP, o aumento da qualidade devido à utilização de inspecção a 100%, a diminuição do tamanho dos lotes (podendo atingir o valor de um) e aumentada a necessidade para trabalho humano mais inteligente".

Na sua visão dos subsistemas importantes em CIM, Paul Ranky inclui, como o subsistema da unidade de produção, um FMS, tal como se representa na fig. 34.



tecnologias e métodos

-planeamento e gestão da produção ao nível da fábrica (MPS, MRP, MRPII, JIT, etc.)
-BOM
-planeamento e controlo de capacidades
-controlo de inventário
-controlo de aprovisionamento
-custos
-gestão financeira

tecnologias e métodos dos sub-sistemas CAD

-software gráfico
-IGES
-STEP
-ferramentas de annálise de desenhos
-livrarias mecânicas, electrónicas, hidraulicas, etc.

tecnologias e métodos dos sub-sistemas FMS

-fabrico, montagem ,etc.
-manuseamento e armazenamento de materiais
-controlo de produção (sequenciamento, escalonamento, balanceamento, planeamento de capacidades)
-controlo de qualidade em tempo-real e "off-line"

Fig. 34 - Visão de Paul Ranky dos subsistemas CIM

Para ter uma ideia mais clara da localização dos FMS, no que respeita a variedades de produtos e a cadência de produção, basta tomar como referência os estudos do Prof. JT. Black. Estes estudos realizaram-se sobre conceitos modernos de produção, ou seja, mesmo as *flow-shops* estudadas são modernas, permitindo a sua reutilização no fabrico de outra família de produtos (*Transfer line*). Nestes estudos é peremptório que maior flexibilidade implica menor cadência produtiva. Por esta razão é que os sistemas flexíveis de fabrico, utilizados em fábricas híbridas (cuja concepção é *job-shop*) são vulgarmente designadas por "ilhas de automação" - "os materiais acumulam-se em torno do sistema flexível como água em torno de uma ilha" - devido á elevada produtividade das máquinas utilizadas pelo resto da oficina.

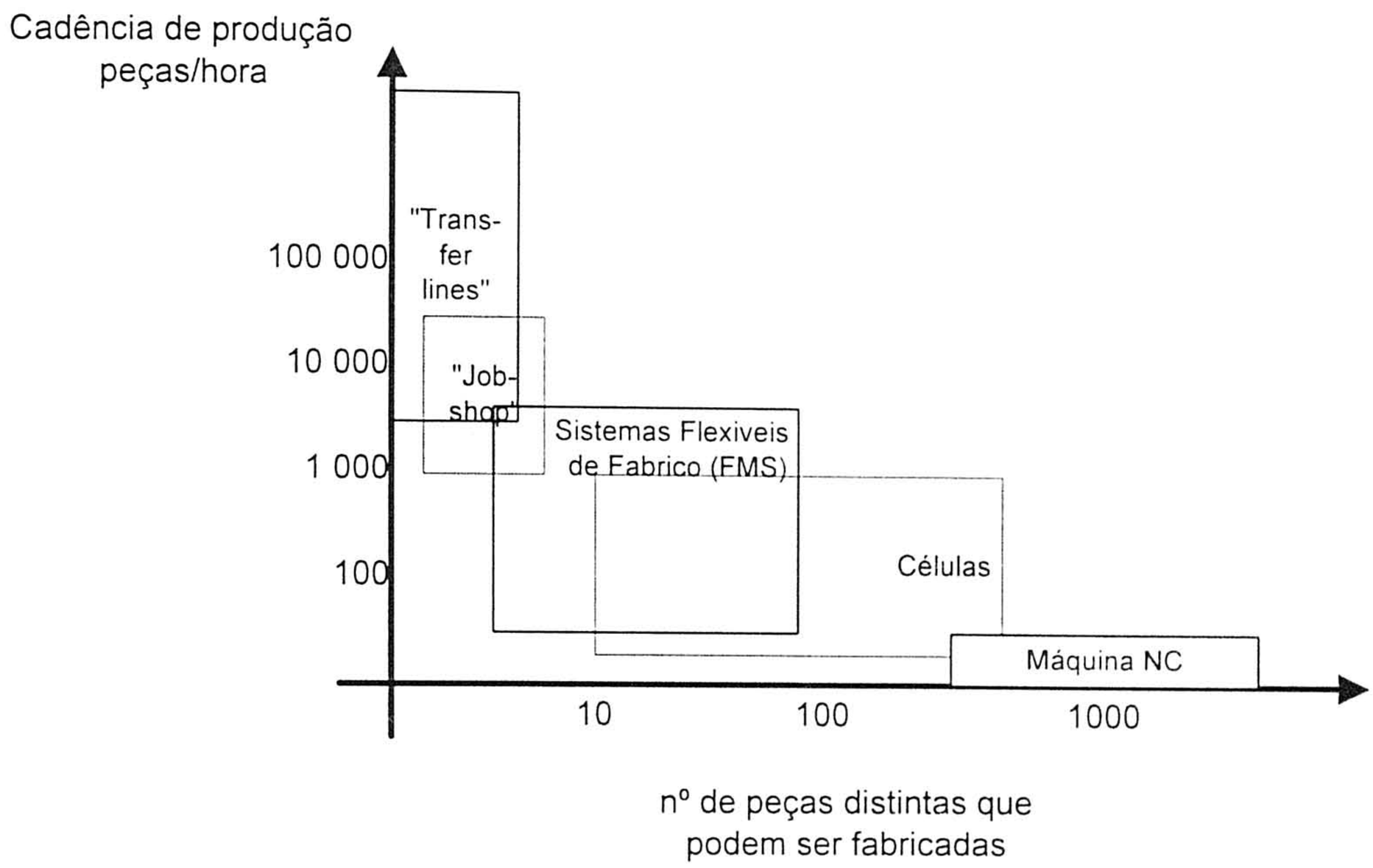


Fig. 35 - Flexibilidade / produtividade

Em conclusão, após um prolongado estudo, o Centro de CIM do Porto optou por instalar um sistema flexível de fabrico, recorrendo a células de fabrico e montagem, ligadas por sistemas comuns de transporte e armazenamento de materiais; no interior das células o manuseamento de materiais é automatizado.

Com esta instalação é possível simular, testar, estudar e corrigir os mais variados métodos de produção. A flexibilidade oferecida pela integração deste sistema permite, sem visão lucrativa, encaminhar os materiais ao longo das células, visando os mais díspares objectivos, dependendo o conjunto de objectivos possíveis da flexibilidade do controlo de *shop-floor* implementado.

A selecção da indústria metalomecânica, do *layout* por células de forma a criar um sistema flexível de fabrico, e a escolha de cada peça de equipamento e das suas características específicas e comuns, deixam o caminho livre para o objectivo final de implementação de um método CIM de produção.

5. Descrição da Unidade de Produção

Para garantir a capacidade de produção real mínima, uma vez que o objectivo principal não é o da criação de uma empresa metalomecânica, o CCP entendeu que os seu objectivos seriam atingidos se detivessem a possibilidade de realizar as seguintes operações:

- fabrico / maquinação
- montagem
- armazenamento e transporte
- inspecção

A capacidade de realizar estas operações genéricas, só por si, não permite a criação de um FMS. Para que haja a possibilidade de criar um FMS e posteriormente poder implementar-se um conceito CIM de produção que recorra ao referido sistema, é necessário juntar mais duas operações: a de controladora do sistema e a de comunicação entre os elementos e o controlador.

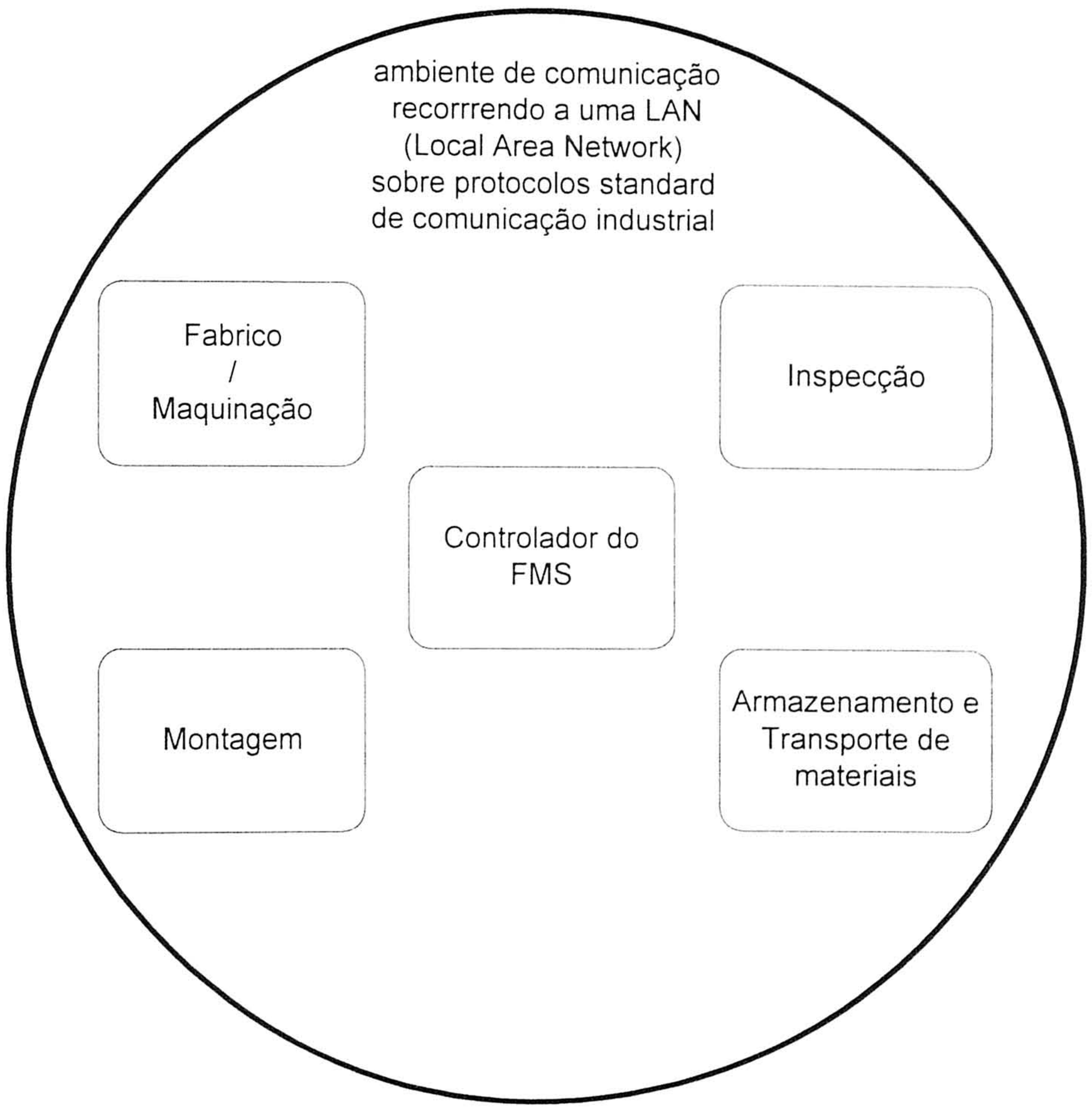


Fig. 36 - Actividades de uma FMS
(sobre um ambiente de comunicação)

O agregamento destas actividades em células não pressupõe um *layout* do tipo *job-shop*, já que cada célula é um grupo de tecnologia e não um conjunto de máquinas que pode fazer a mesma operação.

Na Fig. 37 representa-se o agrupamento em células da Unidade de Produção do CCP.

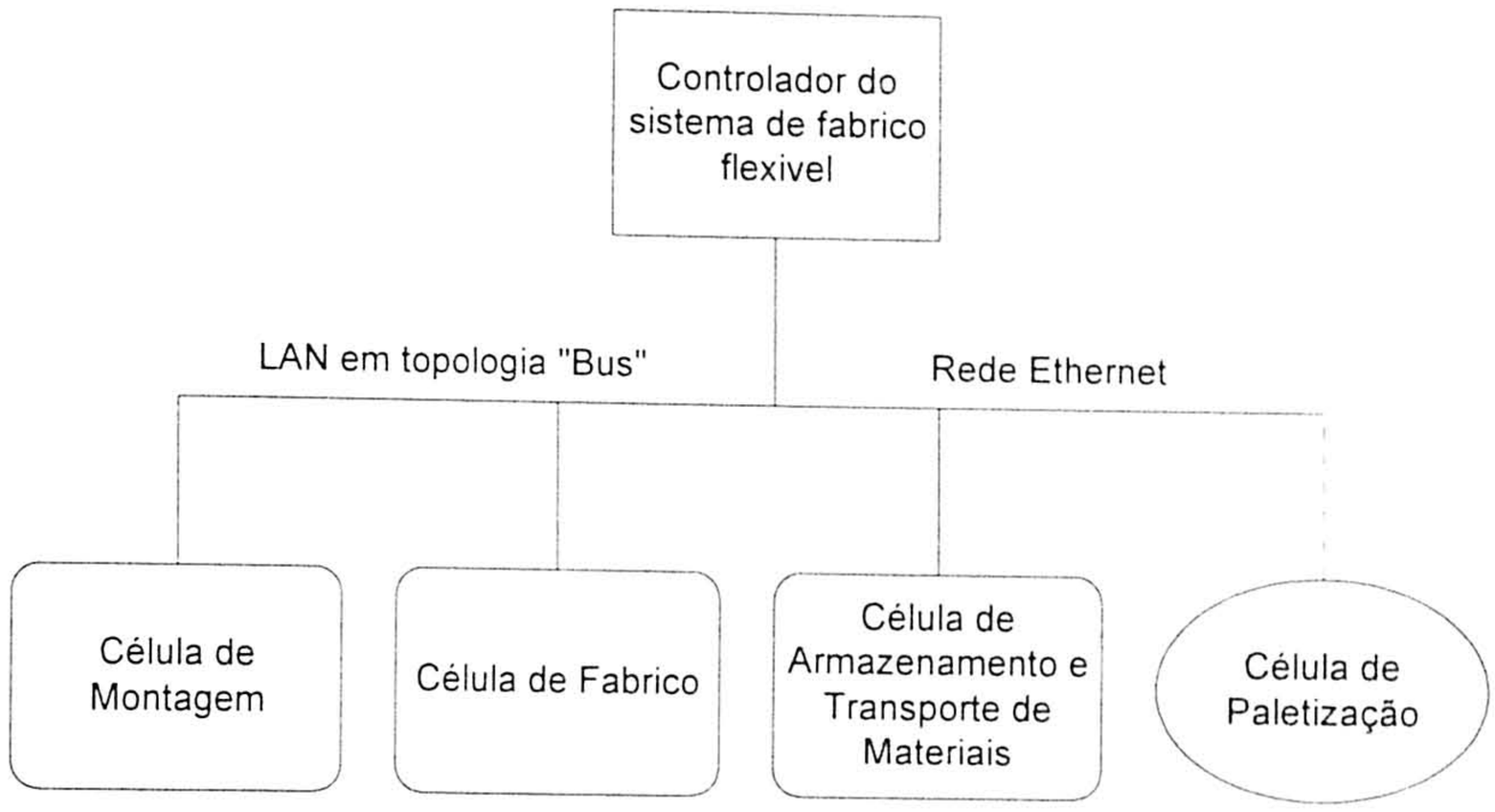


Fig. 37 - Células CCP

Torna-se evidente que a função de inspecção terá de ser partilhada pelas várias células intervenientes e que existem funções que são partilhadas por várias células. O caso das células de Fabrico e Paletização não é mais que a subdivisão de macro-tarefas em duas células. Basicamente, pode-se dizer que a célula de Paletização é apoio da célula de Fabrico, através das suas actividades de paletização, aferição de ferramentas, actividades indirectas de inspecção, etc. A célula de paletização é o único grupo tecnológico cujos recursos exigem uma elevada componente humana.

A células aqui representadas são constituídas por equipamentos fabris que comunicam com uma entidade supervisora, através de protocolos de comunicação industriais (MAP / MMS) ou "de facto", que utilizam uma rede ethernet (10base5) de topologia BUS, com um fluxo máximo de 10Mbs

As entidades supervisoras - controladoras das células - em conjunto com o controlador do sistema de fabrico flexível, proporcionam uma estrutura hierárquica de controlo.

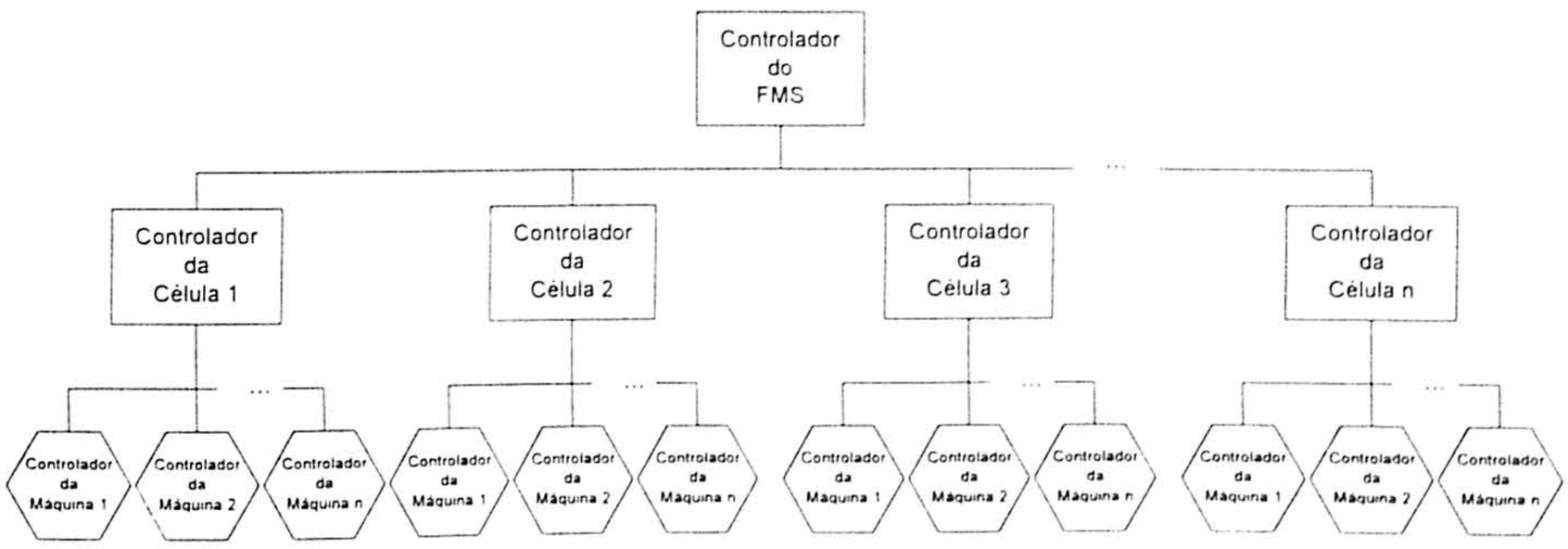


Fig. 38 - Estrutura hirerárquica de controlo

Esta estrutura reflecte-se na unidade de produção do CCP com a complementaridade de que os controladores não comunicam entre si, obrigando o controlador do FMS (controlador do *shop-floor*) a servir de interlocutor único. Esta restrição às comunicações, apesar de prejudicar a velocidade de comunicação, aumentar a dificuldade de concepção do controlador do *shop-floor*, diminuir a versatilidade global da UP, diminuir a independência dos controladores das células, etc., tem como benefício a organização intrínseca de toda a UP, ocasionada pela tal restrição. Nada se passa sem o conhecimento do controlador do shop-floor (CSF), tendo este a decisão final sobre todas as acções do processo de fabrico. Apesar de actualmente a estrutura hierárquica de controlo prever uma replicação quase total das actividades genéricas de controlo pelos vários níveis de controladores, essa visão não é aplicada no projecto 5629, por razões de eficiência.

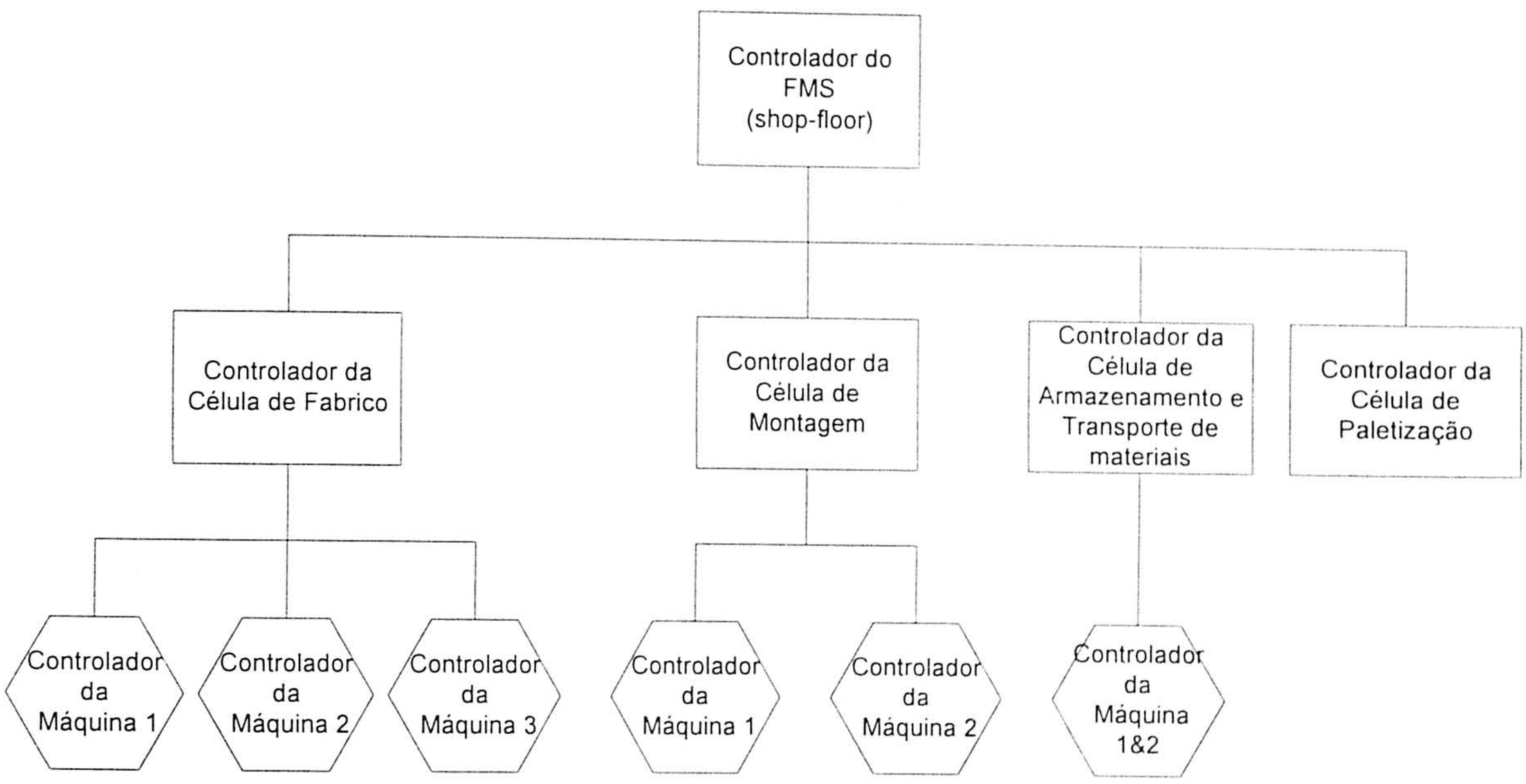


Fig. 39 - Estrutura hierárquica de controlo do CCP

Se no FMS do CCP utilizarmos uma estrutura hierárquica de controlo com replicação das funções genéricas (monitorização, escalonamento, despacho e controlo) pelos vários níveis, os controladores das células serão mais complicados de conceber e implementar, criando ainda maiores dificuldades à concepção e implementação do CSF, já que este terá de incluir os conceitos de integração a que o projecto se propõe.

Dentro do Shop Floor existem três níveis de controlo:

- O nível de todo o *Shop Floor*
- O nível da célula
- O nível da entidade de produção (os postos de trabalho - por exemplo, máquinas)

O nível do *Shop Floor* é responsável pelo escalonamento e despacho das ordens de fabrico para as células e pela monitorização. É também responsável pelo fluxo de materiais e pela sincronização das diversas tarefas que decorrem na fábrica.

O nível da célula sincroniza as tarefas que decorrem dentro desta. Deve recolher a informação necessária ao seu funcionamento do *file server* do *Shop Floor*.

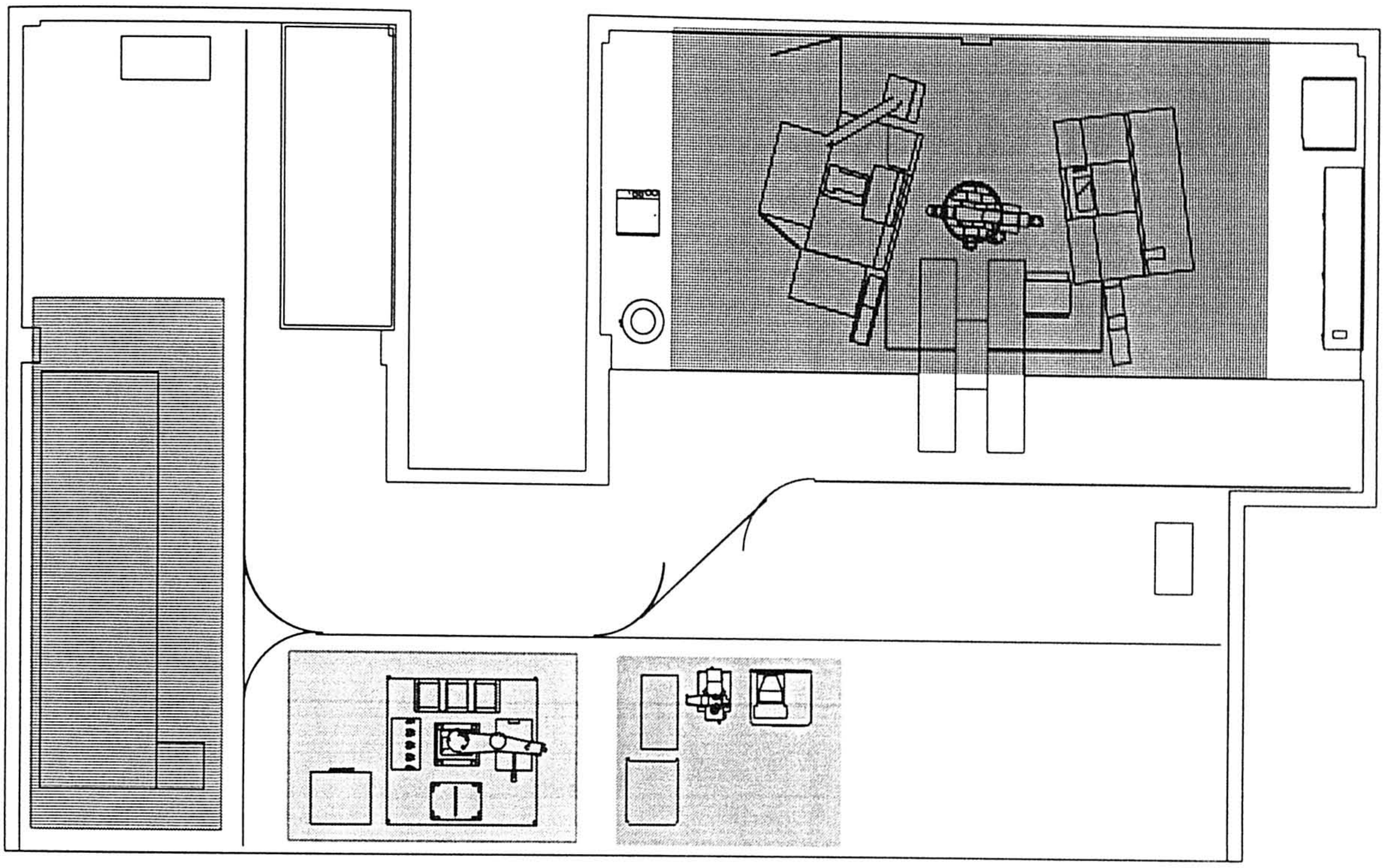


Fig. 40 - Planta da Unidade de Produção do CCP

5.1 Filosofia de Produção

Dado que o projecto da fábrica de demonstração deverá servir de base a trabalhos de I&D e também de formação, deverá ser possível ensaiar diversas filosofias de produção, como por exemplo JIT, Kanban, Push, Pull, etc..

A produção baseia-se na subdivisão de uma ordem de fabrico em lotes. Estes lotes serão em geral de pequena dimensão. Pode mesmo acontecer que uma ordem de fabrico corresponda a um só lote (número reduzido de peças; exemplo: fabricação de protótipos ou pequenas séries).

A circulação dos materiais na fábrica pode ser observada no esquema da Fig. 41. Neste esquema podem ver-se todos os trajectos de materiais possíveis dentro do *Shop Floor*.

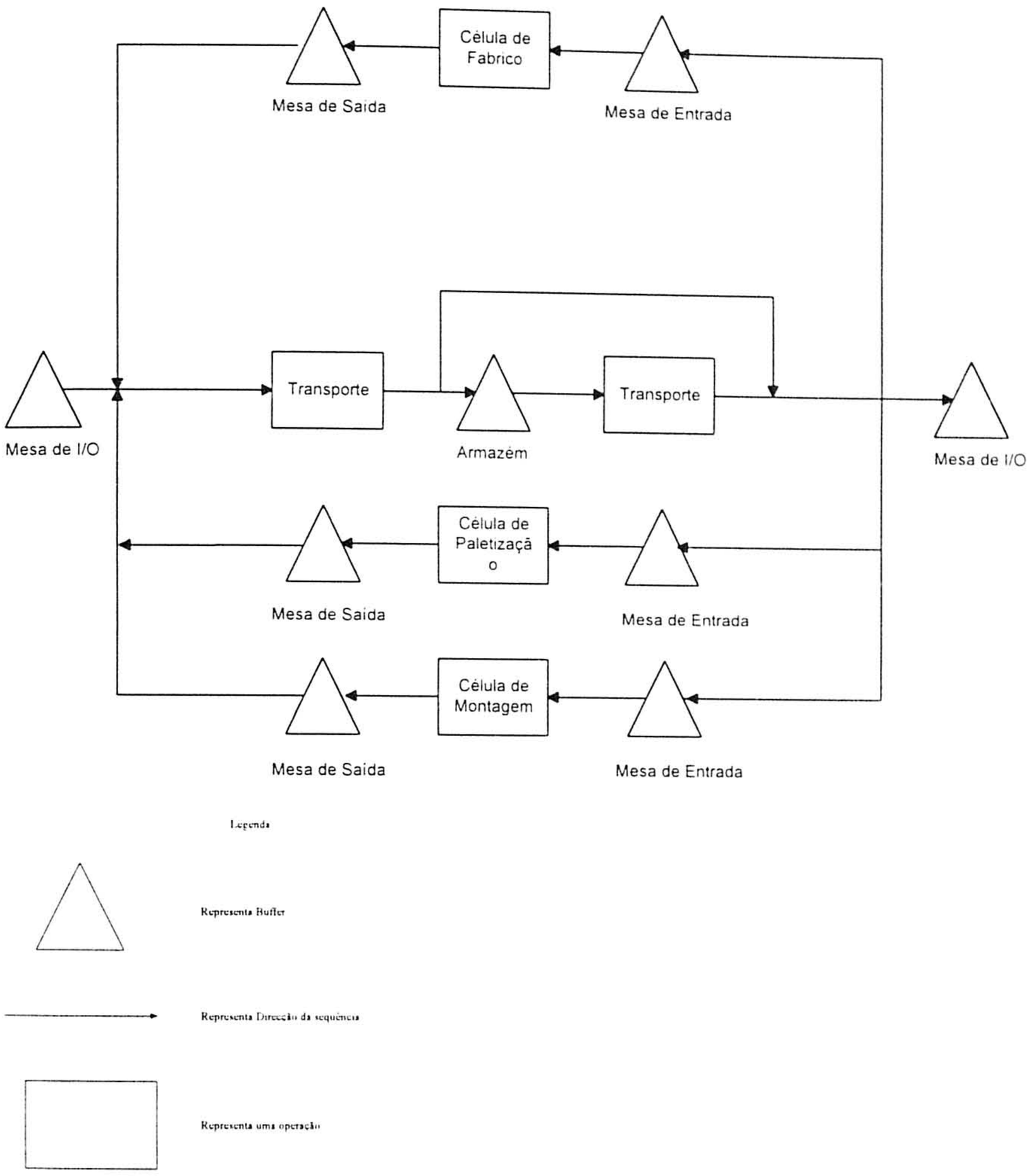


Fig. 41 - Representação do fluxo de materiais na UP

Repare-se que a transferência de materiais de e para as células se faz através de mesas que podem ser modeladas como *buffers*.

A interface com o exterior da fábrica faz-se através da mesa I/O (*Input/Output*).

Entre mesas existirá sempre um transporte.

No esquema, as mesas de entrada e saída não representam um recurso físico, mas sim um recurso lógico. A mesa 'física' de entrada pode também ser usada como mesa de saída (e vice-versa, é claro).

As operações representadas pelos rectângulos serão apresentadas e desenvolvidas adiante.

5.2 Célula de Fabrico (CF)

A estrutura física da célula está representada na Fig. 42.

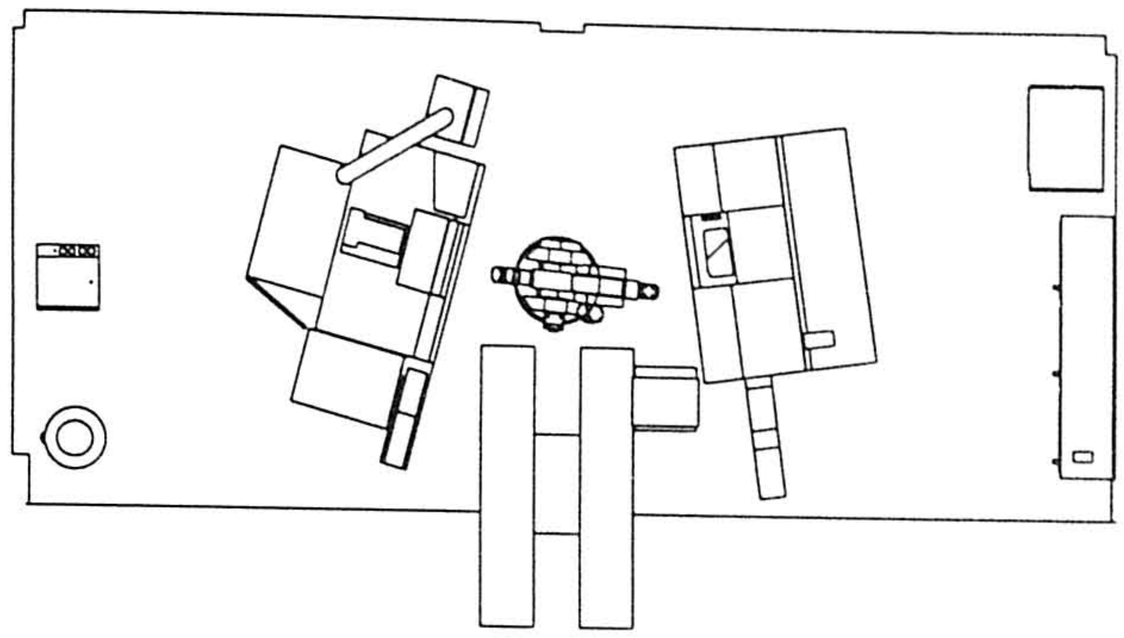


Fig. 42 - Planta da CF

5.2.1 Recursos Disponíveis

Os recursos da célula serão os seguintes :

- um centro de torneamento,
- um centro de maquinagem,
- um robô de carga e descarga,
- um compressor (auxiliar das restantes máquinas).

5.2.1.1 Centro de torneamento

O centro de torneamento é da LEALDE modelo TCN-10 com controlador numérico SINUMERIK880T da SIEMENS e tem como objectivo maquinar peças cilíndricas. Esta máquina encontra-se representada na Fig. 43.

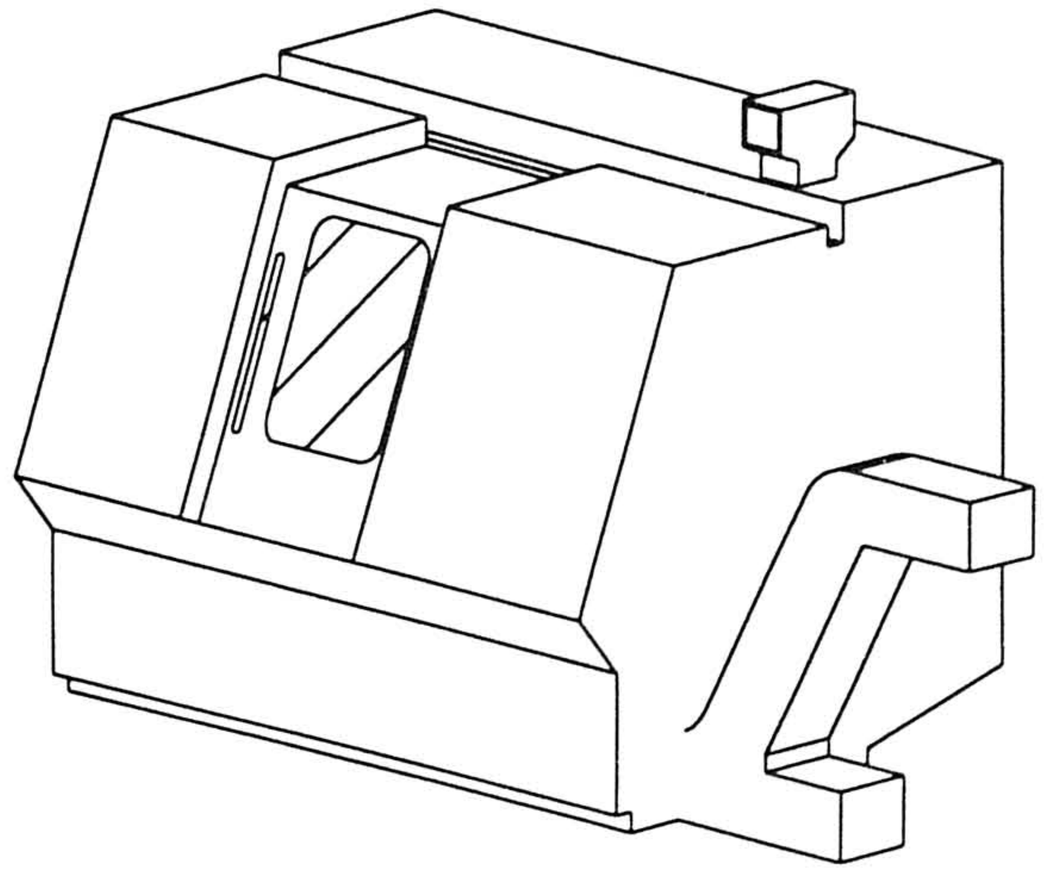


Fig. 43 - Centro de Torneamento

Esta máquina possui uma torreta de ferramentas com doze posições, seis das quais motorizadas. A máquina permite o movimento em dois eixos X e Z, eixo transversal e eixo longitudinal, respectivamente. Permite adicionalmente um terceiro eixo de rotação (C), em que se efectua o controlo de posição da bucha definida em graus.

Esta máquina possui também os seguintes sistemas auxiliares :

- sistema de medida de peças RENISHAW,
- sistema de detecção de colisão MONTRONIX,
- sistema de leitura e escrita de códigos de ferramentas SANDVIK.

5.2.1.2 Centro de maquinagem

O centro de maquinagem é da KONDIA, modelo B500, com controlo numérico FANUC16MA, e tem como objectivo maquinar peças com qualquer tipo de forma. Esta máquina encontra-se representada na Fig. 44.

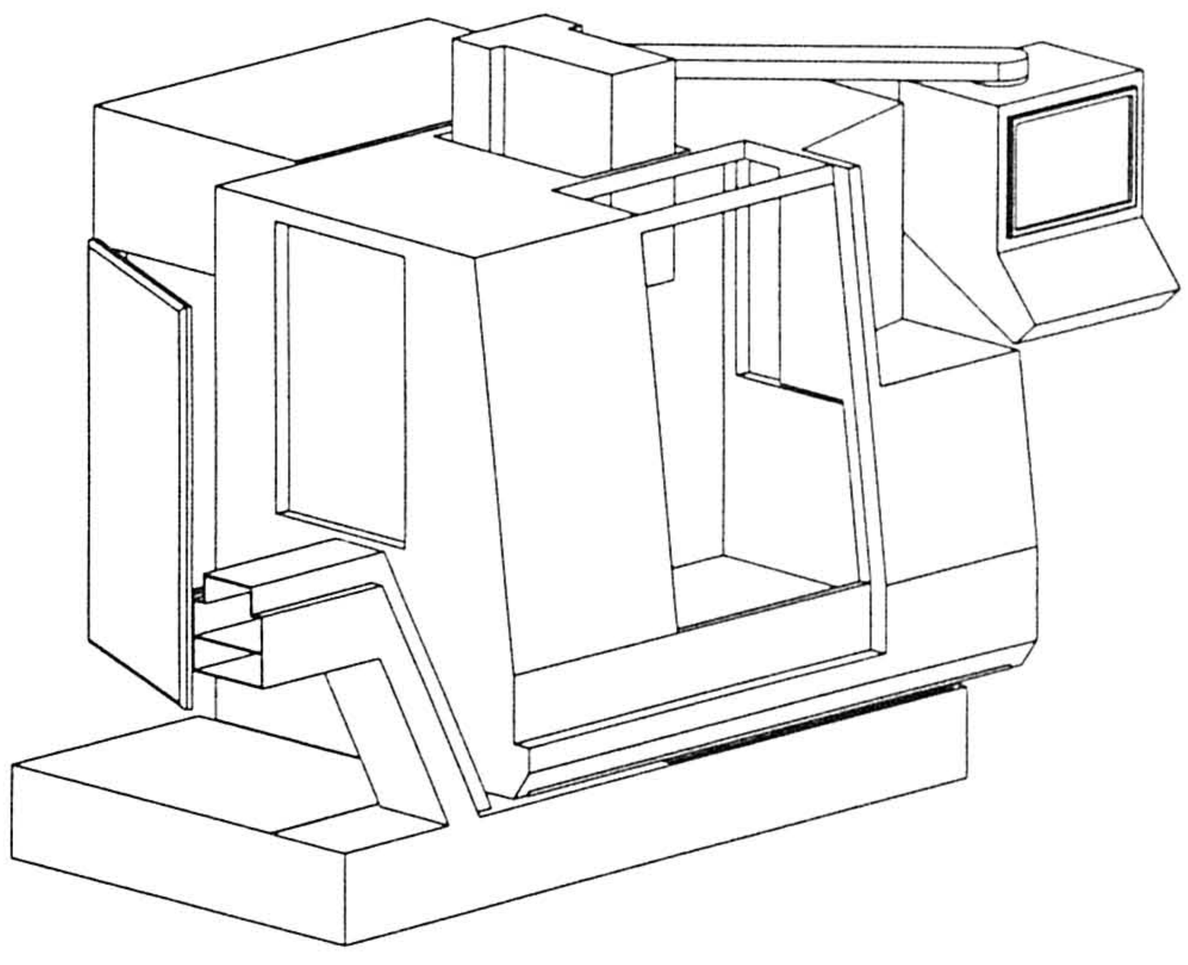


Fig. 44 - Centro de Maquinagem

Esta máquina possui um carrocel de ferramentas com capacidade para 18 ferramentas.
A máquina permite o movimento da mesa nos eixos X e Y e movimento da árvore no eixo Z. Permite adicionalmente um terceiro eixo (C) em que é possível efectuar controlo de posição, usando o prato divisor.

Esta máquina possui os seguintes sistemas auxiliares :

- sistema de medida de peças RENISHAW
- sistema de leitura e escrita de códigos de ferramentas SANDVIK
- sistema de detecção de ruptura e desgaste de ferramentas KONDIA

5.2.1.3 Robô de carga/descarga

O robô é da KUKA, modelo IR 163/30.1, de seis eixos com controlador RC30/51, e tem como objectivo carregar e descarregar as máquinas LEALDE e KONDIA. Este robô encontra-se representado na Fig. 45.

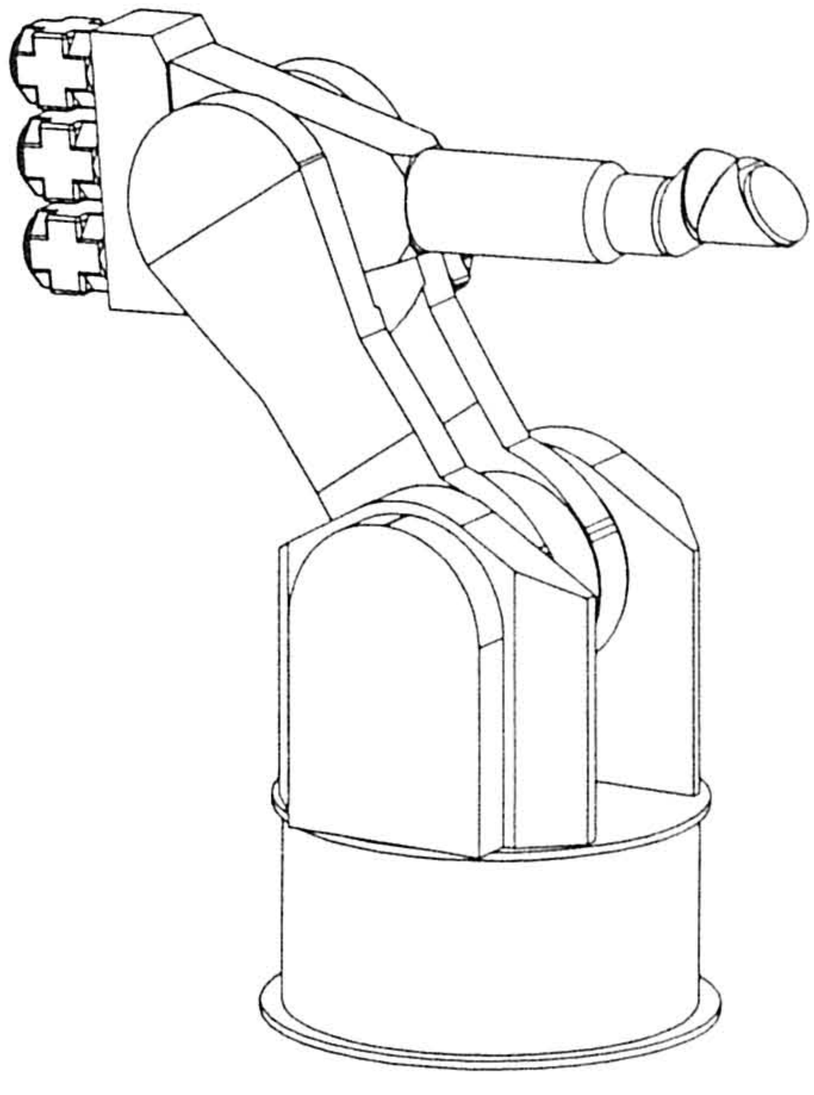


Fig. 45 - Robô de 6 eixos

Este robô faz uso de um armazém externo de garras com capacidade para 4 garras.

5.3 Célula de Montagem (CM)

A célula de montagem tem por função a montagem de itens produzidos no *Shop Floor* ou adquiridos no mercado. O resultado das operações desta célula é o *produto* final, ou submontagens desse mesmo *produto*.

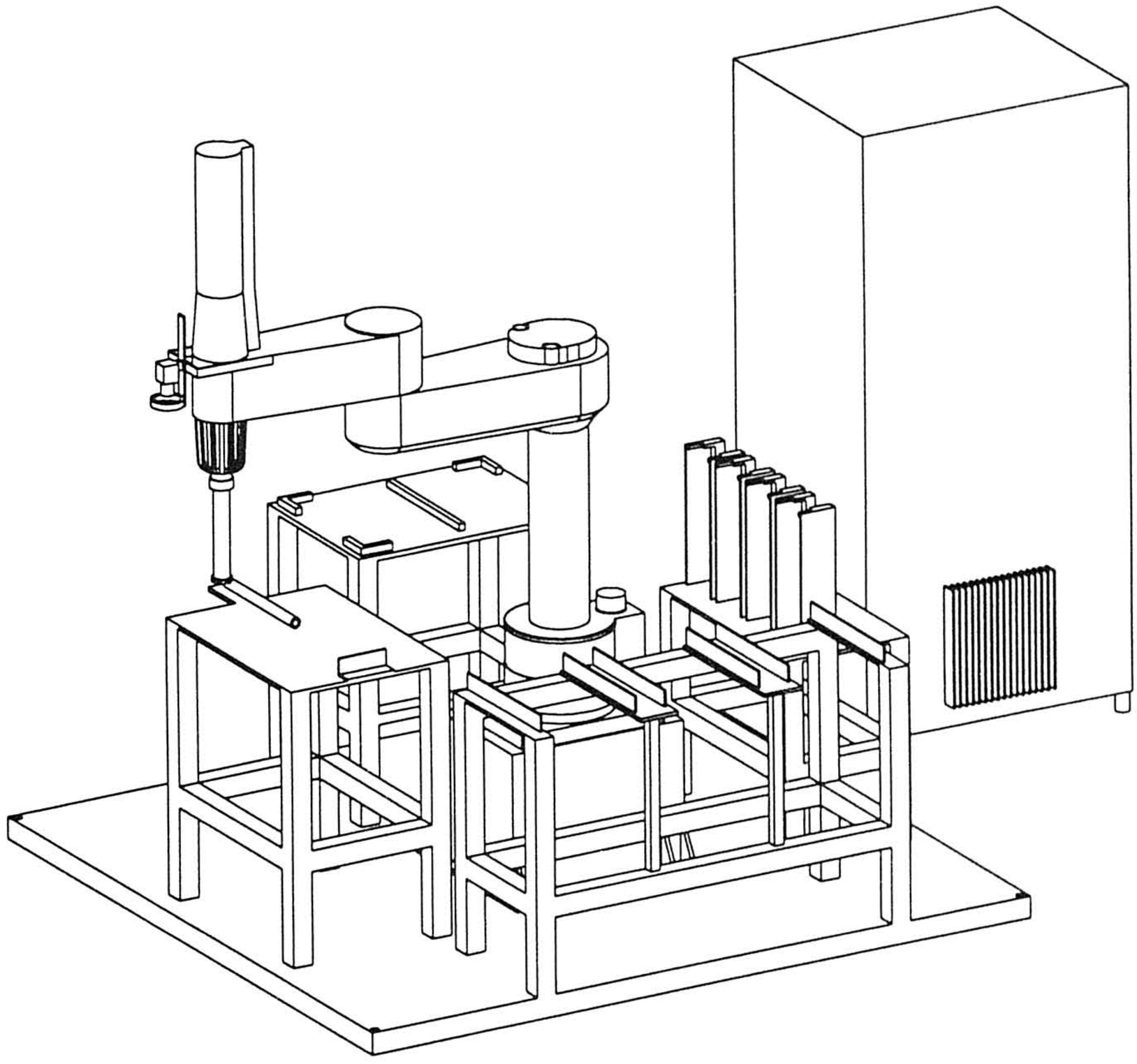


Fig. 46 - Célula de Montagem

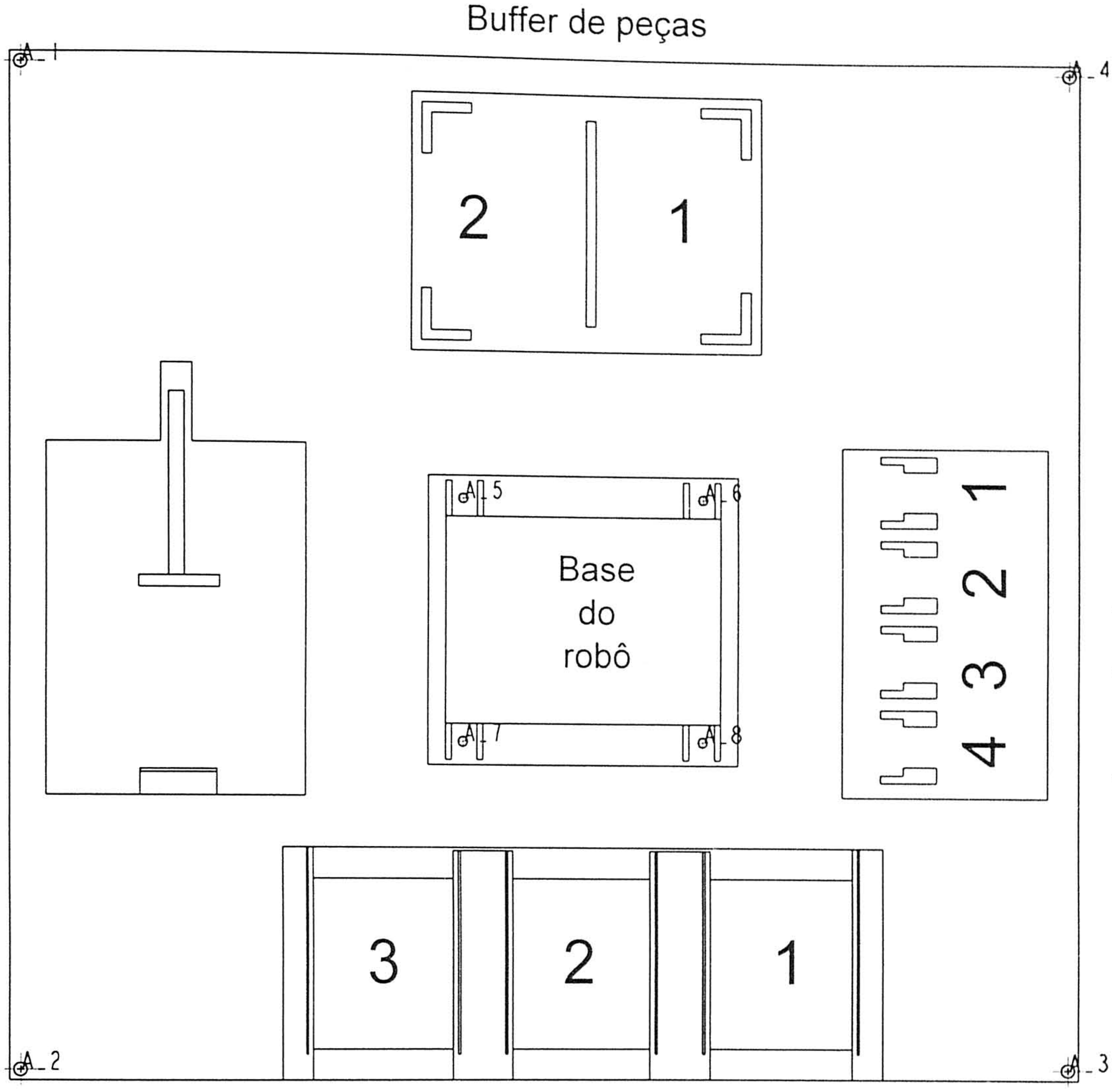


Fig. 47 - Planta da Célula de Montagem

5.3.1 Descrição dos recursos

1. Robô Adept Three + controlador CC-A Series
    - robô SCARA com 4 eixos
    - arquitectura Multi-bus
    - multi-tarefa
    - ligações série RS232 com o exterior
    - entradas/saídas digitais

- linguagem de programação de alto nível: V^+.
- consola de programação integrada no controlador
- sistema automático de troca de garras Shunk GWA64

2. Sistema de visão Cognex 4200EX
   - arquitectura VME
   - sistema de processamento sequencial
   - ligações série RS232 com o exterior
   - entradas/saídas digitais
   - linguagem de programação de alto nível: C
   - programação efectuada a partir de PC, através de linha série RS232 dedicada.
3. Mesa de entrada/saída 1

   Mesa de transferência gerida pelo CATM (célula de armazenamento e transporte) que corresponde a um *buffer* de entrada/saída de material na célula de montagem.
4. Mesa de entrada/saída 2

   Semelhante à mesa de entrada/saída 1.
5. Mesa de entrada/saída 3

   Semelhante à mesa de entrada/saída 1.
6. *Buffer* de peças 1

   Parte do *buffer* de peças da célula de montagem. Esta divisão do *buffer* corresponde a uma divisão física que foi realizada com o objectivo de se poderem pousar tabuleiros ou de criar pontos de referência.

   A gestão do espaço do *buffer* baseia-se numa grelha 2D, que será preenchida à medida que o espaço for ocupado.
7. *Buffer* de peças 2

   Semelhante ao *buffer* de peças 1.
8. Mesa de operações

   Actuadores colocados numa das mesas da célula de montagem os quais têm por objectivo a fixação das peças de forma a que a operação de montagem possa ser efectuada.

   Actualmente existe apenas um cilindro pneumático, montado nesta mesa, controlado por uma lógica digital.
9. Armazém de garras

   Armazém com capacidade para 4 garras montadas sobre flanges Shunk GWK64.

10.Controlador de célula

Dadas as múltiplas tarefas que o controlador de célula tem de efectuar e os mecanismos para troca de informação que este deve possuir, há necessidade de ser uma máquina com bom poder de cálculo, com possibilidades de multi-processamento. Uma Workstation ou um PC correndo UNIX será a alternativa mais viável.

5.4 Célula de Armazenamento e Transporte de Materiais (CATM)

5.4.1 Introdução

Esta célula é responsável pelo transporte e armazenamento dos materiais existentes na fábrica. Pertencem a esta célula os seguintes equipamentos:

- AGV (Automatic Guided Vehicle) da EFACEC modelo EFAGV-200-2R-II
- Armazém Automático da EFACEC
- Mesas de transferência - projectadas pelo CCP

Na Fig. 48 está representada uma planta completa da fábrica, na qual podemos observar:

1) Caminhos possíveis do AGV (Layout do AGV).
2) Localização do Armazém Automático.
3) Localização das mesas de transferência e suas designações.

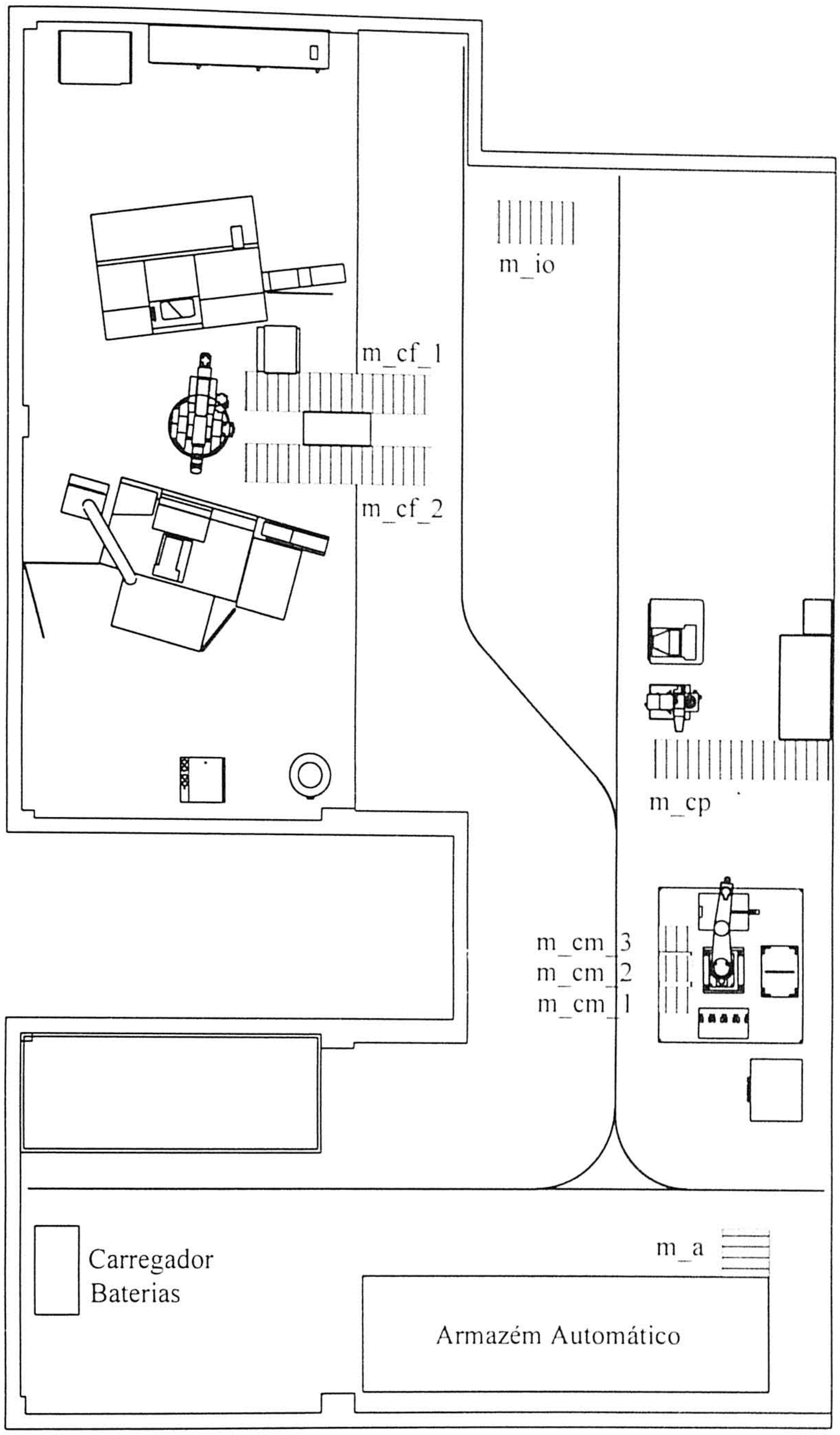


Fig. 48 - Planta da oficina piloto

5.4.2 Sistema de Gestão do AGV

O Sistema de Gestão do AGV é responsável pelo transporte de contentores entre as várias mesas de transferência. É responsável por:

— escolha de percursos.

— escolha de uma das duas mesas que possui para efectuar o transporte.

5.4.3 Sistema de Gestão do Armazém Automático

O Sistema de Gestão do Armazém Automático é responsável pela gestão e armazenamento dos contentores (e dos seus materiais) até ao limite físico das mesas de transferência.

O Sistema de Gestão do Armazém Automático tem que saber:

- —qual o contentor que contém um determinado material pedido.
- —local onde se encontra um contentor (ou material) no Armazém, no AGV e nas Mesas de Transferência

5.4.4 Mesas de Transferência

As mesas de transferência não estão em comunicação directa com o Controlador de Célula (só o fazem através do AGV quando este está a transferir contentores). Assim, as mesas não têm competência para tomar decisões e, por isso, podem ser definidas como elementos passivos na célula. Em termos de responsabilidade, são responsáveis pela interface entre o AGV e as várias células da oficina.

5.4.5 Características do AGV

- —Marca / Modelo: EFACEC / EFAGV - 200 - 2R - B
- —O AGV é bidireccional
- —O AGV possui 2 mesas de transferência com rolos - motorizados
- —Carga máxima por mesa é de 100 Kg

5.4.5.1 Restrições ao funcionamento do AGV:

- —O AGV não pode ir carregar as baterias com contentores a serem transportados. Esta restrição tem a ver com a posição física, do contentor que não pode ser alterada. Com o *layout* que possuímos, verificamos que o único troço do circuito em que há perigo de inverter o contentor é precisamente no troço que leva ao carregador de baterias.
- —Poderá haver regras especiais para a Célula de Paletização (em estudo).
- —Existe uma ordem especial para a troca de contentores na mesa da célula de fabrico.

5.4.6 Características do Armazém Automático

Nº de corredores:	1
Nº alvéolos na largura:	1

Nº de alvéolos no comprimento:	10
Nº de alvéolos na vertical:	5
Nº de contentores por alvéolo:	1
Nº total de contentores:	50
Nº de transtocadores	1
Capacidade de carga:	50 Kg

5.4.7 Características das Mesas de Transferência

5.4.7.1 Características gerais

Todas as mesas independentemente de serem ou não manipuladas pelo homem, devem possuir sistemas de paragem de emergência. Assim, existe uma botoneira que corta a alimentação da mesa. Numa situação destas quando a mesa é novamente alimentada existe um procedimento implementado na placa de comando da mesa de "Power On Reset".

Uma regra geral para todas as mesas é a de que na operação de transporte de um contentor, quem está a receber é quem termina a operação.

As células de existência de contentor devem detectar o contentor quando ele já se encontra 50% dentro da mesa, isto para que, em situação de avaria, se o contentor estiver mais dentro da mesa do que fora, a mesa o puxe para dentro (Fig. 49)

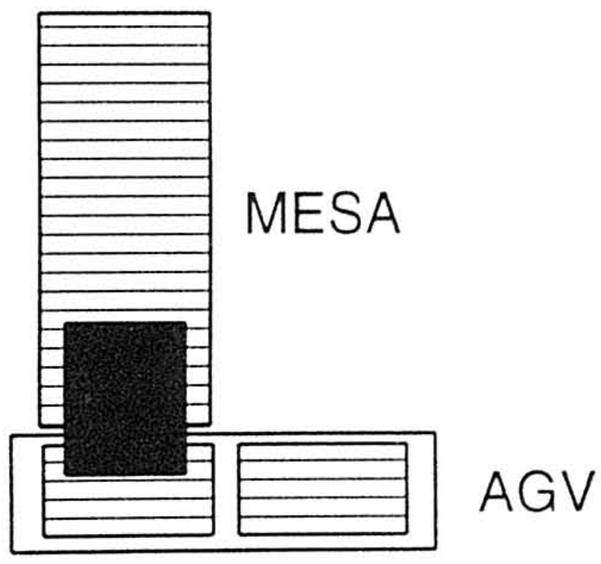


Fig. 49 - Transferência de contentor

Para a elaboração da placa de comando das mesas de transferência, partimos dos seguintes pressupostos:

- O AGV tem um tempo limite para efectuar uma operação de carga/descarga. Ao fim desse tempo, ele vai pôr o sinal de emissão (célula) a "zero" e comunicar ao sistema que houve um erro (operação não efectuada).
- Se por qualquer razão há um problema no AGV (falha mecânica, falta de baterias, etc.) o AGV deve imediatamente colocar o seu Emissor a "zero".

- O AGV possui uma célula fotoeléctrica que comunica à mesa qual a operação que vai realizar (Carga / Descarga).
- O AGV tem um tempo limite para tentar comunicar com a mesa de transferência. Ao fim deste tempo deve transmitir uma mensagem de erro para o Fá.

5.4.7.2 Comunicação AGV / Mesas

Esta comunicação é feita a baixo nível através de 3 células fotoeléctricas. A mesa possui 1 Emissor e 2 Receptores e o AGV possui 2 Emissores e 1 Receptor (Fig. 50).

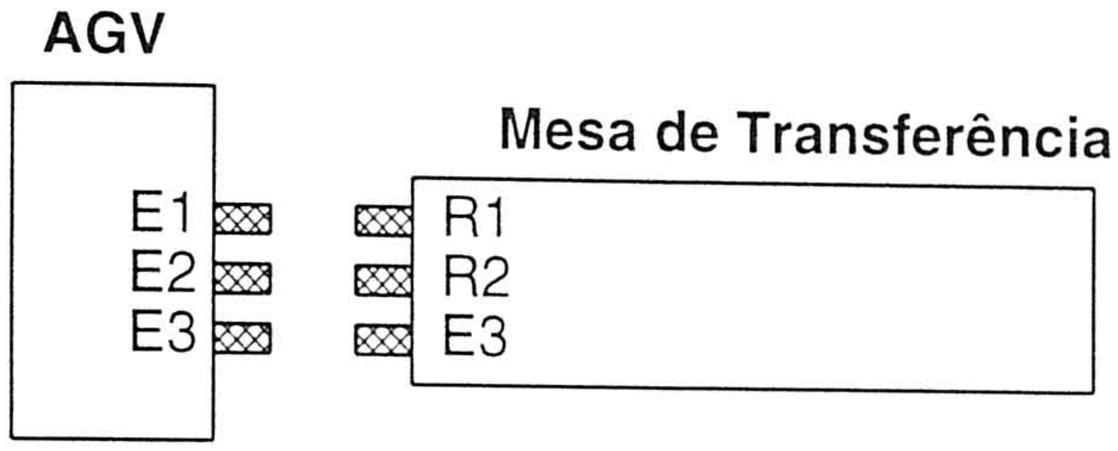


Fig. 50 - Comunicação AGV/Mesas

Quando o AGV pára alinhado com a mesa, começa a fazer *pooling* através da célula 1. Quando a mesa capta este *pooling* responde o emissor da célula 3 ao nível lógico "1". A célula 2 serve para o AGV comunicar à mesa se a operação a realizar é uma carga ou uma descarga.

Como já foi referido, quem recebe o contentor nesta operação de transferência, é que tem o poder de terminar a operação. Assim, se for a mesa a receber o contentor, é através da célula 3 que comunica ao AGV que recebeu o contentor. Na situação inversa é o AGV, através do emissor da célula 1, que comunica à mesa o final da tarefa.

A Tabela 5 mostra as características mais importantes de cada uma das mesas existentes na oficina.

MESA	LOCAL	GRAU MOVIMENTOS	FUNÇÃO	INTERVENÇÃO HUMANA
m_a	Armazém	Bidireccional	Carga/Descarga	Não
m_cm_1	Célula Montagem	Bidireccional	Carga/Descarga	Não
m_cm_2	Célula Montagem	Bidireccional	Carga/Descarga	Não
m_cm_3	Célula Montagem	Bidireccional	Carga/Descarga	Não
m_cp	Célula Paletização	Bidireccional	Carga/Descarga	Sim
m_cf_1	Célula Fabrico	Bidireccional	Carga/Descarga	Não
m_cf_2	Célula Fabrico	Bidireccional	Carga/Descarga	Não
m_io	Mesa entrada/saida	Bidireccional	Carga/Descarga	Sim

Tabela 5 - Caracteristicas das mesas de transferência

5.4.7.3 Mesa "mia":

Esta mesa faz parte do sistema do Armazém Automático, e, por isso, todo o seu desenvolvimento é efectuado por terceiros. Tem a particularidade de estar ligada a um PVC que, por sua vez, está ligado ao μVax, sendo por isso completamente transparente para o sistema o estado da mesa. Nesta mesa não há intervenção humana.

5.4.7.4 Mesas "m_cm_1", "m_cm_2" e "m_cm_3":

Estas três mesas pertencem à célula de montagem e nenhuma delas está predestinada para alguma função. Não é necessário que o contentor esteja na posição final devidamente fixado, como acontece na mesa da célula de fabrico e, por isso, não é necessário utilizarmos actuadores pneumáticos. Esta mesa não tem intervenção humana.

5.4.7.5 Mesas "m_cf_1" e "m_cf_2":

Estas duas mesas pertencem à célula de fabrico e nenhuma delas está predestinada a servir uma só máquina.

Nestas duas mesas vai existir um sistema de posicionamento final do contentor, com base num actuador pneumático.

No seu funcionamento normal, estas mesas não têm intervenção humana. No entanto, quando se processa o *setup* das máquinas, podem funcionar com intervenção humana, pois têm possibilidade de servir de plataforma de chegada de contentores com as novas ferramentas que vão ser colocadas nas máquinas. Durante este tipo de utilização das mesas, os contentores nunca podem ser retirados das mesas.

5.4.7.6 Mesa "m_cp":

Esta mesa pertence à célula de aferição e paletização e tem a particularidade de ser manipulada pelo homem. Para a realização de uma operação nesta célula, são normalmente necessários mais do que um contentor. Para optimizar o sistema de transporte (AGV), e uma vez que este permite o transporte simultâneo de dois contentores, optou-se pela filosofia de os contentores poderem ser retirados da mesa de transferência para a bancada de trabalho. Para minimizar o erro que o operador pode cometer de introduzir novamente o contentor na mesa na posição inversa, está a estudar-se um dispositivo electrónico para que isso não aconteça. Nesta célula há necessidade de existir comunicação bilateral entre o operador e o sistema (Controlador de Célula):

- *Sistema - Operador*: o sistema deve informar o operador sobre as tarefas que tem que realizar.

- *Operador - Sistema:* o operador deve comunicar com o sistema, para informar que terminou determinada tarefa. Há duas situações possíveis: A primeira é o operador informar que colocou o contentor x na mesa para ser retirado. A segunda é o sistema pedir para o operador colocar um determinado contentor na mesa.

Esta mesa é exclusivamente operada pelo homem. Parte-se do princípio que qualquer contentor que chegue é sempre retirado da mesa. Para evitar o empastelamento da mesa enquanto o operador está a manipular um contentor (o accionamento da célula de existência de contentor duma forma não linear pode levar a mesa para estados falsos), aquela deve possuir um botão que, ao ser pressionado, esclareça a mesa que a operação foi cumprida. Neste caso vamos ter duas situações:

1. *Recepção de um caixote:* o operador, depois de chegar o contentor, deve retirá-lo da mesa. Em seguida, deve comunicar à mesa (através de um botão) que já retirou o contentor para esta ficar novamente disponível para receber ou enviar contentores (até lá ela fica bloqueada). Em seguida, deve comunicar ao sistema que já recebeu o contentor. À partida parece que há informação redundante (comunicar à mesa através de um botão quando ela tem células para ver a existência de contentores) mas este procedimento vai impedir que a mesa fique empastelada pois ao retirar/colocar um contentor o homem está a interferir nas células de detecção do contentor. Este procedimento também permite que o AGV descarregue 2 contentores no mesmo transporte. Neste caso ele descarrega o primeiro caixote e a mesa só fica disponível para a segunda descarga depois de o operador confirmar que retirou o primeiro contentor através do botão.
2. *Envio de um contentor*: o operador deve comunicar à mesa (Botão) e ao sistema que o caixote foi colocado na mesa.

5.4.7.7 Mesa "m_io":

Esta mesa é em tudo semelhante à mesa "m_cp". Nesta mesa, o operador vai comunicar directamente com o controlador do CATM através de um terminal do μVAX que a mesa vai possuir.

5.4.8 Comunicações

As comunicações desta célula estão representadas no desenho esquemático da Fig. 51, em que o uVAX tem incorporado o programa de gestão do AGV e, paralelamente, o programa de gestão do Armazém Automático, sendo por isso o μVAX o controlador da Célula de Armazenamento e Transporte de Materiais. Uma vez que o sistema operativo do μVAX 3100 é o "Open VMS", não é possível englobar a camada de MTS nesta máquina para comunicação com o SFC. Assim, vamos introduzir uma camada realizada por nós que vai comunicar com o SFC através de TCP/IP.

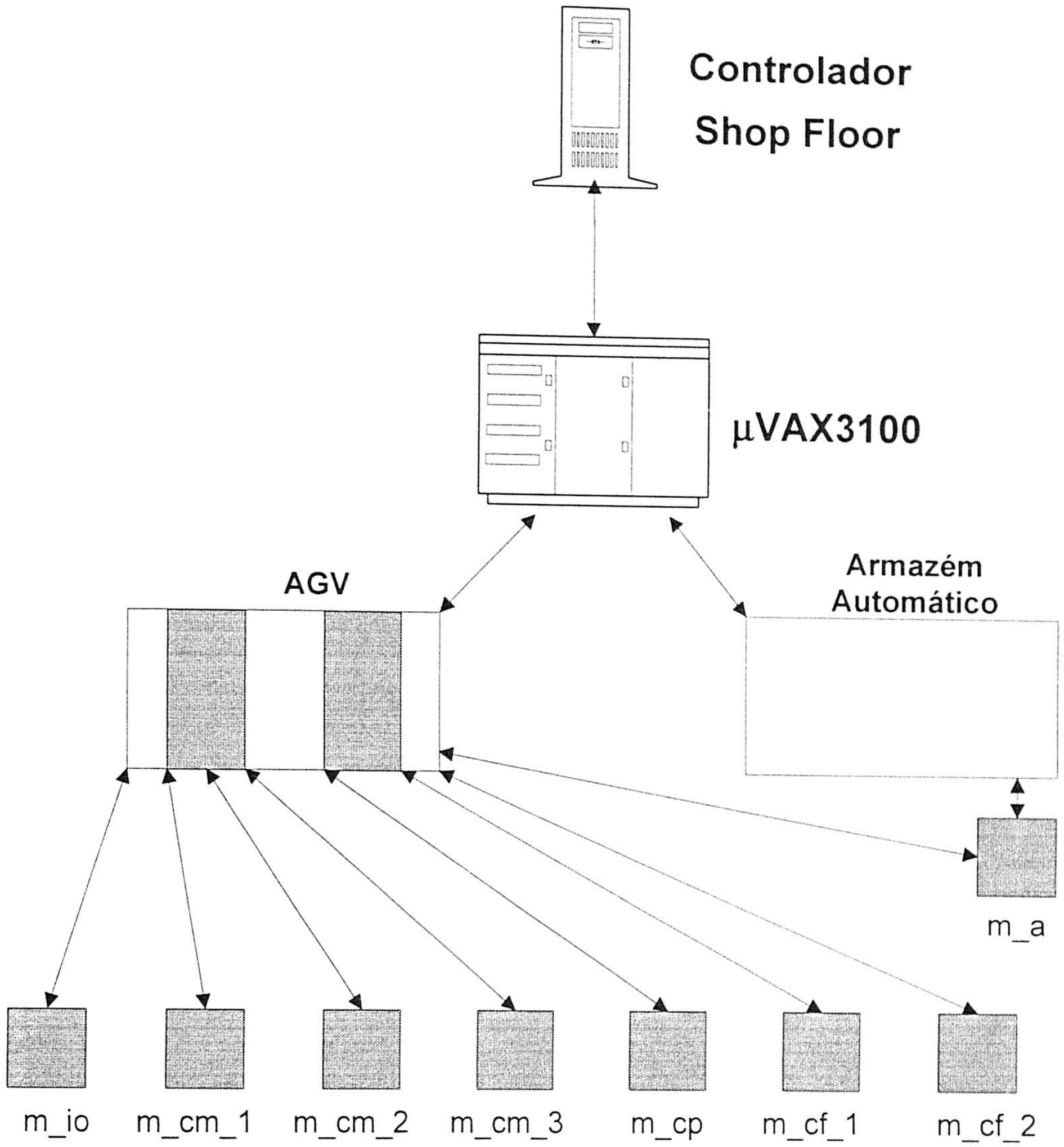


Fig. 51 - Comunicações da Célula de Armazenamento
e Transporte de Materiais

Deste desenho pode concluir-se o seguinte:

1. Esta célula comunica com o exterior unicamente através do *Shop Floor Controller*.
2. A comunicação entre o sistema de gestão do armazém e o próprio armazém é bidireccional.
3. A comunicação entre o sistema de gestão do AGV e o próprio AGV é bidireccional.
4. A comunicação entre o AGV e a mesa é bidireccional e é feito a baixo nível através de células fotoeléctricas.

5.5 Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas (CP)

5.5.1 Introdução

A Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas irá funcionar de modo manual, pois existirá um operador para realizar as várias tarefas da célula. A célula tem como objectivo:

- montar conjuntos de ferramentas para os centros de torneamento e de maquinagem,
- montar conjuntos de garras para o robô de carga e descarga e robô de montagem,
- aferir as ferramentas e as garras que foram montadas,
- paletizar e despaletizar os materiais destinados ao centro de maquinagem.

Durante a realização destas operações o operador terá um terminal que lhe permitirá a interface com o controlador desta célula.

5.5.2 Constituição da Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas

A Fig. 52 representa uma prespectiva da célula de paletização e aferição de ferramentas.

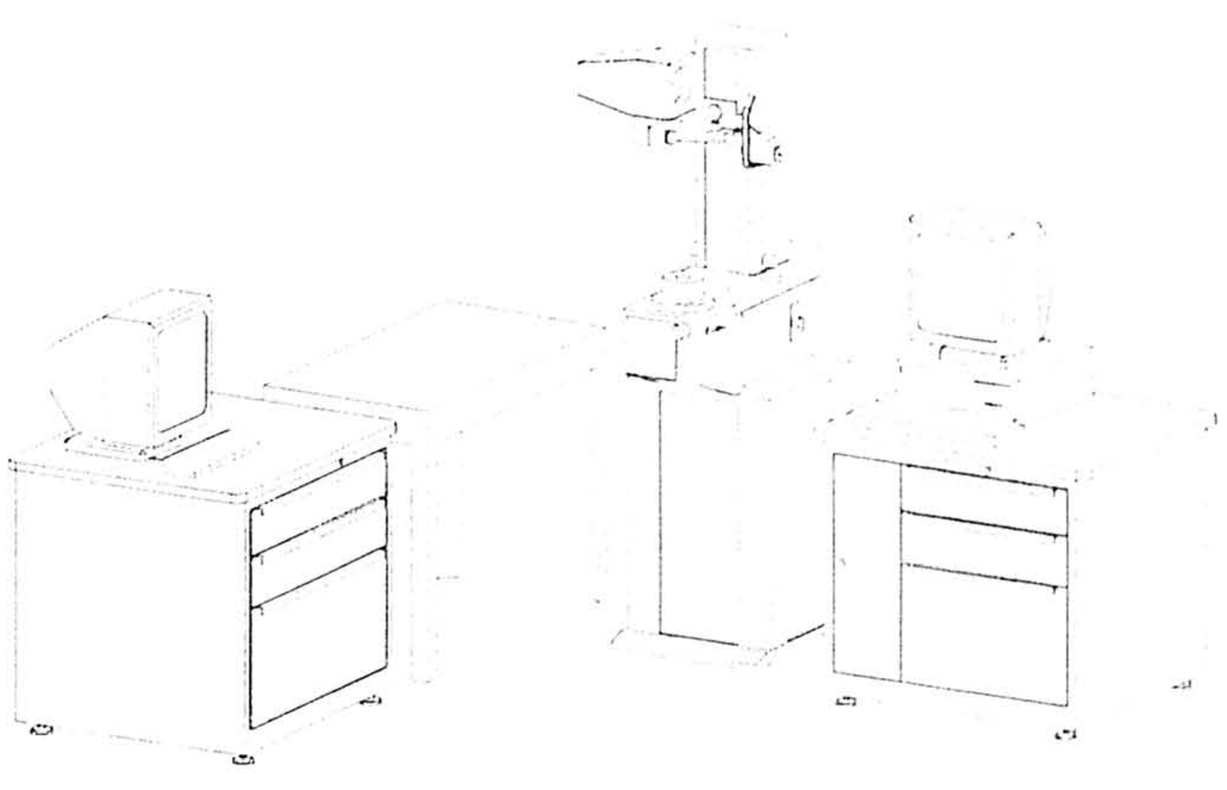


Fig. 52 - Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas

Os recursos da célula serão os seguintes :

- Mesa de paletização/despaletização e um terminal,
- Máquina de aferição de ferramentas e um PC,
- Um operador humano.

A mesa de paletização permitirá que o operador humano efectue as operações necessárias sobre os materiais e ferramentas.

Será usado um terminal gráfico com GUI (Graphic User Interface) em MOTIF, utilizando para o seu desenvolvimento ferramentas de concepção gráfica, comuns no mercado, como, por exemplo, o AIC (AIX Interface Composer) da IBM, que terá como objectivo a interface entre o controlador da célula e o operador e deverá permitir :

- indicar ao *Shop Floor Control* que retirou itens do contentor,
- indicar ao *Shop Floor Control* que colocou itens no contentor,
- indicar ao SFC que pode levar o contentor,
- receber ordens de trabalho,
- indicar ao SFC que executou a ordem de trabalho,
- indicar que aconteceu um caso de excepção (por exemplo, alarmes).

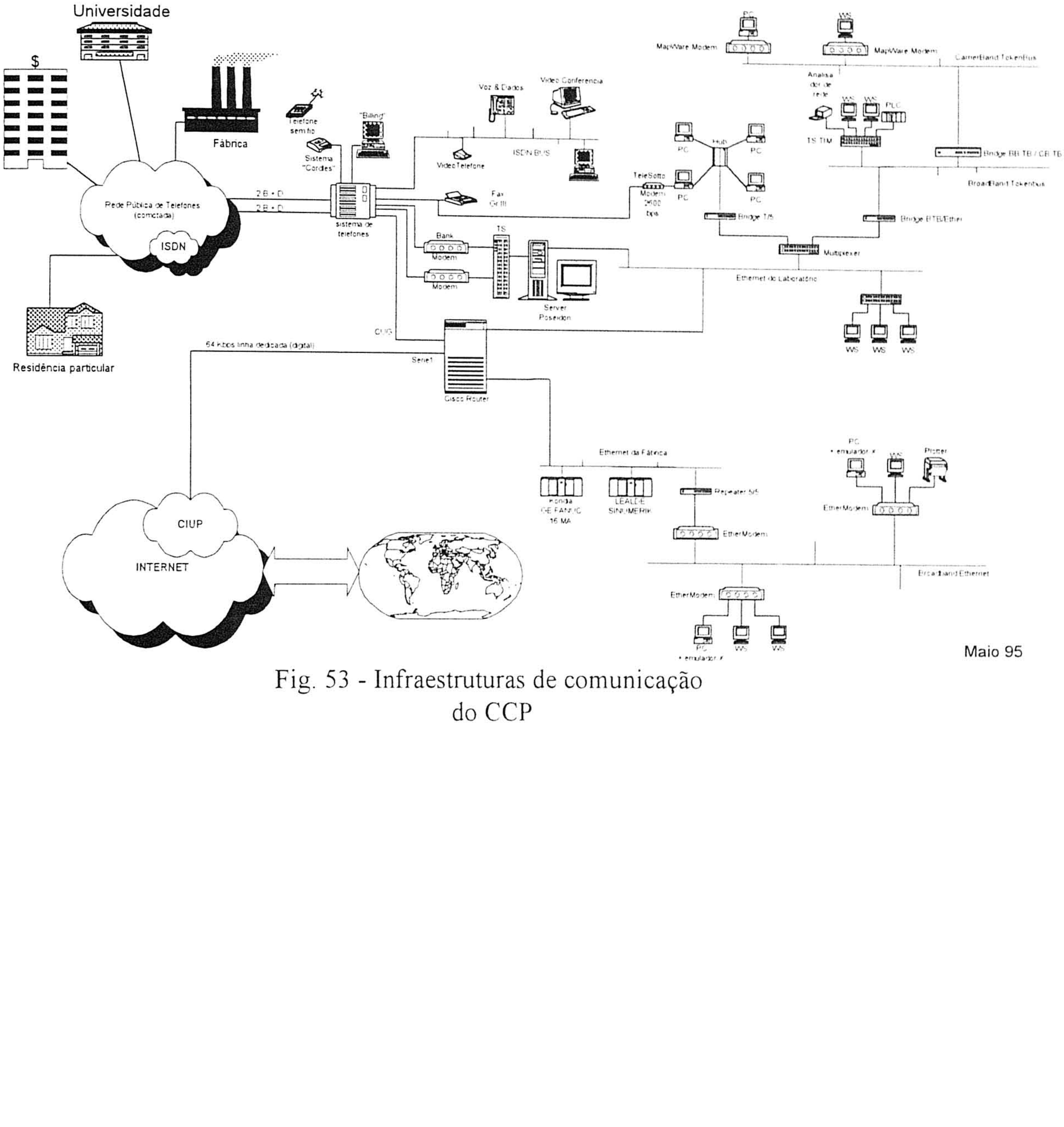
A máquina de aferição de ferramentas permitirá a medição das ferramentas. A máquina disponível é uma ELBO CONTROLLI AR2000 com um sistema de gestão de ferramentas TMM04, disponível num PC com sistema operativo DOS e com uma placa de comunicação Ethernet com protocolo TCP/IP.

Para transferir os ficheiros de offsets das ferramentas do PC para o *file server*, é usado o NFS.

5.6 Infraestruturas de comunicação

Neste ponto descrever-se-á um recurso fundamental da fábrica de demonstração que é o das suas redes de comunicações. Será apresentado em primeiro lugar um esquema do *layout* e, de seguida, um esquema hierárquico com os protocolos de comunicação.

5.6.1 Layout



Maio 95

Fig. 53 - Infraestruturas de comunicação do CCP

5.6.2 Esquema Hierárquico e Protocolos de Comunicação

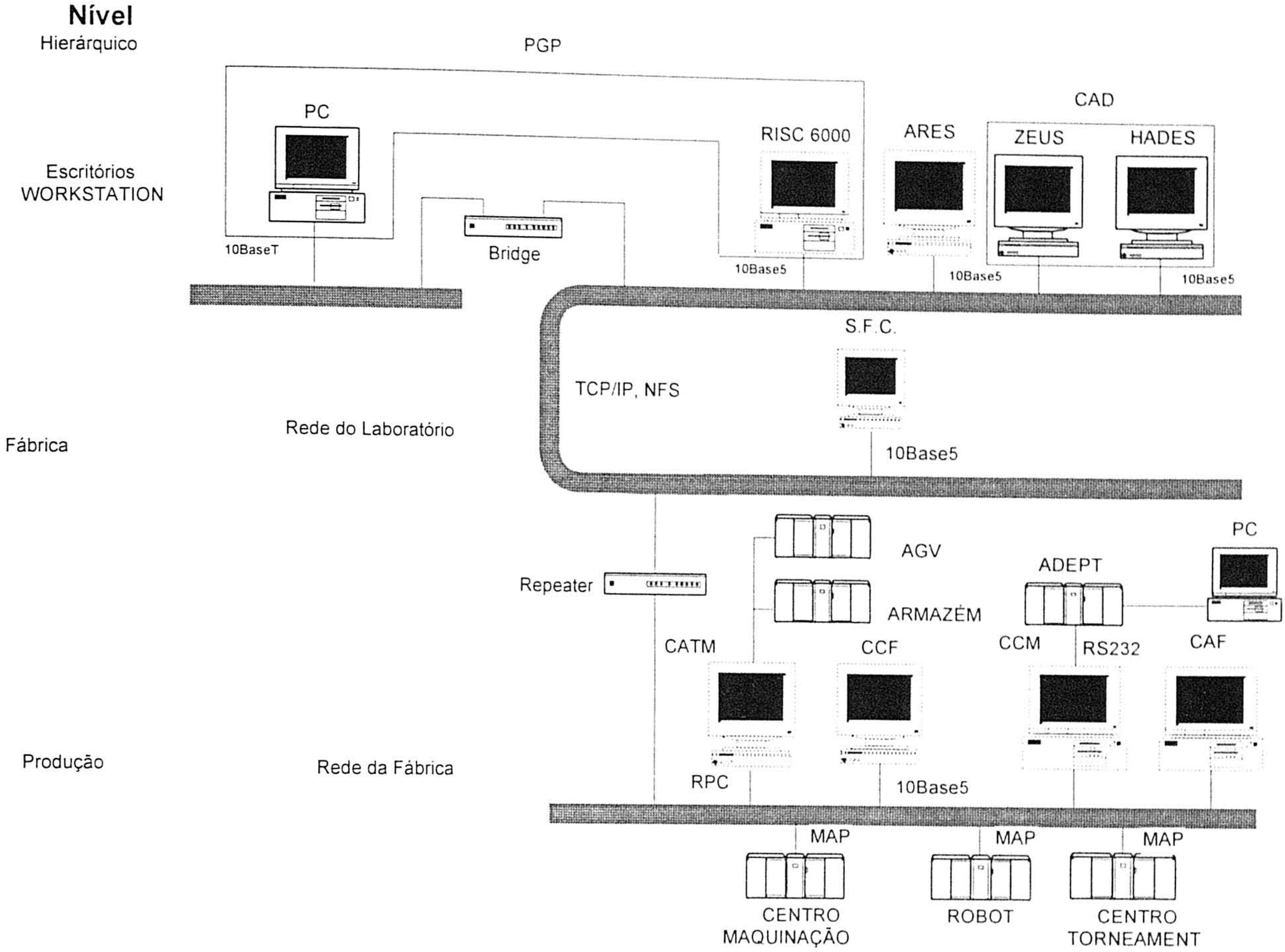


Fig. 54 - Hierarquia e protocolos de comunicação

6. Descrição dos estados das células

6.1 Célula de Fabrico

6.1.1 Descrição das operações base

As operações básicas na célula estão representadas na Fig. 55.

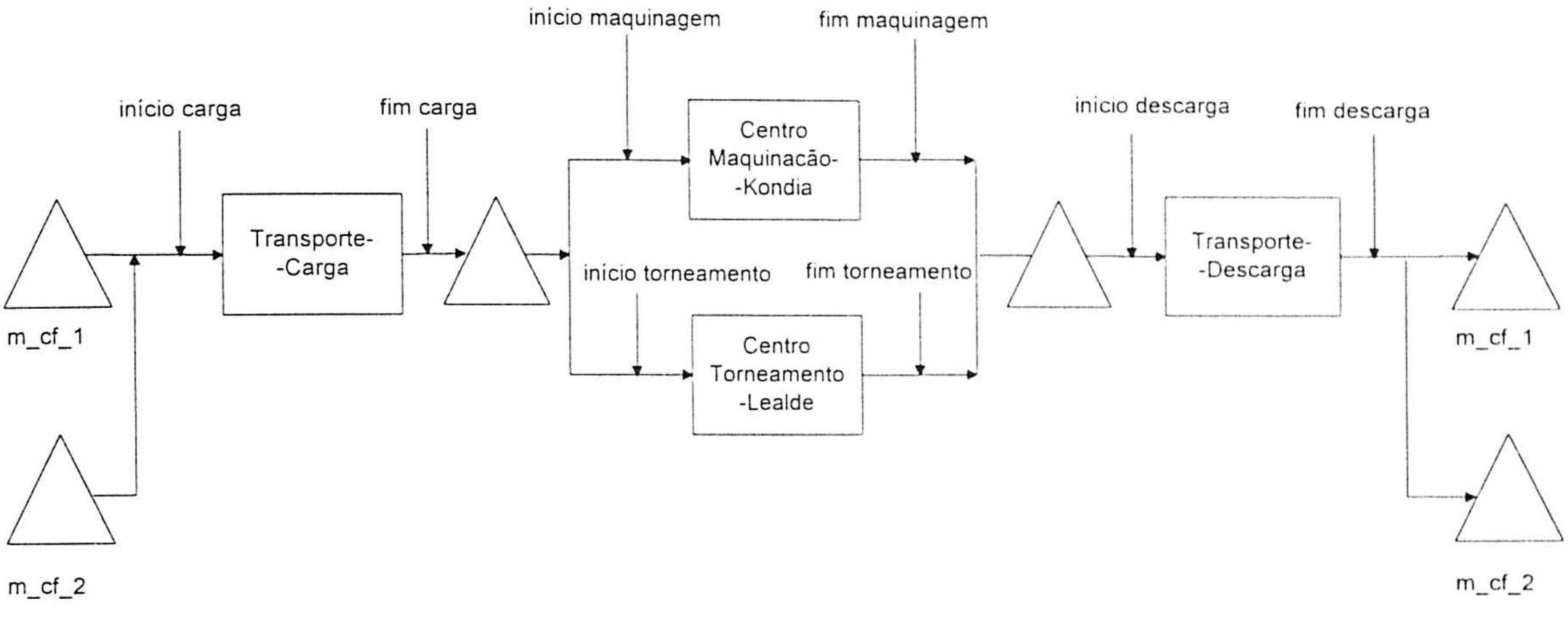


Fig. 55 - Operações da Célula de Fabrico

Fazendo um *zoom* sobre as operações **Transporte carga** e **Transporte descarga** obtêm-se as operações básicas indicadas na Fig. 56.

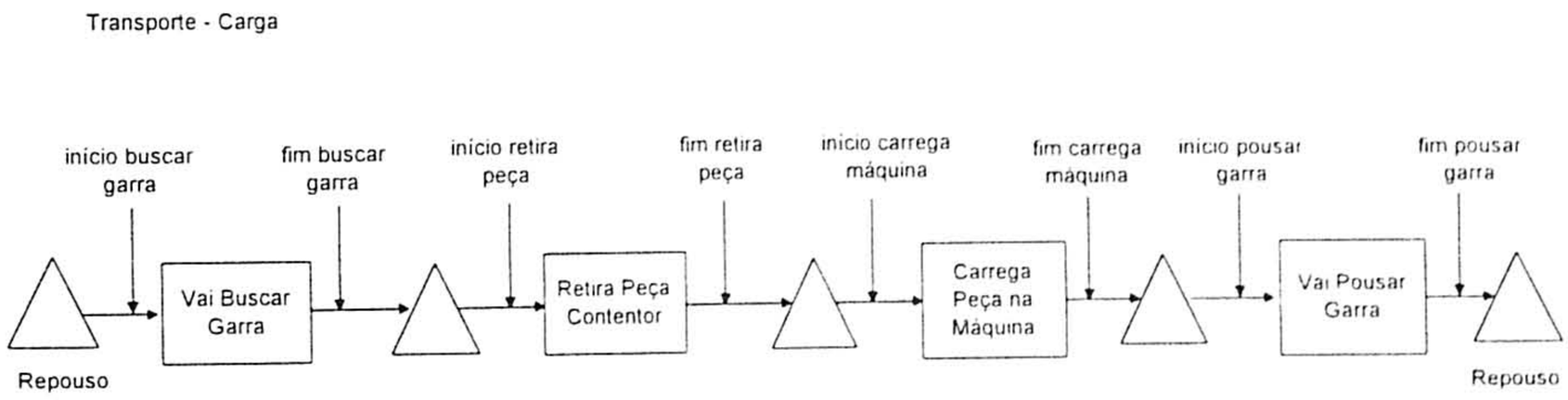


Fig. 56 - Opreações de Transporte Carga/Descarga

6.1.2 Estados da célula

O estado da célula pode ser representado como se mostra na Fig. 57.

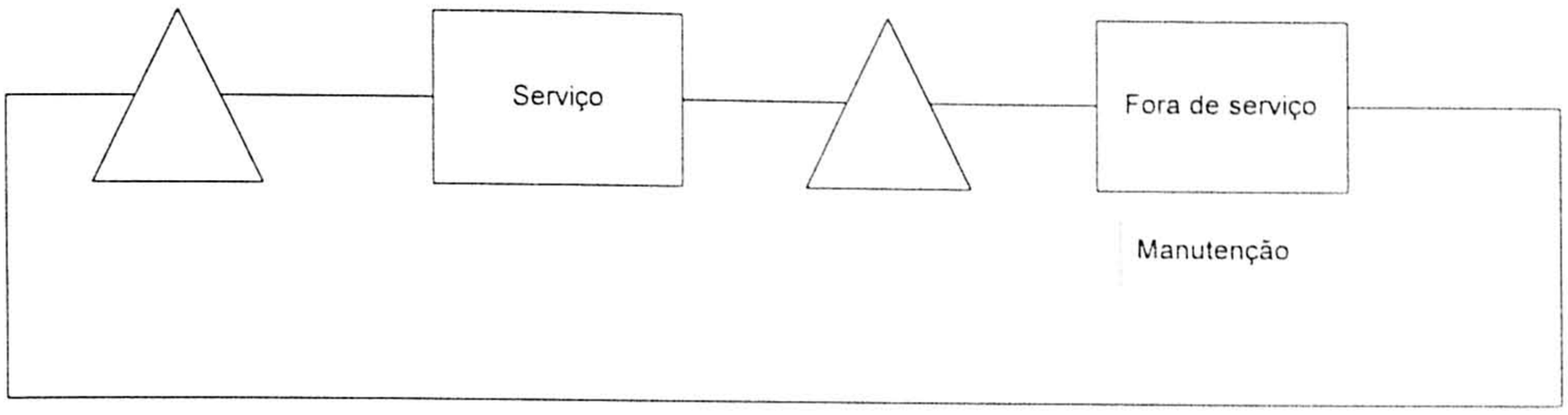


Fig. 57 - Estado da CF

Em **Serviço** tem os estados iondicados na Fig. 58.

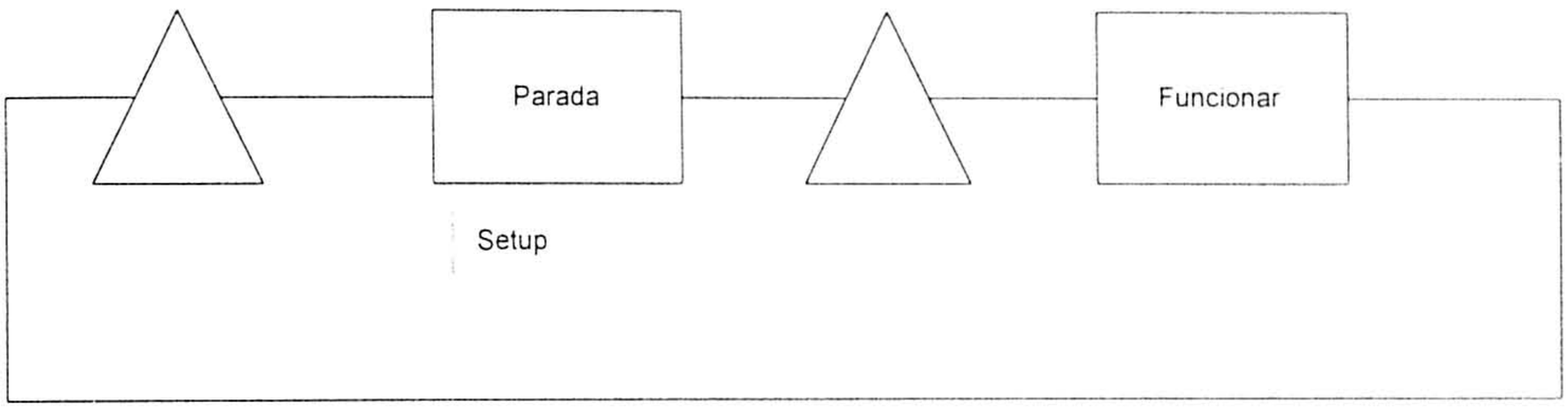


Fig. 58 - Estados de *Serviço*

No estado **Funcionar** os recurso da célula têm as situações representadas na Fig. 59.

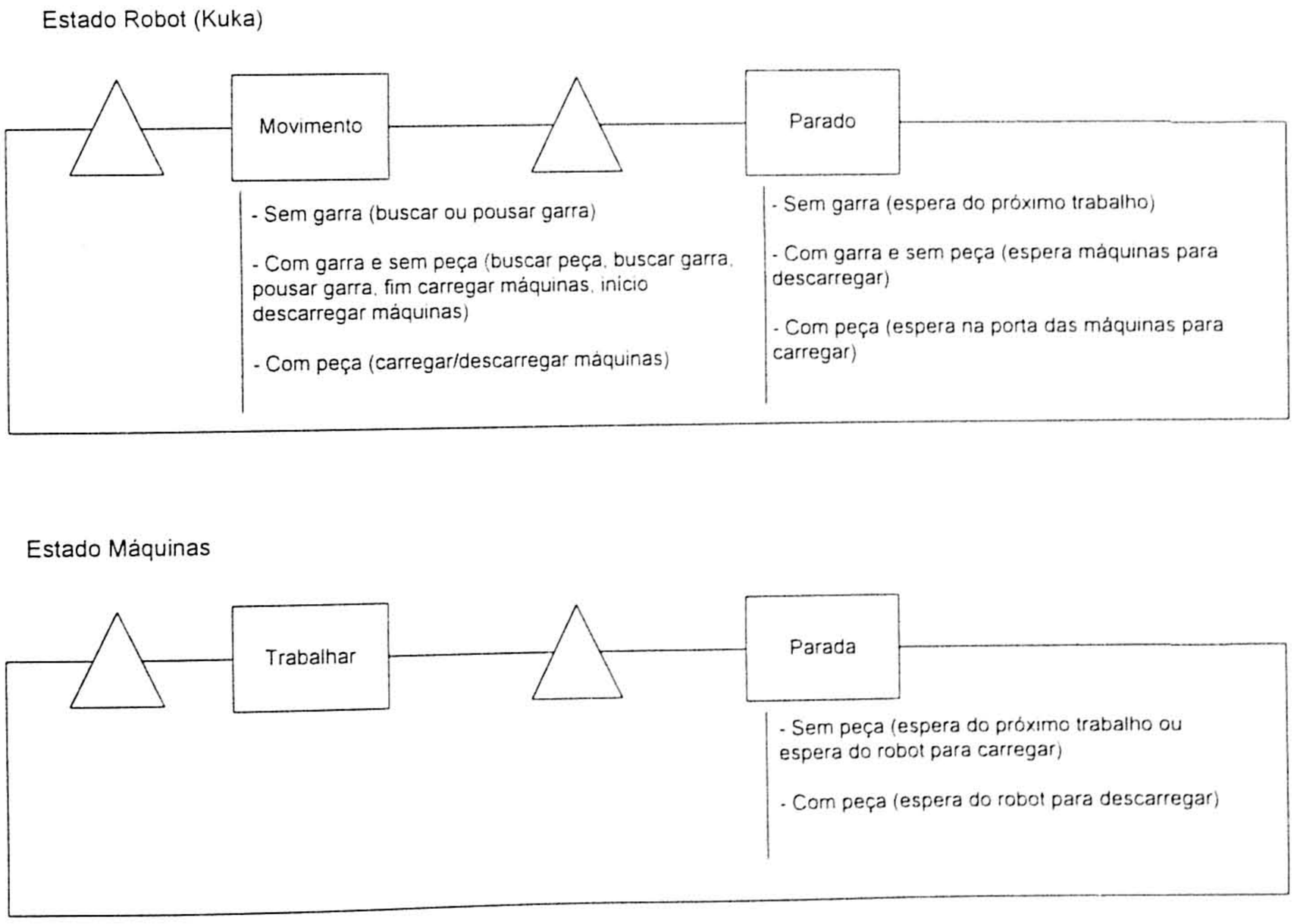


Fig. 59 - Estados de *Funcionar*

Transpondo para um 'diagrama de estados', é possível associar estados a eventos que provocam transições de estados (Fig. 60 e 61).

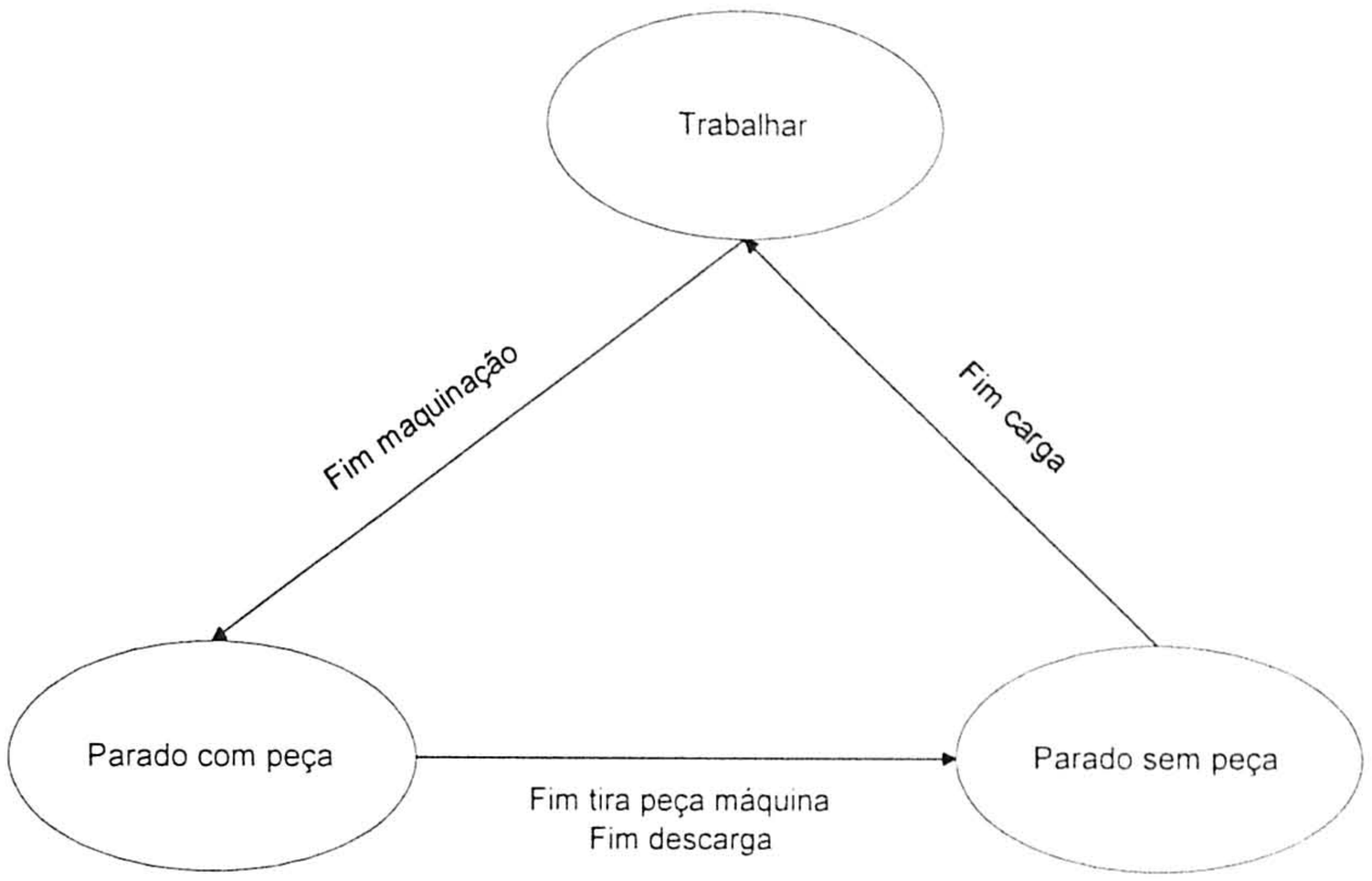


Fig. 60 - Diagrama de estados das máquinas

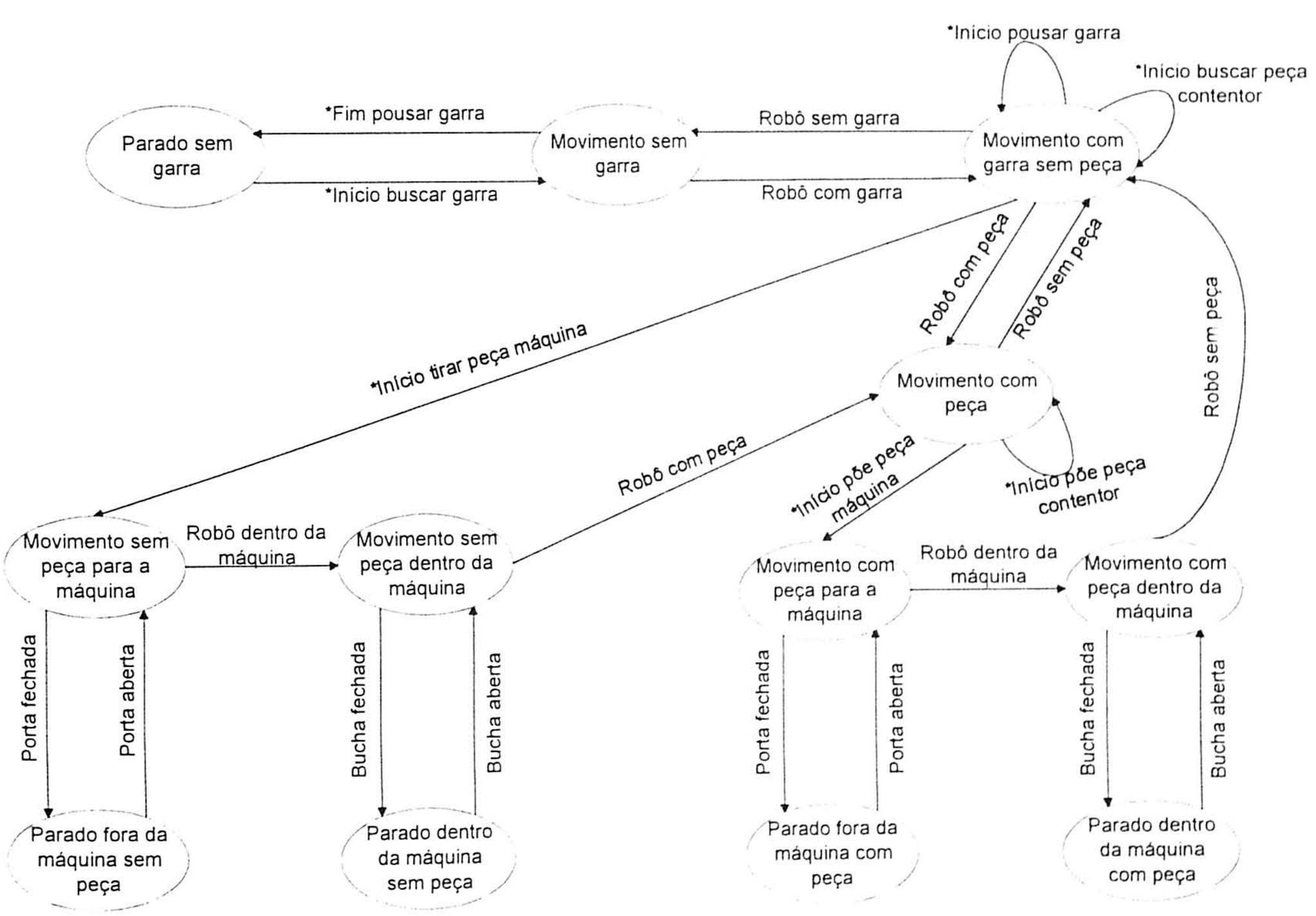


Diagrama de estados do Robô carga/descarga

Fig. 61 - Estados do robô KUKA

Os estados de excepção na célula são os representados na Fig. 62.

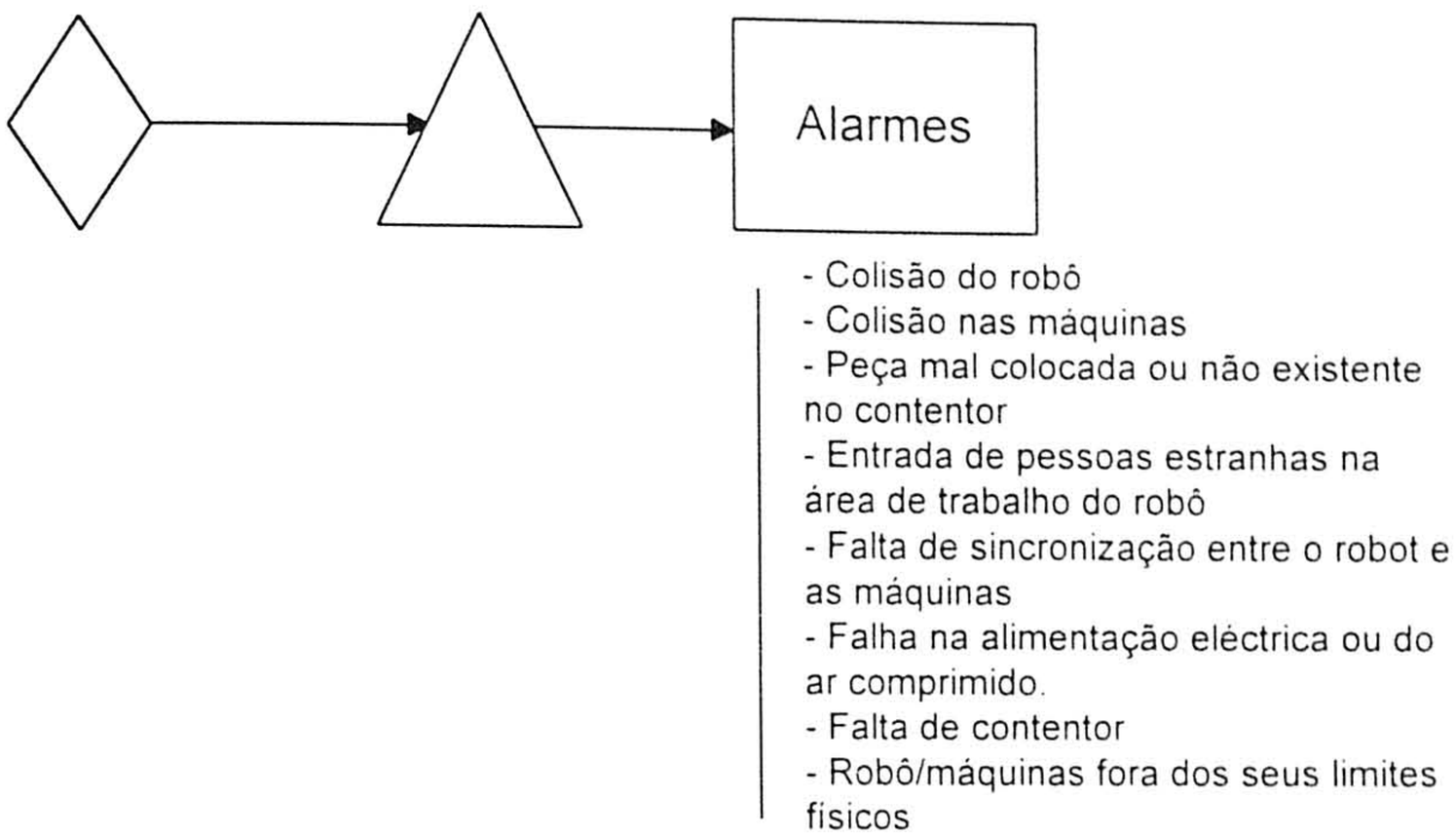


Fig. 62 - Estados de excepção da Célula de Fabrico

Os alarmes são casos de excepção e podem ser os seguintes :

- colisão do robô com qualquer superfície (dependente da compra do sensor OPS100),
- colisão dentro do centro de torneamento (colisão da ferramenta),
- esgotado tempo de vida da ferramenta,
- robô deixa a peça cair (dependente da instalação de um sensor nas garras),
- falta de sincronização entre máquina e o robô (por exemplo a porta não abriu ou a bucha não fechou),
- falta de alimentação, falha hidráulica ou falha do ar comprimido (sem ar comprimido é impossível as máquinas e o robô poderem trabalhar),
- avaria em qualquer uma das máquinas,
- entrada de pessoa estranha na célula (a célula neste caso pára automaticamente),
- robô e/ou máquinas ultrapassarem limites físicos pelo que é necessário ir um operador corrigir o erro,
- falta de contentor.

6.1.3 Funções básicas de controlo

Para as operações básicas acima descritas, foram definidos fluxos de informação e eventos de modo a poder controlá-las :

Carga peça - Temos duas informações que são *Inicio carga* e *Fim carga*. Com estas informações é possível controlar a operação de o robô ir buscar a peça ao contentor e colocá-

la na máquina. O evento *Inicio ordem fabrico* inicia a operação e o evento *Tirou peça contentor* é o resultado da operação.

Buscar garra - Temos duas informações que são *Inicio buscar garra* e *Fim buscar garra.* Com estas informações é possível controlar a operação de o robô ir da posição de segurança aos suportes das garras buscar a garra adequada e voltar à posição de segurança. O tempo previsto para esta operação é de 8 segundos.

Retira peça contentor - Temos duas informações que são *Inicio buscar peça contentor* e *Fim buscar peça contentor* . Com estas informações é possível controlar a operação de o robô ir agarrar a peça ao contentor e voltar à posição de segurança. O tempo previsto para esta operação é de 15 segundos.

Carrega peça máquina - Temos duas informações que são *Inicio põe peça máquina* e *Fim põe peça máquina.* Com estas informações é possível controlar a operação de o robô colocar a peça na máquina e voltar à posição de segurança . O tempo previsto para esta operação é de 20 segundos.

Pousar garra - Temos duas informações que são *Inicio pousar garra* e *Fim pousar garra.* Com estas informações é possível controlar a operação de o robô ir da posição de segurança aos suportes das garras pousar a garra e voltar à posição de segurança. O tempo previsto para esta operação é de 8 segundos.

Maquinagem - Temos duas informações/eventos que são *Inicio maquinagem* e *Fim maquinagem.* Com estas informações é possível controlar o estado do centro de maquinagem, desde que fecha a porta até a abrir de novo.

Torneamento - Temos duas informações/eventos que são *Inicio torneamento* e *Fim torneamento.* Com estas informações é possível controlar o estado do centro de torneamento, desde que fecha a porta até a abrir de novo.

Descarga máquina - Temos duas informações que são *Inicio descarga* e *Fim descarga.* Com estas informações é possível controlar a operação de o robô ir buscar a peça à máquina e ir levá-la para o contentor. Os eventos *Fim de maquinação* e *Chegou contentor saída* iniciam a operação e o evento *Colocou peça contentor* é o resultado da operação.

Descarrega peça máquina - Temos duas informações que são *Inicio tira peça máquina* e *Fim tira peça máquina.* Com estas informações é possível controlar a operação de o robô ir da posição onde se encontra até à máquina, agarrar a peça e regressar à posição de segurança. O tempo previsto para esta operação é de 20 segundos, com a porta já aberta.

Coloca peça contentor - Temos duas informações que são *Inicio põe peça contentor* e *Fim põe peça contentor.* Com estas informações é possivel controlar a operação de o robô ir colocar a peça no contentor e voltar à posição de segurança. O tempo previsto para esta operação é de 15 segundos.

6.2 Célula de Montagem

6.2.1 Enumeração e descrição das operações base

A Tabela 6 mostra os diferentes *buffers* e as siglas pelos quais os identificamos.

m_cm_1	Mesa de entrada/saída 1
m_cm_2	Mesa de entrada/saída 2
m_cm_3	Mesa de entrada/saída 3
b_cm_1	Buffer de peças 1
b_cm_2	Buffer de peças 2
mo_cm	Mesa de operações

Tabela 6 - Denominação dos buffers

Não incluímos o armazém de garras nesta descrição, atendendo às razões seguintes:

1. o armazém mantém-se fixo ao longo de um processo de montagem;
2. a acção de troca de garra é dependente do estado actual do sistema, tornando-se difícil a descrição de uma tarefa base, indivisível e previsível, que envolva trocas entre os diferentes *buffers* da célula.

Para se simplificar a definição das tarefas base e para mais fácil compreensão das suas diferenças, comecemos por agrupar os diferentes *buffers* de material existentes na célula pelas suas características comuns.

Sejam os seguintes conjuntos de *buffers*:

b1 = { m_cm_1 , m_cm_2 , m_cm_3 }

b2 = { b_cm_1 , b_cm_2 }

b3 = { mo_cm }

6.2.1.1 Operação de transporte

Uma operação de transporte consiste no deslocamento do robô de uma dada posição até um *buffer*, pegar num objecto desse *buffer* e efectuar um deslocamento até ao *buffer* destino. Podemos dizer que há transporte entre os conjuntos de *buffers* indicados na Tabela 7.

	b2 → b1	**b3 → b1**
b1 → b2		**b3 → b2**
b1 → b3	**b2 → b3**	

Tabela 7 - Movimentação entre buffers da CM

6.2.1.2 Operação de montagem

Uma operação de montagem corresponde às acções que decorrem dentro do perímetro de influência da mesa de operações. Podem ser:

1. pousar objecto e activar os actuadores correspondentes;
2. encaixar objecto, em objectos previamente colocados na mesa de operações;
3. deslocamento do objecto no interior da célula de montagem entre diferentes actuadores
4. realizadar operações sobre a montagem: apertar parafuso ou porca, etc.

Podemos dizer que uma operação de montagem resulta de uma interacção entre os *buffers*:

$$\mathbf{b3} \longrightarrow \mathbf{b3}$$

6.2.1.3 Operação de pousar objecto

Uma operação de pousar objecto é efectuada no interior do mesmo *buffer*. Difere da operação de montagem, no ponto em que só há intervenção do robô, não havendo intervenção de actuadores auxiliares. Há operações de pousar objecto nos seguintes conjuntos de *buffers*:

$$\mathbf{b1} \longrightarrow \mathbf{b1}$$

$$\mathbf{b2} \longrightarrow \mathbf{b2}$$

6.2.1.4 Gráfico de operações

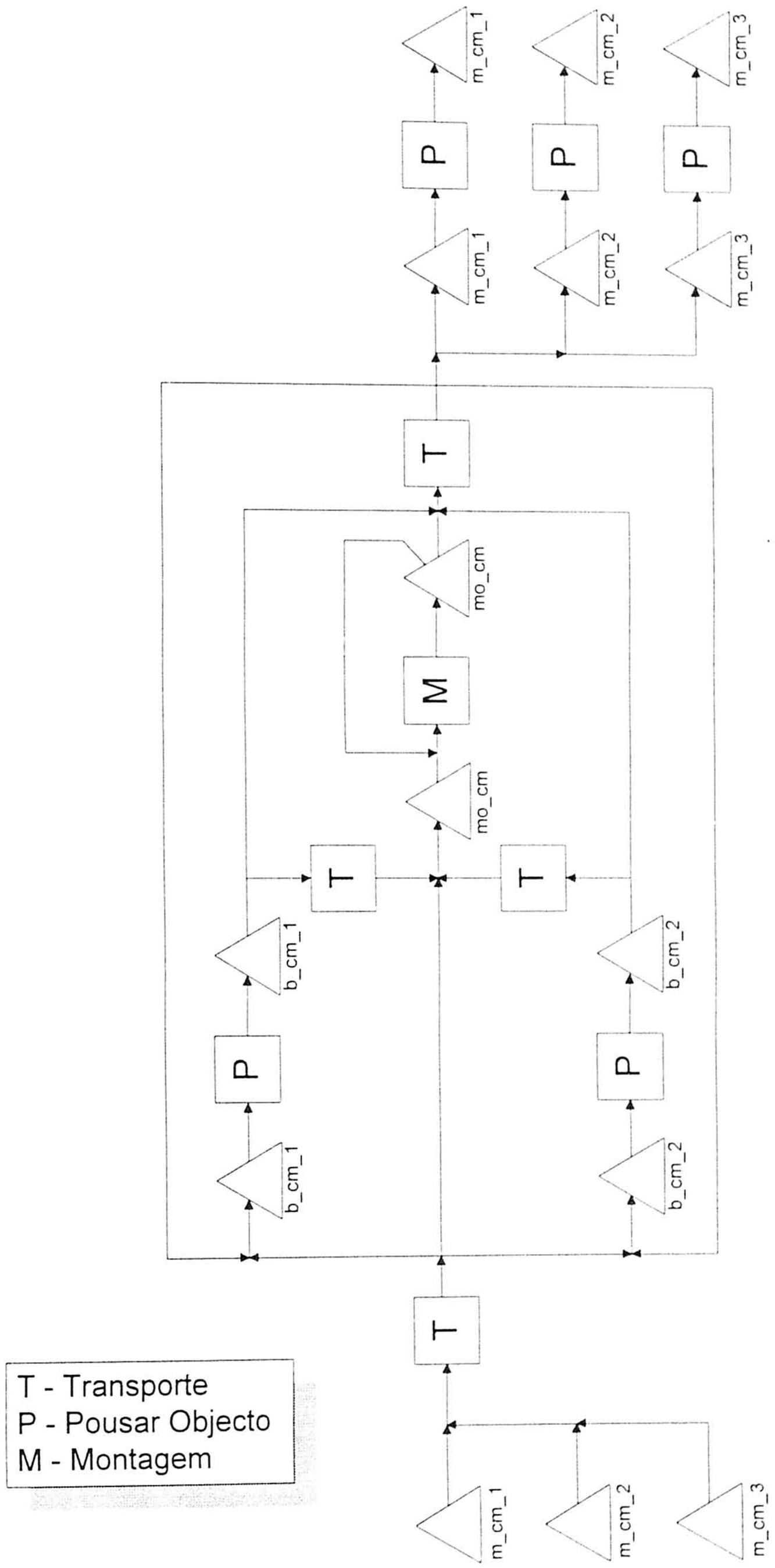


Fig. 63 - Fluxo de materiais na CM

6.2.2 Eventos/Fluxos de informação da célula de montagem

Os eventos/fluxos-de-informação estão subentendidos na descrição do funcionamento da célula de montagem. Esta lista está longe de abarcar todas as possibilidades que possam existir. Na parte final da lista apresentam-se acontecimentos internos à célula que estão directamente ligados às tarefas básicas definidas na secção anterior.

Alguns significados:

- monitorização - pedido de informação de natureza assíncrona e aleatória sobre o estado da célula de montagem por parte do *Shop Floor*;
- sequência de montagem - conjunto de macro operações encadeadas na fase de projecto que tem em conta tudo que diz respeito ao processo de montagem. A sequência de montagem é fornecida com a ordem de montagem, estando dividida em diferentes passos independentes;
- estado_sistema - estrutura de informação que contém todos os parâmetros referentes ao estado da célula de montagem. Esta informação está residente no controlador de célula de montagem.

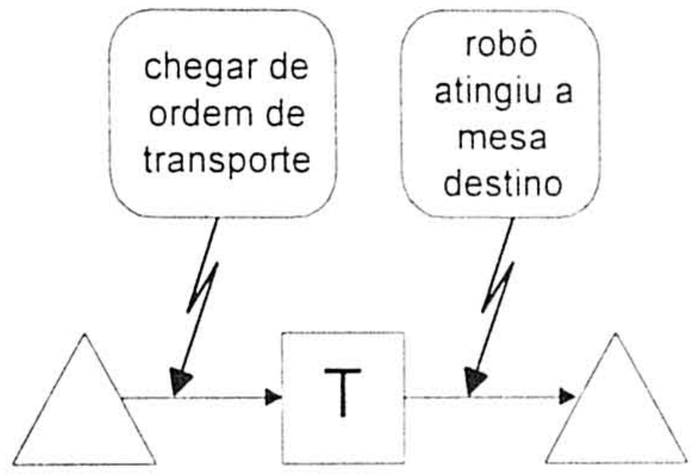


Fig. 64 - Eventos relacionados com uma operação de transporte

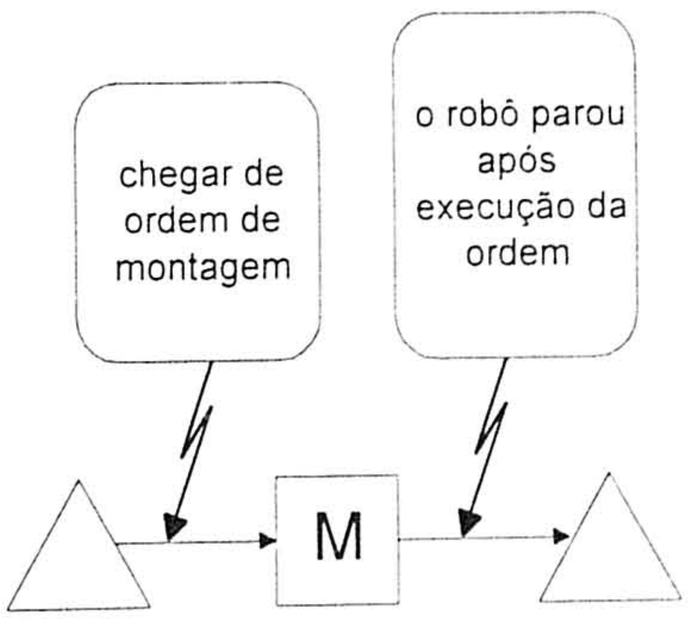


Fig. 65 - Eventos relacionados com uma operação de montagem

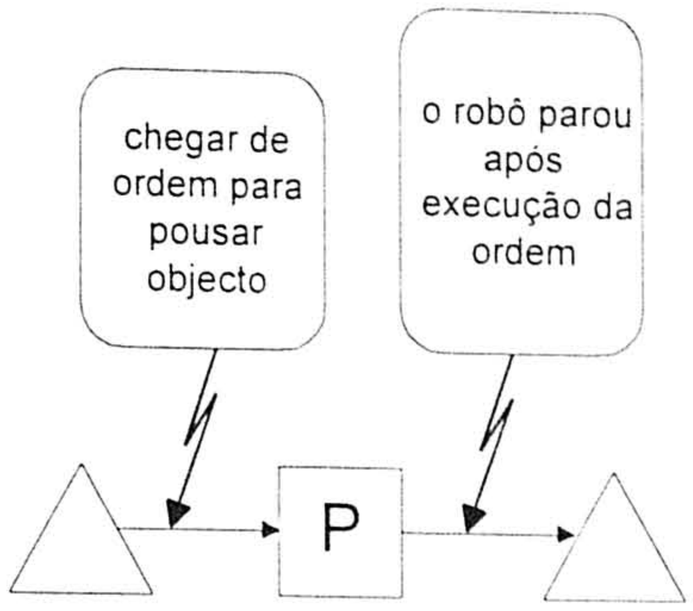
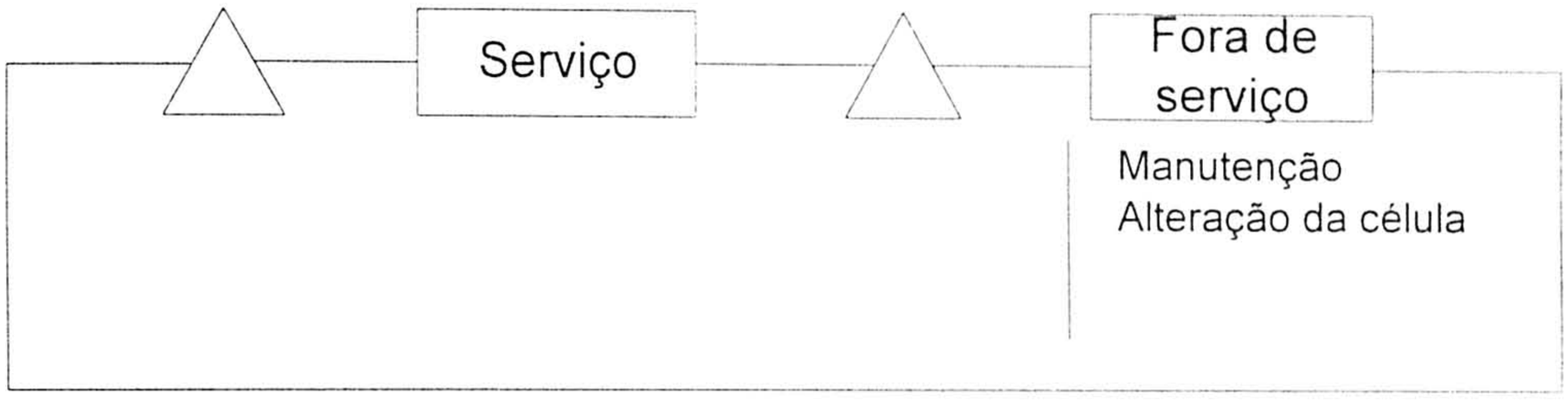


Fig. 66 - Eventos relacionados com uma operação de pousar objecto

6.2.2.1 Estado da célula



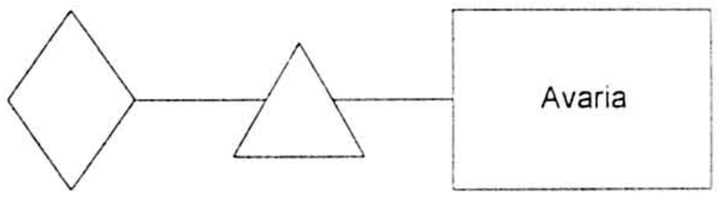


Fig. 67 - Estados da Célula de Montagem

Neste nível descrevemos os estados *triviais* da célula de montagem. Parte das operações de manutenção implicam o desligar de alguns dos componentes da célula; daí a necessidade de a pôr fora de serviço, mesmo quando se tratar de manutenção preventiva.

Ampliação do estado **Serviço**:

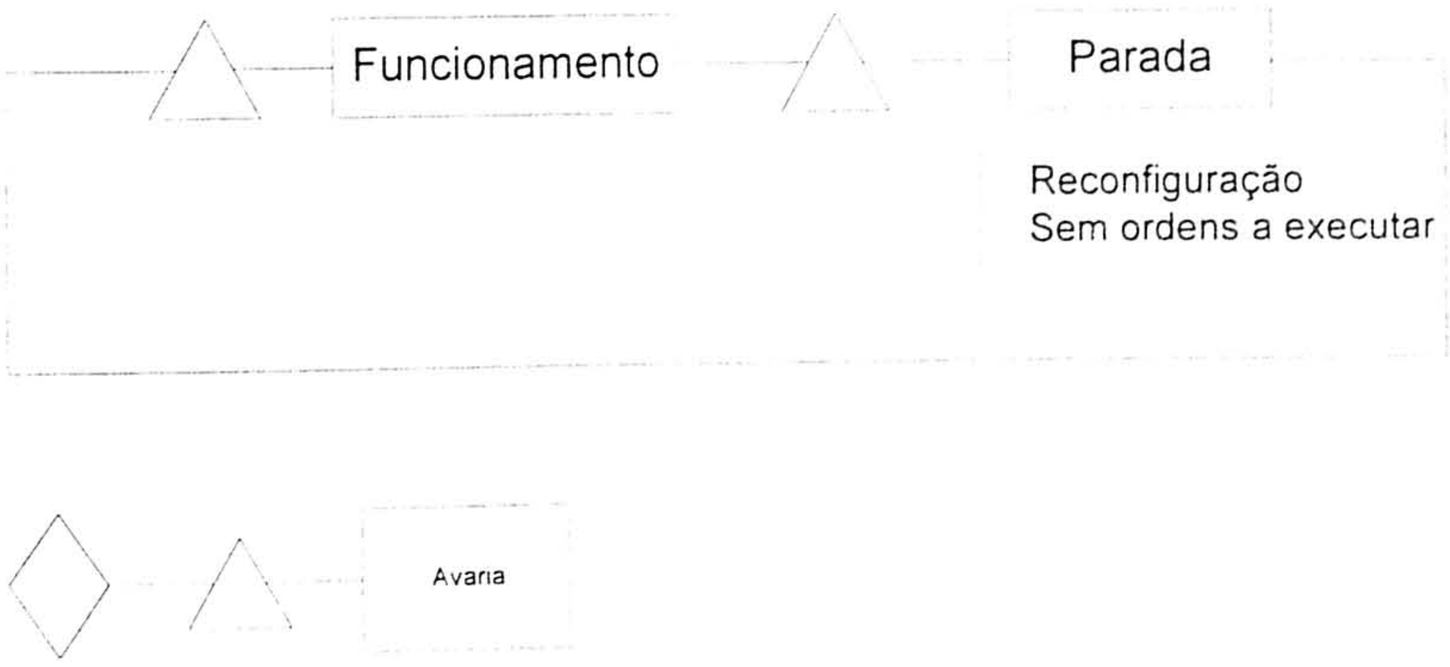


Fig. 68 - Estado em *Serviço*

A reconfiguração da célula é uma operação essencial, ligada directamente às novas ordens de montagem. A necessidade de novas garras no armazém da célula, implica, nesta fase inicial do projecto, a intervenção de um operador humano. Em fase posterior, pode pensar-se num caixote com garras que poderá ser guardado no AS/RS.

Como foi descrito anteriormente, o controlo de execução do processo de montagem foi delegado no controlador do robô, sendo o estado de funcionamento correspondente aos estados do robô apresentados na secção seguinte.

6.2.2.2 Estados do robô

A Fig. 69 mostra os estados do robô.

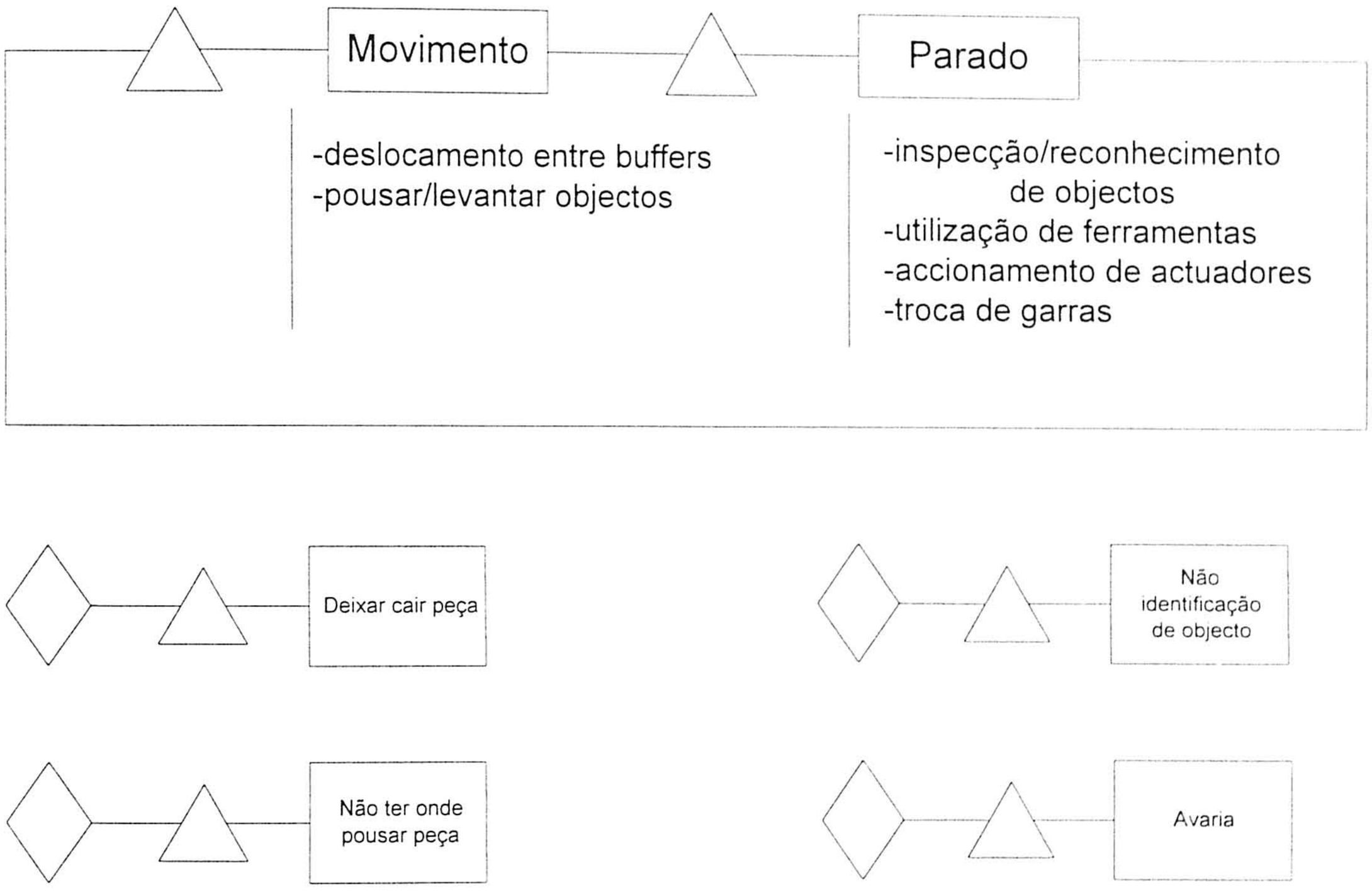


Fig. 69 - Estados do robô

6.3 Célula de Armazenamento e Transporte de Materiais

6.3.1 Estados

Os estados possíveis da CATM e as excepções são os representados na Fig. 70.

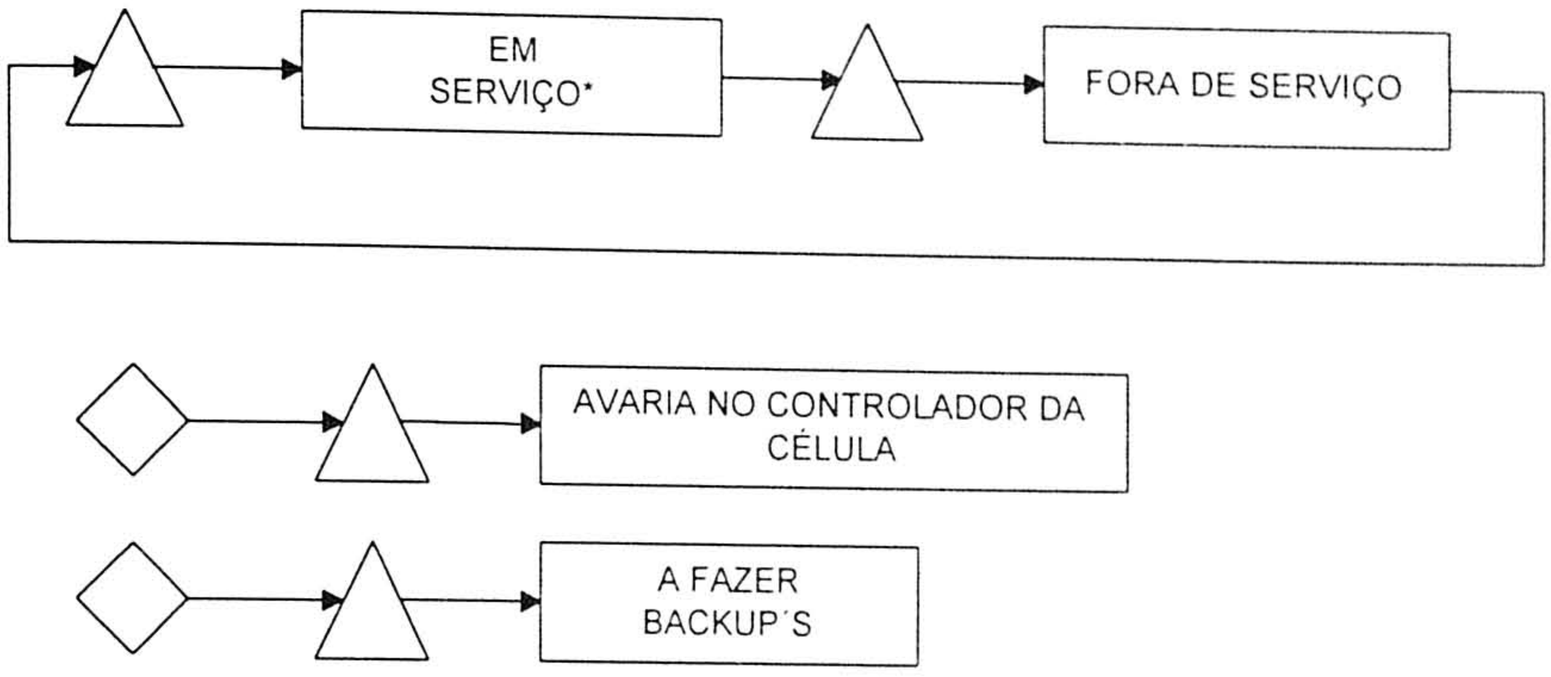


Fig. 70 - Estados da CATM

O estado **Em Serviço** pode ser apresentado como se mostra na Fig. 71.

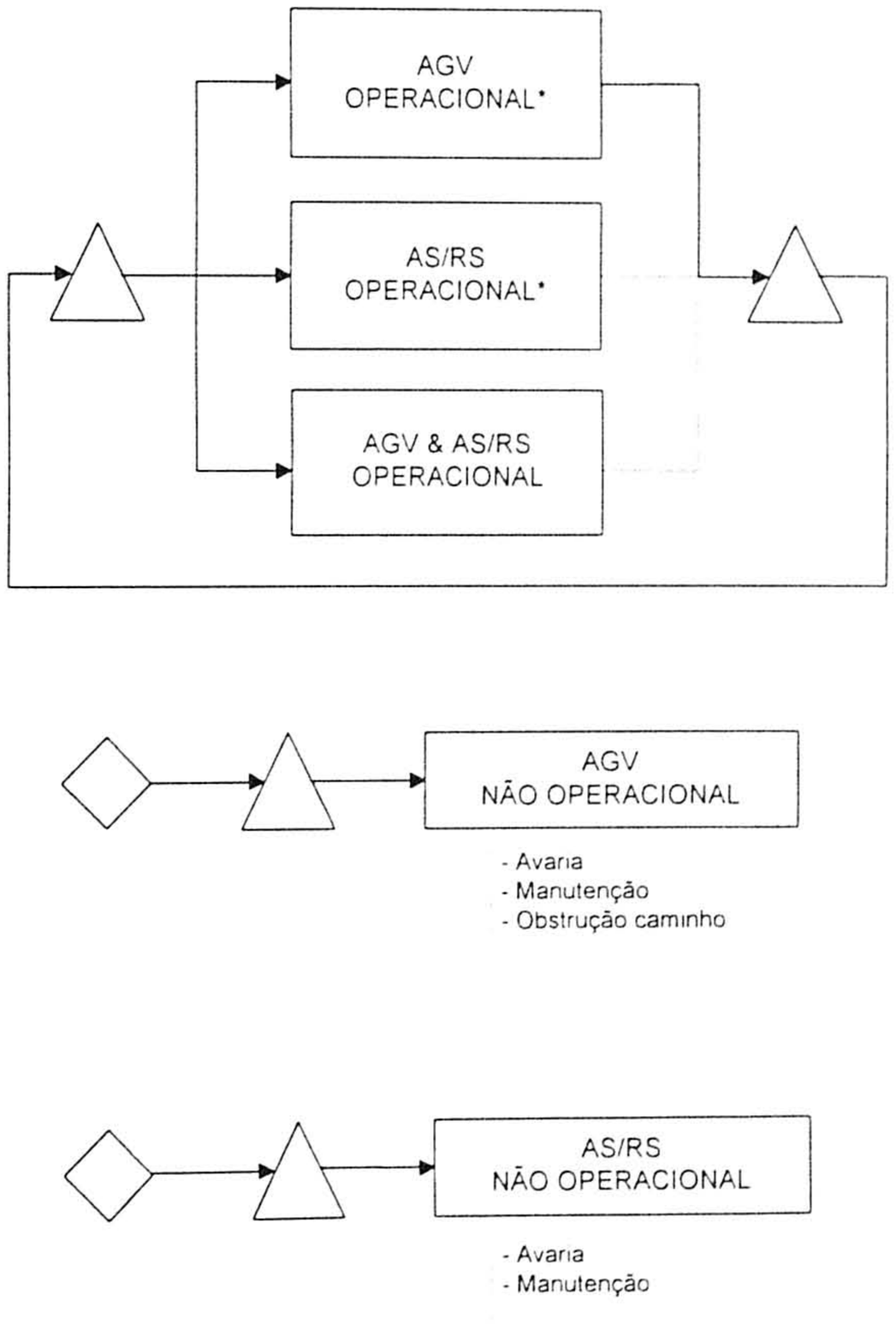


Fig. 71 - Estado *Em Serviço*

A ampliação do estado **AGV Operacional**, resulta como se mostra na Fig. 72.

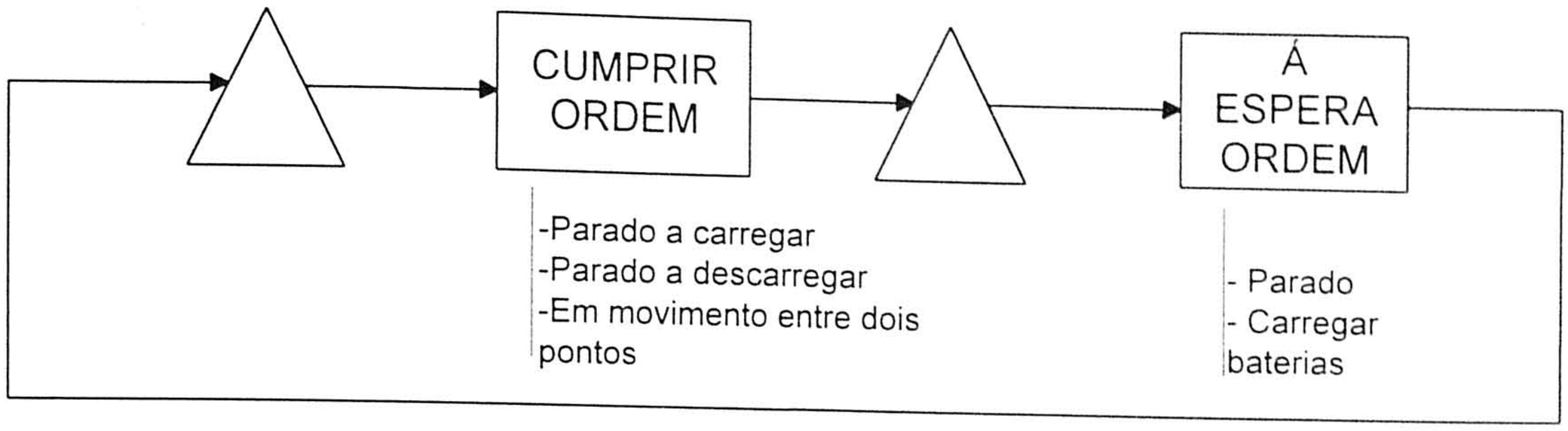


Fig. 72 - Estado *AGV Operacional*

A ampliação do estado **AS/RS Operacional** está representado na Fig. 73

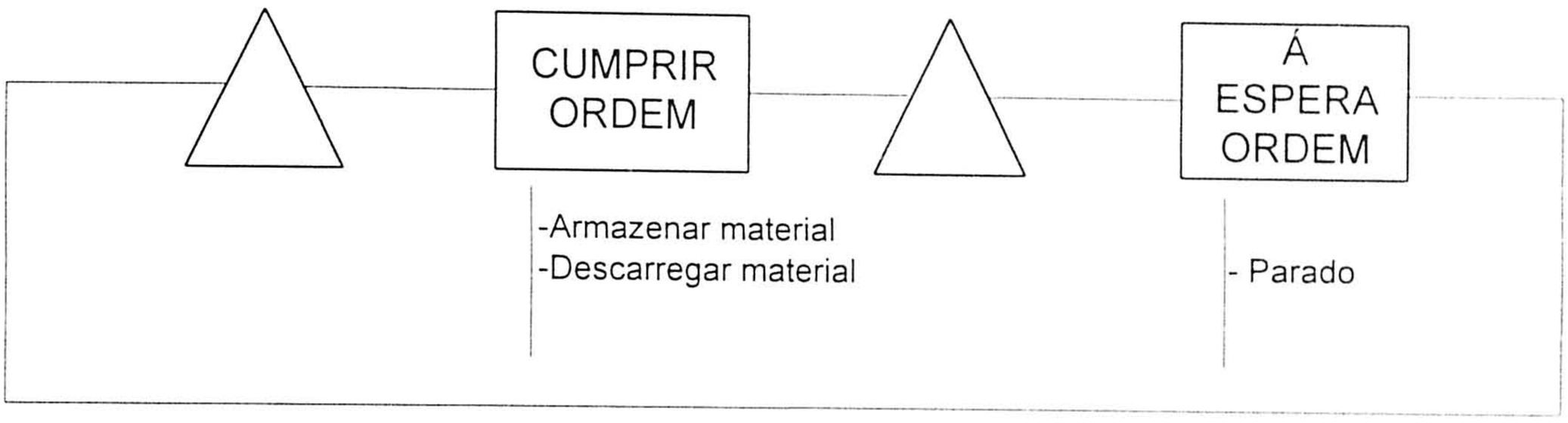


Fig. 73 - Estado *AS/RS Operacional*

6.3.2 Eventos/Operações AGV

A Fig. 74 mostra os eventos/operações do AGV.

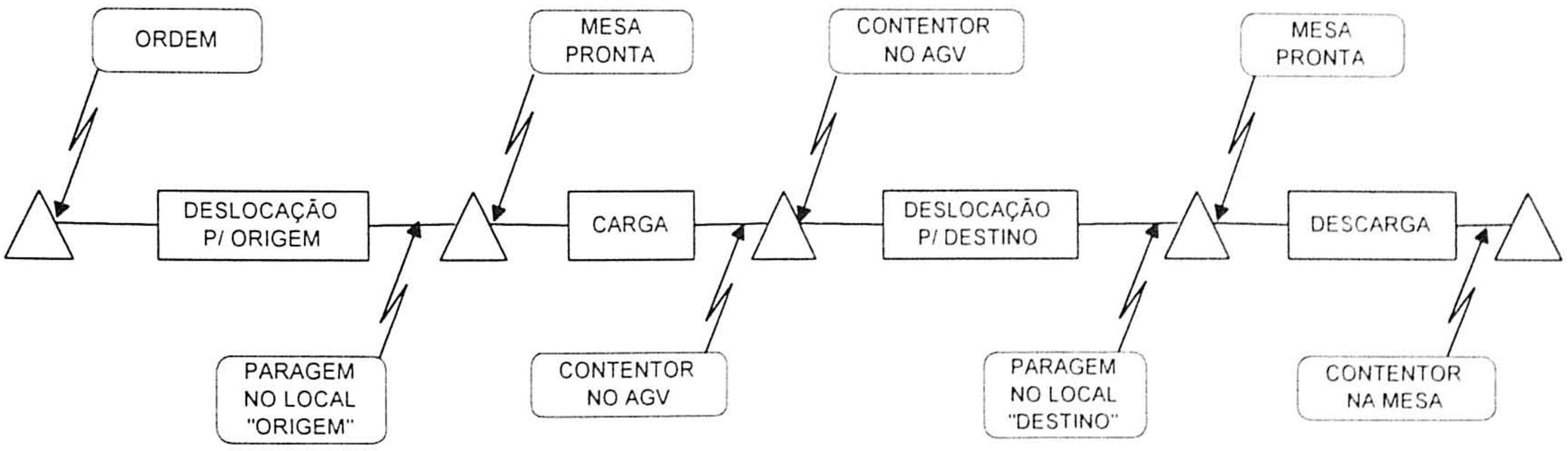


Fig. 74 - Operações do AGV

6.4 Célula de Paletização e Aferição de Ferramentas

6.4.1 Descrição das operações base

As operações básicas na célula estão representadas na Fig. 75.

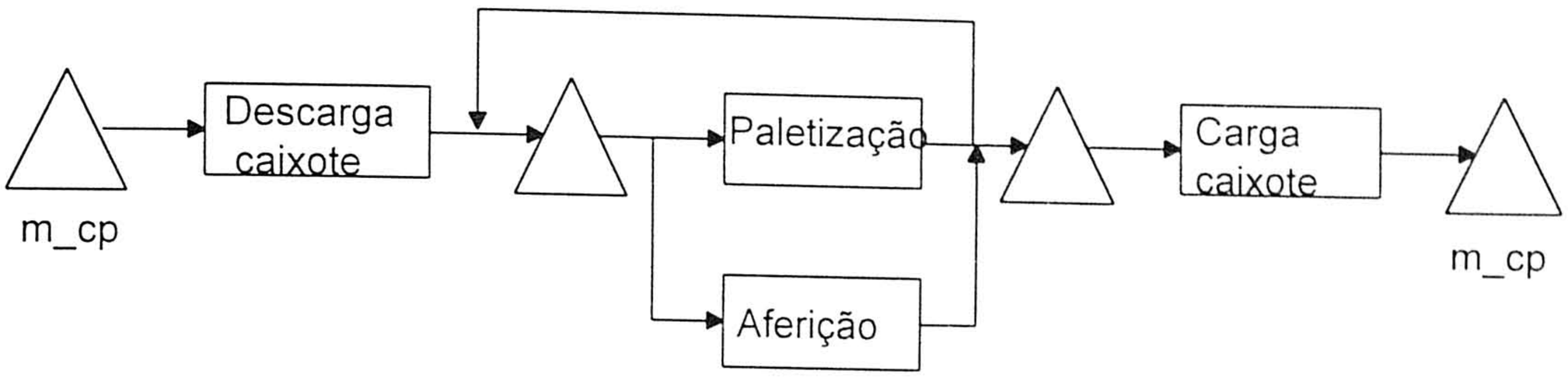


Fig. 75 - Fluxo de materiais na CP

O estado da célula pode ser representado como se mostra na Fig. 76.

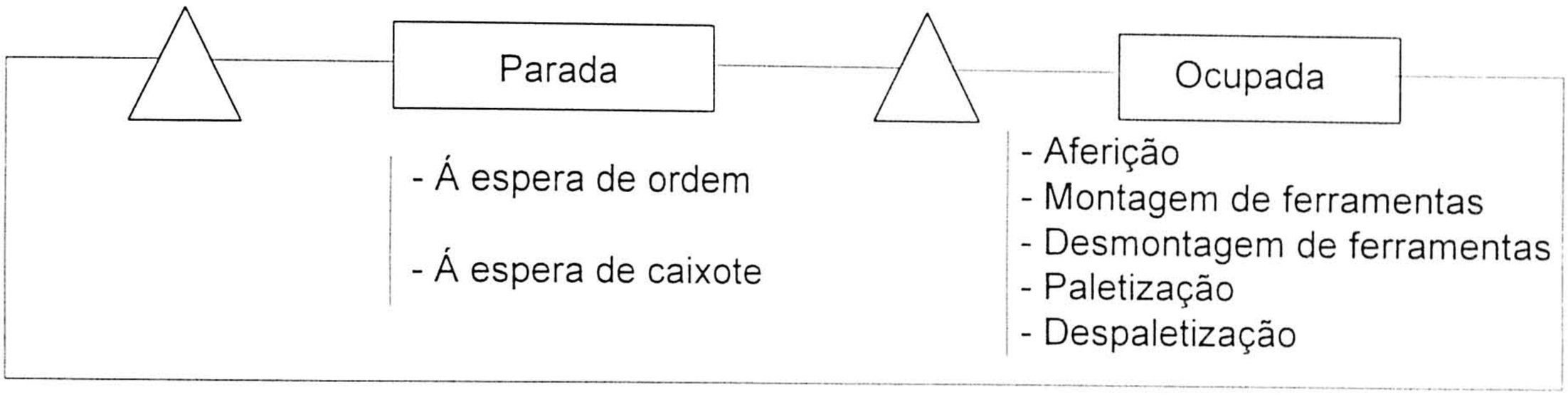


Fig 76 - Estados da Célula de Paletização e
Aferição de Ferramentas

Transpondo para um ´diagrama de estados´, podem ser observados quais os eventos que provocam mudança de estado (Fig. 77).

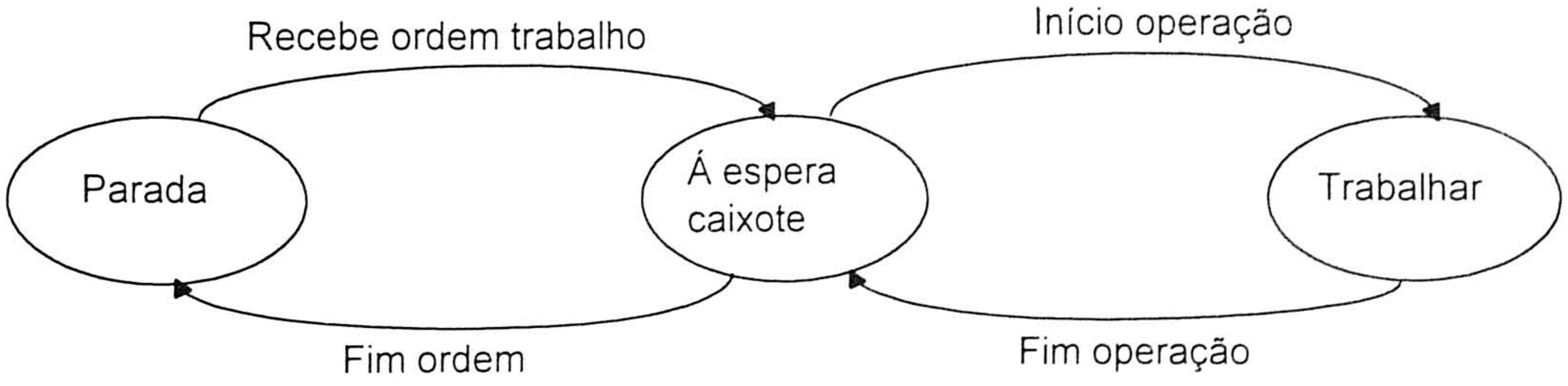


Fig. 77 - Diagrama de Estados da CP

Os casos de excepção possíveis na célula são os indicados na Fig. 78.

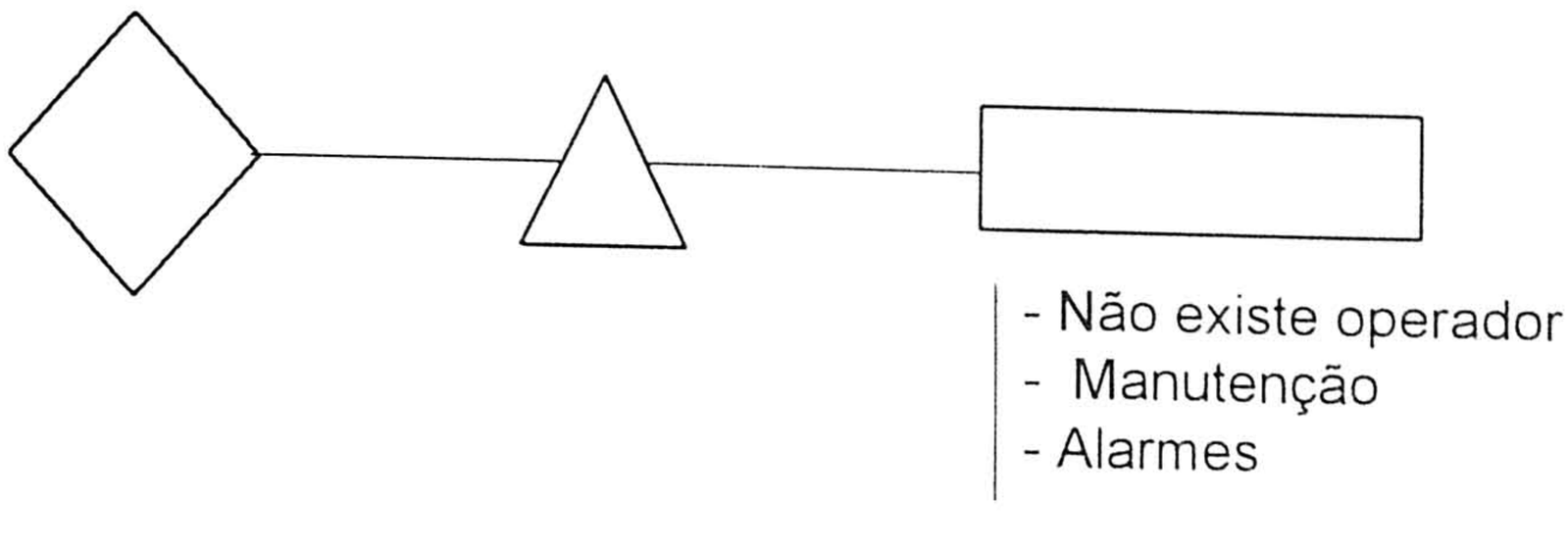


Fig. 78 - Estados de Excepção da CP

Dado que existe componente humana na célula, não será possível definir com exactidão os tempos das várias tarefas existentes. A unica operação em que as variações serão menos significativas será a aferição da ferramenta já montada e que será de aproximadamente 5 minutos.

O *descarregamento* e o *carregamento* do contentor são duas operações que são independentes do produto, enquanto a *paletização* e a *aferição* são operações dependentes.

Parte IV

Modelo CIM do CCP

7. Modelo CIM do CCP

O modelo CIM utilizado pelo CCP, na implementação do seu projecto 5629, pretendeu, de uma forma simples, concatenar uma série de princípios CIM já expostos noutros modelos e simplificá-lo, tanto quanto possível, por forma a permitir a sua utilização noutras implementações, mesmo que a indústria onde ocorram não seja a indústria metalomecânica.

O modelo é basicamente composto por três macro objectos, repositórios de módulos interligados, cujas funções são, no seu conjunto, capazes de realizar todas as funções do processo produtivo e, se necessário, possuir a capacidade de ajudar o conjunto a evoluir de forma integrada.

A comunicação do sistema com o exterior, se for uma tarefa devidamente realizada e analisada, garante que as alterações no mundo exterior se repercutam, no sistema produtivo, de forma evolutiva e não destrutiva. Por essa razão, o modelo do CCP agregou a um dos três objectos principais de implementação, módulos que, para além de permitirem uma visão imediata do processo produtivo, são capazes de analisar as futuras implicações que essas alterações exteriores produziram. A utilização de ferramentas de simulação do processo produtivo, não só durante o período de implementação mas principalmente sempre que se registam alterações do processo produtivo, do produto ou da variação dos recursos, viabiliza essa função de análise.

Os três objectos de integração são designados pelas suas funções principais:

—Planeamento e Gestão de Produção (PGP)

—Projecto

—Controlador da planta fabril (SFC)

Desde a encomenda do cliente, até à sua entrega, passando pela desenho do produto, análises de engenharia, preparação para fabrico em máquinas CNC, programação de robôs, aquisição de matérias primas, planeamento da produção, análise de capacidade produtiva, despacho das ordens de produção, (desde o nível hierárquico mais elevado até ao posto de trabalho) e monitorização da produção, tudo é assegurado pelos módulos de actividades que constituem cada um dos objectos.

O PGP deve assegurar as funções básicas do negócio. Deve, pois, manter e gerir as relações com os clientes, servir de canal de entrada aos requisitos dos novos produtos, assegurar a aquisição de matérias primas e componentes, gerir o inventário, garantir os serviços departamentais de pessoal e contabilidade e planear a produção através de uma visão temporal alargada dos recursos disponíveis e das suas capacidades. A comunicação directa com o Projecto e o SFC é garantida por uma infraestrutura de integração (que inclui uma rede de comunicação, protocolos de comunicação baseados em protocolos de baixo custo, mesmo que se tratem de protocolos "de facto", como o TCP/IP), é uma função não desprezível deste objecto e que é assegurada de modo recíproco pelos restantes.

O factor mais importante em qualquer integração é a Informação. O PGP deve gerir a sua informação e partilhar com os outros objectos apenas a relevante para cada um deles, por forma a garantir coerência e consistência sem que a replicação da informação seja necessária. Devido à elevada quantidade de informação necessária para a execução das tarefas do PGP, a

gestão dessa informação deve recorrer a aplicações que se dediquem exclusivamente a essa tarefa. Como já foi descrito anteriormente, quando da apresentação do modelo de Amherst-Karlsruhe, o tipo de gestores de informação varia muito nas formas de armazenamento e manipulação que utilizam; no entanto, e até este momento, nenhum gestor atingiu o grau de desenvolvimento apresentado pelos sistemas gestores de bases de dados relacionais (SGBD). Este modelo necessita de bases de dados que permitam a distribuição da informação por objectos distintos, mas como ainda estamos longe de poder ter um verdadeiro sistema gestor de base de dados distribuído, a melhor opção é a utilização de bases de dados distintas, com sistemas de gestão distintos, mas que permitam comunicar entre si, por forma a emular um ambiente distribuído. As bases de dados utilizadas são tantas quantos os objectos:

—Base de Dados de Planeamento

—Base de Dados do Projecto

—Base de Dados de Produção

A utilização de servidores de sistemas de armazenamento de ficheiros (*filesystem*) é uma forma complementar de partilhar informação entre os vários objectos. A utilização de aplicações específicas para implementar e gerir os servidores de *filesystem* é simples e de baixos encargos económicos, já que a sua existência em sistemas operativos distintos é uma obrigatoriedade de marketing. Algumas aplicações como NFS da Sun são possíveis de utilizar em mais de um sistema operativo (SO), outras aplicações são próprias de determinadas marcas de *software* (por exemplo: Windows For Workgroups e Windows NT da Microsoft), mas a grande maioria utiliza o TCP/IP como veículo de transporte.

A utilização de *software*, largamente divulgado, para desenvolver aplicações específicas de comunicação, é outro dos pontos importantes do modelo. A utilização de RPC (Remote Procedeur Calls) da Sun ou de desenvolvimento de aplicações que façam uso dos *sockets* disponíveis no TCP/IP são algumas das soluções possíveis para o desenvolvimento de aplicações de comunicação remota entre os objectos deste modelo.

A escolha dos sistemas operativos deve tomar em consideração factores tão díspares como a capacidade de variar o número de utilizadores, variar o número de processos que correm simultaneamente. Tomar, também, em consideração aplicações utilitárias que são embutidas no sistema operativo. Tem, também, em consideração a facilidade de encontrar várias aplicações para o mesmo fim em mercados tão distintos como o europeu ou o americano. Ainda as considerações de abertura a outros sistemas operativo e a capacidade de interface com o exterior, são importantes na sua escolha.

As linguagens utilizadas para desenvolver *software* com vista à integração, dependem apenas da facilidade e capacidade que os integradores dispõem para as manipular. No entanto, factores como a manutenção do *software* ao longo do tempo de vida do sistema e o desenvolvimento de novos módulos ou de novos canais de comunicação entre eles, obrigam a que a escolha das linguagens de programação tenham em vista não só a facilidade de execução das tarefas mas também a longevidade da linguagem, a sua modernidade, e também os custos, disponibilidade no mercado, e possibilidade de utilização dos programas em diferentes sistemas operativos. Entende-se por modernidade a utilização de princípios de melhoria de compilação com menor tempo de ocupação do processador, executáveis de

menores dimensões e maiores capacidades de programação - expostas em bibliotecas que permitem a sua fácil utilização pelos programadores.

As linguagem de programação mais comuns na implementação deste modelo são o C e o C++.

A linguagem de manipulação de dados depende do sistema gestor da base de dados. Neste momento as bases de dados relacionais são as mais aconselháveis, quer técnica, quer comercialmente, recomendando assim a linguagem SQL (System Query Language), como manipuladora de dados. A utilização desta linguagem está de acordo com o princípio de emprego de normas na implementação do conceito CIM (ANSI - SQL) A utilização de pre-compiladores para transformar a linguagem SQL noutras linguagem de programação, por forma a poder utilizar os dados armazenados em cálculos complexos é outro dos benefícios deste tipo de opção. Os pre-compiladores são normalmente fornecidos pelas empresas que comercializam sistemas gestores de bases de dados, como, por exemplo, o "Pro*C" que é fornecido pela Oracle para precompilação, para C, buscas SQL às bases de dados por si comercializadas. O "sqlc" é disponibilizado pela Ingres como precompilador, para C, das *querys* SQL para a sua base de dados.

A utilização de linguagem RPC, ou de sockets, em programas de C, é uma das possibilidades de comunicação com outros sistemas operativos ligados por redes TCP/IP.

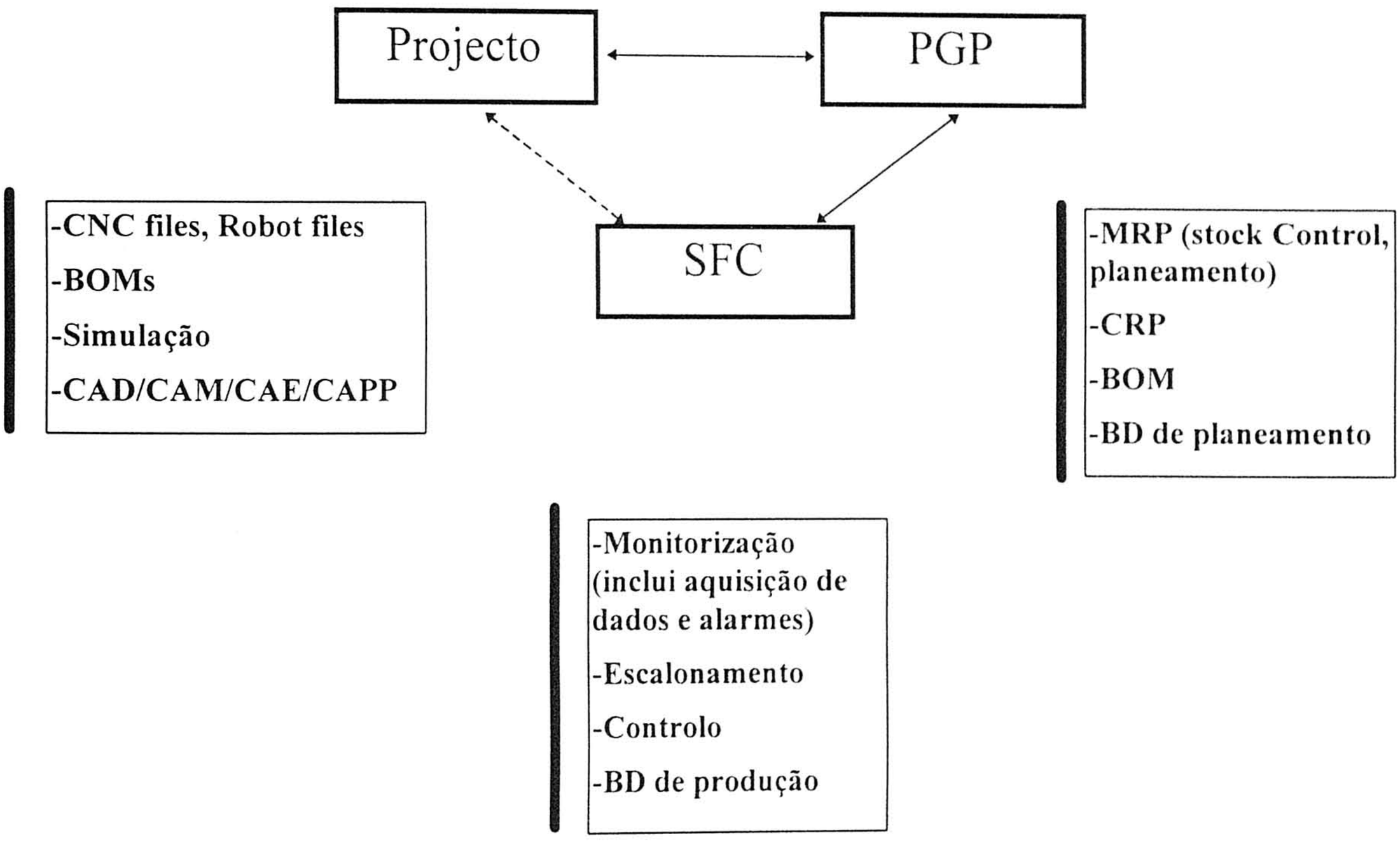


Fig. 79 - Modelo CIM do CCP

8. O PGP

Este objecto é o grupo de módulos cuja função é o negócio da empresa. Os grupos de módulos podem ser subdivididos em áreas, facilitando assim a compreensão do objecto PGP. Assim as áreas serão:

1. Comercial
2. Administrativa
3. Produção

A área comercial contém as funções de contacto com o mundo exterior, sendo responsável pela imagem que a empresa reflecte. Os meios utilizados nesse contacto devem ser variados para permitir um largo universo de interlocutores, criando uma perspectiva de mercado sempre mais alargado. Entre os meios de contacto mais utilizados contam-se:

- telefone
- fax
- correio

O mais recente meio de comunicação é o EDI (Electronic Data Interchange), que corresponde à utilização dos meios de comunicação, através de redes de computadores largamente utilizadas hoje em dia, para contactos entre empresas. Devido à utilização de computadores, os contactos podem ser processados de forma mais organizada, facilitando a distribuição interna da informação nas empresas em que o EDI é utilizado. A utilização das redes permite a comunicação rápida a baixo custo. Neste momento, a maioria das aplicações, disponíveis no mercado português, para utilização no PGP, já incluem nas suas funcionalidades a interface EDI.

A área comercial é comum a todas as empresas, apenas variando a forma e não o conteúdo. É função da área comercial o contacto com os fornecedores e a manutenção de toda a informação necessária para realização dos referidos contactos.

Dependendo da política comercial adoptada, o contacto com os fornecedores deve incluir módulos de prospecção periódica do mercado, de registo de preçários, de tempos de entrega, de condições de pagamento, de fiabilidade da entrega (quer de qualidade, quer de variação dos prazos de entrega) por cada tipo de item possível de fornecer e de todos os dados relativos aos fornecedores, os quais devem incluir o contacto comercial e o meio de comunicação preferenciais.

As empresas que comercializam equipamentos não são incluídas no grupo de fornecedores e os fornecedores de ocasião não são, normalmente, considerados em empresas tradicionais. Com o surgimento da necessidade de rápida adaptação das empresas ao mercado (Computer Integrated Manufacture Enterprise), essas informações necessitam de estar disponíveis para que a área financeira possa realizar, rapidamente, as suas análises, com base em dados reais.

O Contacto com os clientes é outra das funções da área comercial. Ligada a planos de marketing, esta actividade depende de empresa para empresa, havendo no entanto tarefas comuns. O registo de fornecedores, tendo em atenção o contacto comercial, as condições de

crédito cedidas e a frequência de encomendas e o seu montante são consideradas informações básicas nesta função.

A possibilidade de contactar possíveis clientes através de propostas comerciais, utilizando *mailing*, é uma funcionalidade comum a muitas aplicações comercializadas para esta área. A possibilidade de visualização imediata da conta corrente do cliente é uma necessidade comum a várias empresas, devendo essa informação estar acessível na parte administrativa, com as devidas precauções de segurança ao seu acesso.

A informação sobre os produtos ou famílias de produtos, através dos designados reconfiguradores, deve ser acessível através de ligações aos módulos que constituem a área de projecto.

A possibilidade de trabalhar na criação de produtos, a pedido do cliente, é actualmente uma necessidade imposta pelo mercado. O contacto com clientes cujas encomendas implicam o envolvimento do Projecto, criam problemas de resposta rápida por parte da área comercial, já que a orçamentação dos pedidos é um problema de difícil resolução; basta considerar que, mesmo com uso de referências por similaridade, a probabilidade de sobre-orçamentação e perda da encomenda é tão inconveniente como a subfacturação e os decorrentes problemas financeiros. A juntar às dificuldades de alocação de custos, acrescenta-se ainda a indefinição da morosidade da realização do projecto, com reflexos imediatos na fixação de custos, bem como na resposta a fornecer ao cliente quanto à data de fornecimento do orçamento. As razões expostas já são suficientes para que o Projecto inclua um módulo, apenas, para a gestão dos outros módulos; no entanto, as razões para a utilização desse gestor de projectos prende-se também com razões técnicas internas ao próprio Projecto.

A área comercial, quer nos contactos com clientes quer nos contactos com fornecedores, é responsável pelas acções de seguimento das encomendas, com as tarefas acrescidas de actuação sobre atrasos, falhas, etc., internas ou externas á empresa.

Para contactar clientes e fornecedores é necessário aceder aos dados e processos da área administrativa, mesmo para tarefas tão simples como saber que quantidade de um determinado produto existe em armazém para venda a um cliente.

A área administrativa inclui:

- gestão do inventário de todos os armazéns (excepto armazéns de WIP, como as mesas de transferência utilizadas pelo CATM),
- contabilidade,
- gestão financeira,
- gestão dos recursos humanos e
- gestão dos equipamentos de fabrico com planeamento de capacidade produtiva.

A gestão de inventário deve ser implementada tendo em conta a variedade de métodos de produção que se pretende implementar. Se a aplicação de gestão de inventário impuser a utilização de quantidade mínima ou de segurança, a utilização de *Just-In-Time* fica inviabilizada.

A gestão de inventário é responsável por viabilizar a análise financeira do *stock*. A análise ABC é um dos métodos normalmente implementados pelas aplicações de gestão de inventário.

Manter um registo actualizado sobre quantidades em armazém, encomendadas e necessárias ao longo de x unidades de tempo (normalmente semanas), é outro dos requisitos do gestor de inventário, para além de arquivar e manter informação genérica e estatística sobre cada produto ou item.

A contabilidade é uma área comum a todos os tipos de negócio, não variando as suas tarefas há longos anos, mesmo com alterações de políticas fiscais. Esta áreas regista gastos e benefícios por forma a definir o lucro.

A gestão financeira é uma área recente do PGP. Traduz a estratégia da empresa e recorre a análises e simulações em largos períodos temporais, visando a escolha de investimentos que garantam a longevidade da empresa. A sua ligação às outras áreas do PGP garante uma maior fiabilidade e rapidez nas decisões. A sua utilização num conceito CIM permite que a estratégia adoptada tome em consideração a realidade da empresa e que as mudanças se verifiquem de forma global.

A gestão de recursos humanos deve ser responsável pela manutenção de toda a informação relativa ao pessoal, salários, rendimentos, chefias e subordinações, faltas, etc..

O registo de actividades capaz de serem exercidas por cada indivíduo é necessário, para o Projecto e SFC, na criação de *routings* e na atribuição de postos de trabalho. A datação das actividades é outro dos requisitos para que a curva de aprendizagem seja convenientemente registada no rendimento dos indivíduos.

A ultima função - gestão dos equipamentos de fabrico com planeamento de capacidade produtiva - é uma das mais sensíveis, já que o método de produção utilizado é definido nesta função. Este assunto é sempre o de maior relevo na escolha dos módulos do PGP porque a programação da produção deve ter em vista a melhor utilização dos recursos e a sua rápida amortização. A implementação desta política vai fazer variar as capacidades da fábrica e rendimentos produtivos individuais (máquina a máquina) e de conjunto (célula a célula), fazendo com que os salários-máquina desses equipamentos variem conforme o método de produção utilizado.

A área de produção é a implementação do método de produção. As actividades de planeamento e envio de ordens de produção para o SFC são a essência das suas actividades. A consulta da árvore do produto, da sequência de fabrico (*routing*), dos recursos disponíveis (humanos ou não), das capacidades reservadas e disponíveis (com inclusão dos rendimentos) e da produção já planeada e em curso, são apenas algumas das consultas comuns a vários métodos de produção e que devem ser intrínsecas a esta área.

Entre os vários métodos de planeamento de produção possíveis de implementar por este objecto, existem alguns que são mais viáveis que outros, devido à sua disponibilidade comercial e à possibilidade de adaptação a vários métodos de produção (PUSH; PULL; JUST-IN-TIME; POR LOTES; PARA STOCK; Á ENCOMENDA; etc.). A utilização de métodos de planeamento como o MPS (Master Production Schedule), o MRP (Material Requirements Planning), ou mesmo MRP II (Manufacturing Resource Planning), é possível nesta área desde

que implementado de forma integrada, ou seja, que todos os módulos, dos diferentes objectos relacionados com esta área, reconheçam o método de planeamento implementado e ajam de acordo, na realização das suas tarefas.

A análise do MRP, como aplicação ou sistema de planeamento, é importante para compreender o funcionamento genérico do PGP. A grande maioria das aplicações comerciais, passíveis de utilizar como PGP, recorrem a este método como veículo integrador de todos os seus módulos. A grande maioria das aplicações comerciais com interesse para os outros objectos admitem interfaces com aplicações do tipo MRP, facilitando assim as tarefas de integração.

A abertura dos mercados e o constante desenvolvimento tecnológico, levou as empresas transformadoras a serem confrontadas com mercados extremamente voláteis, onde a elevada concorrência permite ao cliente exigir:

- quantidade,
- qualidade,
- rapidez,
- baixo custo.

Da satisfação destes requisitos depende a sobrevivência e expansão da empresa. Para ajudar a alcançar os requisitos atrás referidos, as unidades de produção necessitaram melhorar o seu processo produtivo, reduzir os encargos e aumentar a satisfação dos clientes. No intuito de alcançar estes objectivos, apareceram novas técnicas de produção ('Just-In-Time', 'Batch', etc.) que implicam a utilização intensiva de ferramentas de gestão.

Entre estas ferramentas encontra-se o Material Requirements Planning (MRP)., que, como foi referido anteriormente, satisfaz as restrições do PGP e é fácil de implementar devido á elevada variedade de aplicações comercializadas que este método permite. Por essa razão e porque o MRP é a apropriada para determinar as quantidades de itens a encomendar para:

- satisfazer as encomendas,
- reduzir *stocks*,
- reduzir o preço de venda,
- aumentar as vendas,
- redução dos custos de inventário,
- melhorar o serviço ao cliente,
- melhorar a resposta aos pedidos de mercado,
- permitir mudanças no planeamento de produção,
- atrasar ou cancelar ordens,
- mudar quantidades pedidas,
- avançar ou recuar datas de entrega aos clientes.

a sua descrição merece um destaque importante na apresentação deste modelo.

A nova geração de MRP (MRP II), para além de herdar as características do seu antecessor, é uma ferramenta de última geração, pois engloba a totalidade da "fábrica" desde a contabilidade, passando pela gestão de pessoal, gestão financeira, etc., e terminando no planeamento de produção. A interligação de todos o módulos do MRP II permite a gestão "óptima" da "fábrica".

Devido à complexidade do MRP II, centralizaremos a nossa atenção no MRP (o desenvolvimento de uma estrutura de informação para este é o desenvolvimento do suporte para o de segunda geração).

8.1 MRP

O MRP apenas resolve o problema das empresas no que concerne a materiais dependentes.

A abreviatura MRP é utilizada para definir três aspectos diferentes, mas relacionados, do Controlo e Planeamento de Produção.

O MRP está relacionado:

- com o cálculo básico para determinar os materiais necessários para a produção de um determinado produto final.
- num âmbito mais lato, com um sistema de informação que usa a relação dependência no controlo e planeamento das operações de produção.
- num âmbito ainda mais lato, com um sistema de informação com a abreviatura MRP II, que relaciona as áreas de Recursos Humanos e Financeira com o controlo e planeamento de produção.

A Técnica MRP - Calculador de requisitos

Relativamente a um determinado produto final, permite determinar que componentes, quantos e quando devem ser encomendados para estarem disponíveis quando necessários.

Não inclui o uso de *feedback* ou reescalonamento.

Close Loop MRP

Permite obter informações para o controlo e planeamento de materiais e capacidades necessárias ao processo produtivo.

Quando o MRP inclui *feedback* da área comercial e da produção é chamado Close Loop MRP.

A "American Production and Inventory Control Society" apresenta, assim, o conceito de Close Loop MRP:

> "Um sistema construído em torno do MRP que inclui as funções adicionais do Planeamento de Produção, Master Production Scheduling e Capacity Requirements Planning. Uma vez completas as fases de planeamento e os planos aceites como realistas e realizáveis, iniciam-se as funções de execução. Esta incluem: - o controlo dos *Input-Output* pelo *shop floor*, detalhados Escalonamentos e Dispatching, relatórios

antecipados dos vendedores e do *shop floor* sobre os atrasos, seguimento e controlo das compras, etc.

O termo *Close Loop* implica não só que estes elementos sejam incluídos no sistema mas também que exista *feedback* das funções executadas, para que o planeamento seja válido em qualquer altura."

MRP II- Manufacturing Resource Planning

Quando as capacidades do Close Loop MRP são estendidas às áreas Financeira e de Recursos Humanos é chamado de MRP II.

O objectivo inicial para o MRP II é planear e monitorizar todos os recursos de uma Empresa - produção, marketing, gestão financeira, engenharia, etc. - através de um sistema de *close loop* que gera relatórios financeiros. O segundo objectivo do MRP II é a simulação do sistema produtivo.

O MRP II, para além de herdar as características do MRP, é uma ferramenta de última geração, pois engloba a totalidade da "fábrica", desde a contabilidade à gestão de pessoal, gestão financeira, etc., até ao planeamento de produção. A interligação de todos os módulos do MRP II permite a gestão "óptima" da "fábrica".

8.1.1 VISÃO GERAL SOBRE UM SISTEMA MRP

O MRP é uma técnica potente de Planeamento e Controlo de inventários e produção.

Um sistema MRP cria escalonamentos, identificando partes específicas e materiais necessários para produzir um determinado produto final - e, ainda, o seu número exacto e as datas de encomenda e recepção.

Basicamente, o MRP efectua três importantes funções:

- Ordens de Planeamento e Controlo
- Prioridades no Planeamento e Controlo
- Providencia uma base de Planeamento de Capacidades .

MRP

Meta Principal : Controlo do inventário, determinação de prioridades de operações por item e planeamento de capacidade de produção.

Lema : "Levar os materiais correctos para o local correcto na altura exacta".

Objectivo : Melhorar o serviço ao cliente, diminuir quantidades do inventário e maximizar a eficiência produtiva.

O MRP é a ferramenta apropriada para determinar as quantidades de itens a encomendar para:

- satisfazer as encomendas
- reduzir *stocks*

- reduzir o preço de venda
- aumentar as vendas
- reduzir os custos de inventário
- melhorar o serviço ao cliente
- melhorar a resposta aos pedidos de mercado
- permitir mudanças no planeamento de produção
- atrasar ou cancelar ordens
- mudar quantidades pedidas
- avançar ou recuar datas de entrega aos clientes.

8.1.2 ESTRUTURA DE UM SISTEMA MRP

Input

Para um funcionamento correcto, o MRP tem que operar com informações existentes em vários ficheiros (*inputs*):

- Master Production Schedule (MPS)
- Bill Of Material file (BOM)
- Inventory Records file

MPS

O MPS indica a lista de produtos finais a serem produzidos, quantos e quando têm de estar prontos (Fig. 80).

Podemos definir 3 tipos de "Procura":

- Pedido do Cliente - data certa, quantidade certa
- Previsão de Mercado - baseada em estatística
- Procura de Peças Únicas - reparações, manutenção etc. Estas peças devem ser excluídas do MPS.

Depois de o MPS ser desenvolvido, o MRP pode ser usado para garantir que todos os materiais necessários estão disponíveis para que o MPS possa ser alcançado.

Desenvolver um bom MPS é o ingrediente chave no Controlo e Planeamento de Produção.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produto X	200			400		200	100			900
Produto Y		100	100		150		100		300	
Produto Z			100			200		200		100

Fig. 80 - Exemplo de um MPS

BOM

Define quais e que quantidades de matérias primas e componentes são necessários para produzir os produtos finais definidos no MPS. Contém informações sobre a composição e estrutura dos produtos.

É frequentemente designada por Estrutura de Produto ou Árvore de Produto.

A BOM pode ser vista como uma série de níveis em que cada um representa um estágio de produção até ao produto final. O nível mais alto, ou nível zero, representa o produto final; o nível abaixo representa os subprodutos que vão dar origem ao produto final; o nível a seguir representa os subprodutos que dão origem aos subprodutos e assim sucessivamente até ao último nível que representa as matérias primas.

Se todos os componentes idênticos ocorrerem no mesmo nível para cada produto final, então é mais fácil calcular o número total de componentes e materiais necessários para um determinado produto. A este tipo de árvore de produto chama-se expansão ao mais baixo nível de cada item, por oposição à árvore hierárquica.

Antigamente, os ficheiros de BOM eram do tipo *indented*, ou seja, identificavam completamente o produto e a forma como era produzido. Esta forma de arquivar a informação é ineficiente quando empregue em sistemas informáticos. Por esse facto, actualmente, as listas de um só nível são as mais utilizadas.

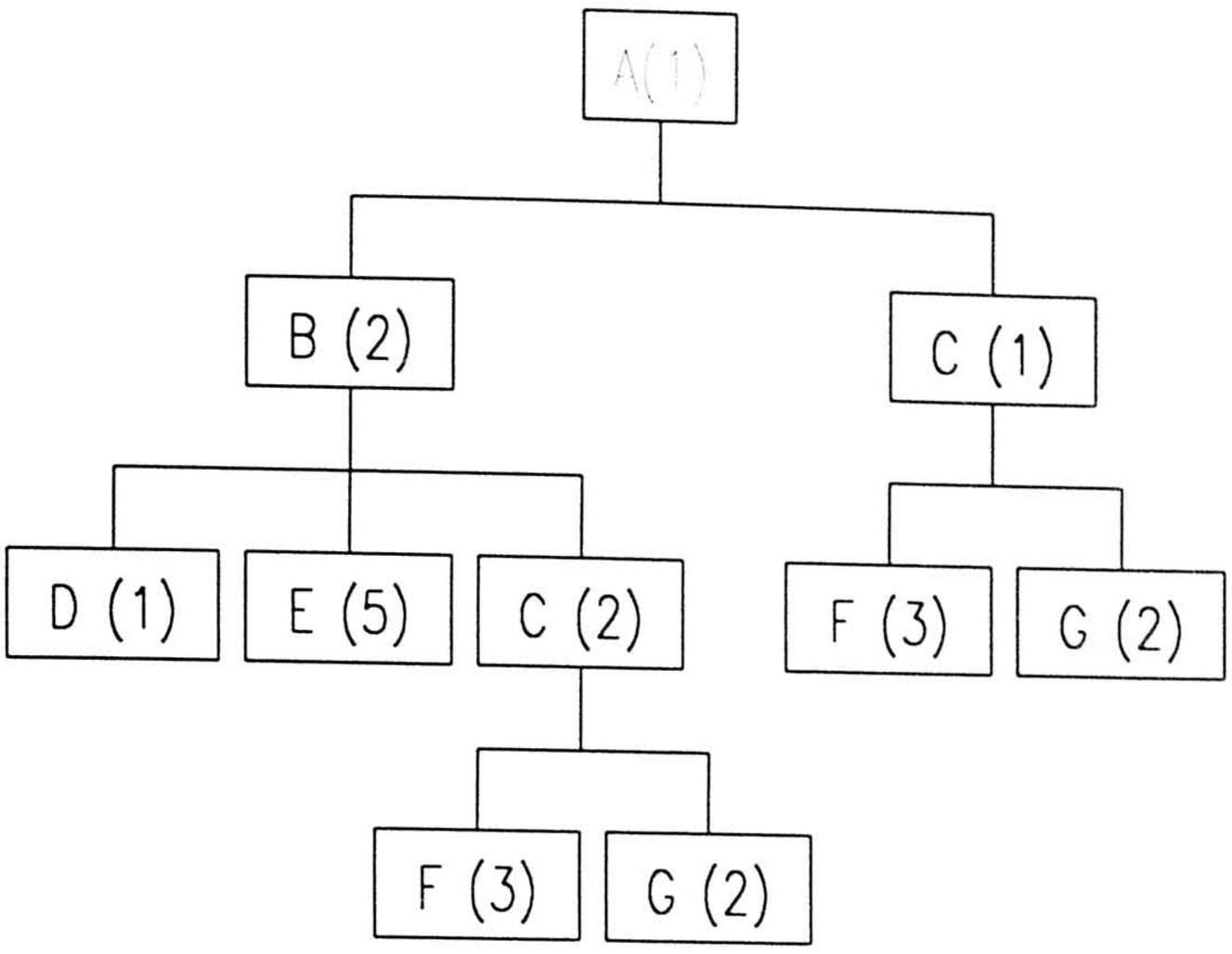


Fig. 81 - BOM -Àrvore de produto

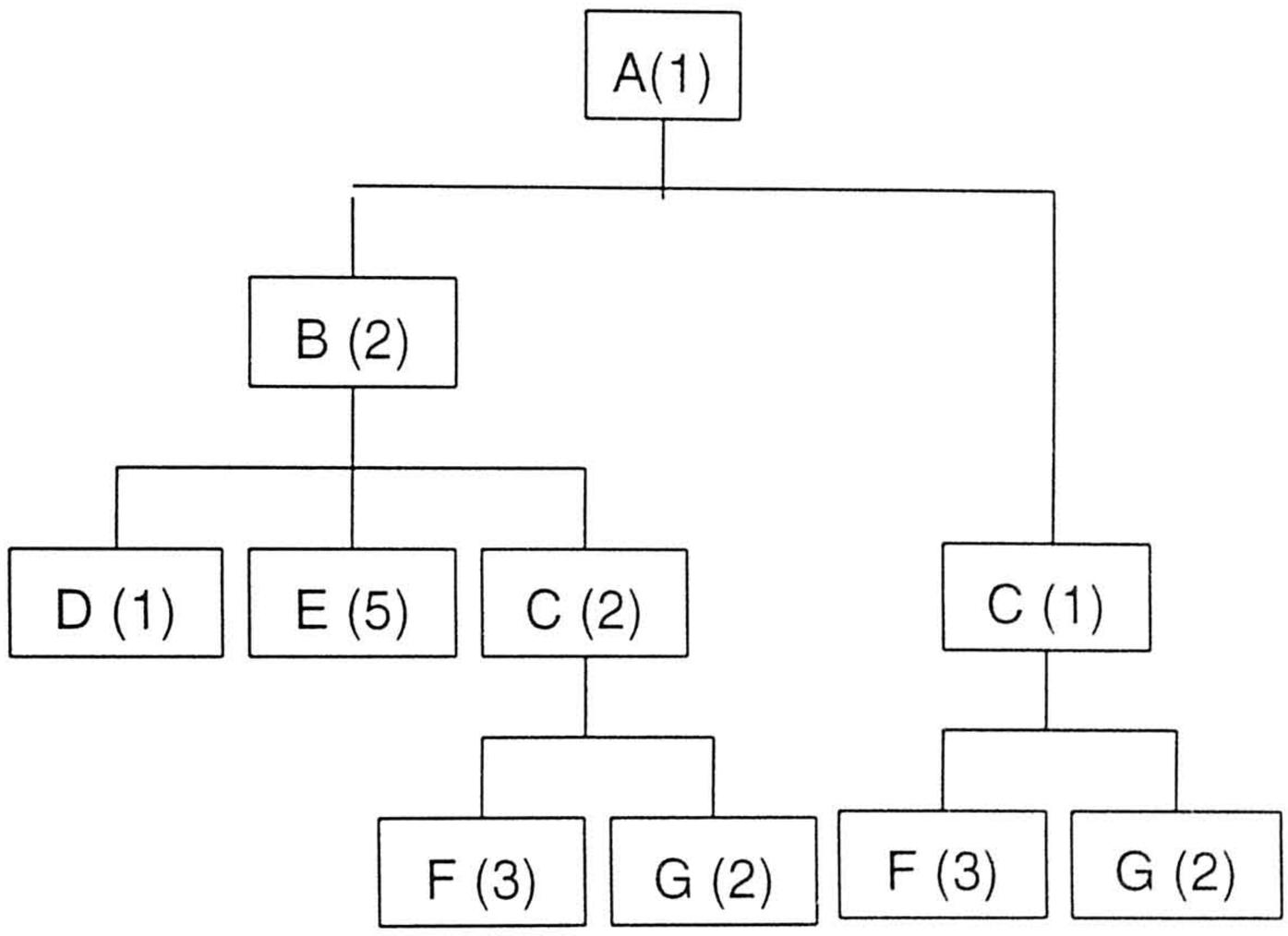


Fig. 82 - Expansão do produto ao nível mais baixo de cada item

```
A
        B(2)
                D(1)
                E(5)
                C(2)
                        F(3)
                        G(2)
        C(1)
                F(3)
                G(2)
```

Fig. 83 - Indented

```
A       B(2)
A       C(1)
B       D(1)
B       E(5)
B       C(2)
C       F(3)
C       G(2)
```

Fig. 84 - Lista de um nível

BOM modular é o termo empregue para designar um item que pode ser produzido e armazenado como uma submontagem. A utilização de BOMs modulares na produção de vários produtos provoca uma minimização do investimento total no inventário.

Se um produto é caro, ou o seu BOM é grande, é normal que esse produto seja arquivado neste ficheiro através dos seus subcomponentes e não como um produto final.

Um BOM de planeamento inclui opções de fracções opcionais, ou seja, se nele está especificado 0,3 de um componente, isto quer dizer que 30% das unidades produzidas utilizam esse componente.

Inventory Records File

Ficheiro onde se encontram definidos todos os artigos com as existências actuais e calculadas para o futuro.

Deve ser constantemente actualizado.

O ficheiro é dividido em três segmentos:

- Master Data Segment - identificação dos artigos
- Inventory Status Segment - estado actual e futuro dos artigos
- Subsidiary Data Segment - ordens de encomenda, rejeições, alterações de engenharia, etc.

Artigo:					
Stock seguro: 25	lote ec:		l.time:		
Semana	1	2	3	4	5
Existencias	150	100	30	25	25
Recebimento esperado					
Necessidades brutas	50		10		10

Fig. 85 - Inventory status file

Um dos principais argumentos contra a utilização de stock de segurança é o de que o MRP nunca permitirá a sua utilização, considerando essa quantidade fixa (capital imobilizado).

A utilização de lotes económicos só deve ser encarada para componentes básicos ou matérias primas (se utilizado em produtos finais, obriga à aquisição/produção de um elevado número de componentes, sendo esse número tão mais elevado quanto maior for o número de níveis do produto).

Existem vários métodos para determinação do lote económico:

L4L - método do lote por lote

LUT - método do menor custo por unidade

LTC - método do menor custo total

Output

Um sistema MRP gera uma grande variedade de relatórios que podem ser utilizados no Planeamento das operações de produção.

Os Outputs podem ser divididos em dois tipos:

— **Primário** - Output principal, usado para o controlo do inventário e de produção. Permite:

- Planear encomendas
- Cancelar ou suspender encomendas
- Inventory Status

- Realizar mudanças nas datas de entrega, devido a mudanças de planeamento

—**Secundário** - Relatórios adicionais, que são opcionais num sistema MRP:

- Relatórios de planeamento - ex. forecast das necessidades
- Relatórios de performance - tempos de encomendas previsto/actual, quantidades encomendadas/custo
- Relatórios de falhas - atrasos na entrega das encomendas, excesso de desperdícios, falhas no stock.

Funcionamento de um sistema MRP

O funcionamento do MRP pode ser descrito pelo da Fig.86.

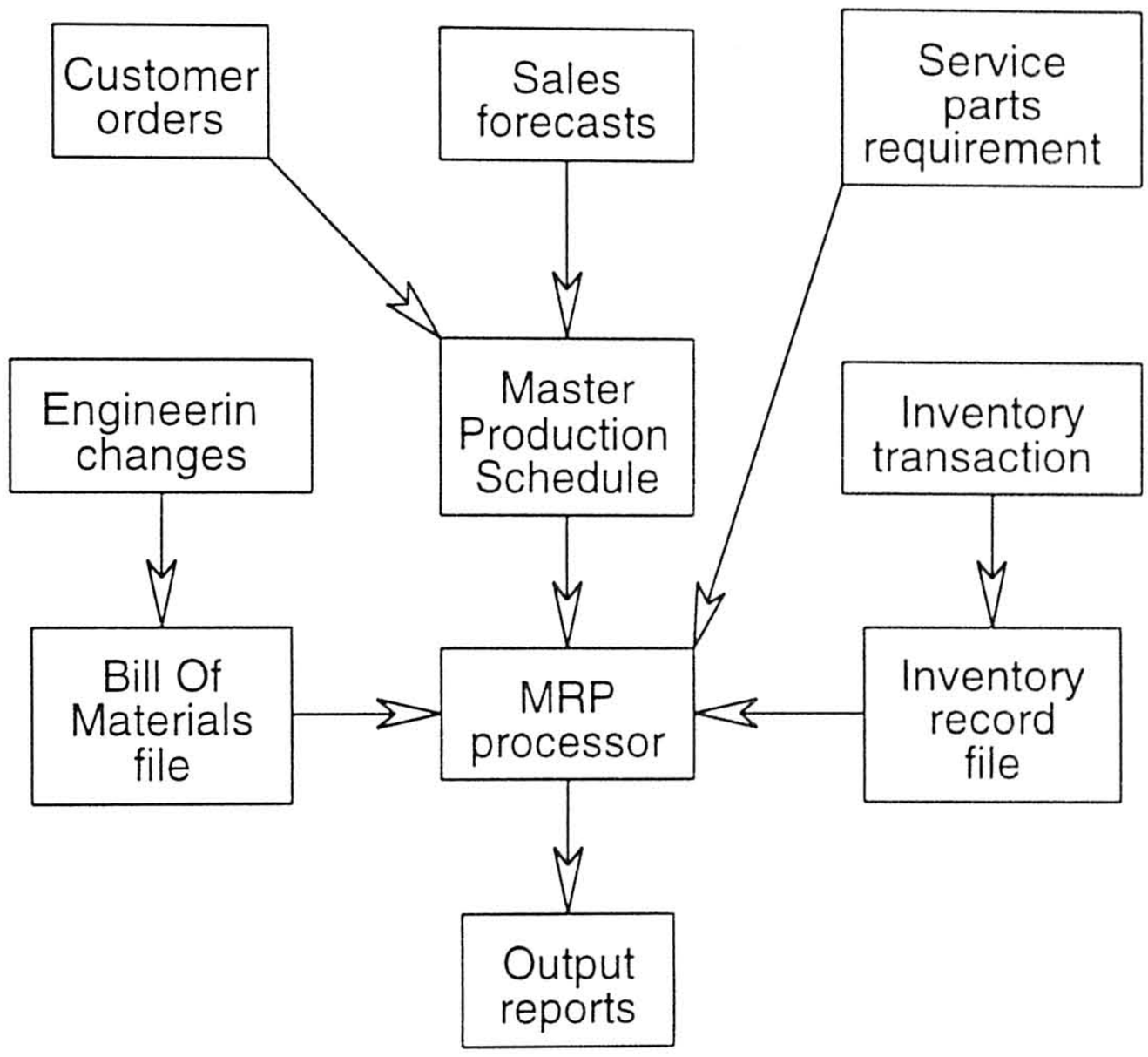


Fig. 86 - Estrutura do MRP

As encomendas dos clientes e previsões de vendas são programadas para a produção pelo Master Production Schedule (MPS). O protótipo do produto é desenvolvido na área de engenharia e gera uma entrada num ficheiro chamado Bill Of Materials (BOM), onde estão discriminadas as quantidades, subcomponentes, componentes, matérias primas e sequência na cadeia de produção (tempos, etc.). O Inventory Record é um ficheiro sobre o stock de matérias primas, Work-In-Process, componentes, subcomponentes existentes e encomendados.

Estes três módulos alimentam o MRP de forma que este possa gerar ordens de encomenda dos itens necessários à sua satisfação.

O MRP também deve considerar as necessidades de subcomponentes para reparações, substituições, etc. Estas necessidades não são entradas para a determinação do MPS (uma vez que não se trata de produtos finais), mas são entradas directas do próprio MRP.

Adaptações do MRP

Sistemas Net Change

O MRP é um sistema que se corre periodicamente: - semana a semana ou de duas em duas semanas. Isto resulta numa completa explosão de itens e na geração de relatórios normais e de excepção. Para poder incorporar as últimas modificações de escalonamentos de produção e/ou novas informações sobre as condições existentes, o MRP é um processo demasiado complexo e demorado.

Para solucionar este problema, alguns MRP oferecem a possibilidade de gerar escalonamentos intermédios, chamados Net Change Schedules, no qual o processo gerado é apenas relativo às alterações introduzidas, restringindo assim a complexidade do sistema.

8.1.3 CONCLUSÕES

Quando é correctamente desenvolvido e implementado, o MRP pode providenciar numerosos benefícios para as várias áreas funcionais de uma empresa.

Vamos referir alguns desses benefícios associados às várias áreas funcionais:

Inventário - MRP permite o controlo do inventário reduzindo, a quantidade de stock

Produção - Os recursos humanos e financeiros podem ser melhor utilizados, pois pela informação do MRP podem coordenar-se as encomendas de materiais dependentes uns dos outros. Redução de tempos mortos entre trabalhos.

Vendas - MRP permite prever se a data de entrega ao cliente é possível, aumentando assim a capacidade de negociação da empresa.

Engenharia - MRP ajuda a planear o tempo de desenho e de modificações a realizar nos produtos e bem assim, a sua implantação..

Planeamento - MRP permite Simulações de modificações no MS para avaliação e previsão das necessidades de equipamento e logística.

Compras - MRP recomenda mudanças nas datas de recebimento das encomendas.

Escalonamento - MRP permite um melhor escalonamento (Planeamento) através do conhecimento das prioridades.

Finanças - MRP facilita um melhor planeamento das necessidades financeiras e dos movimentos de tesouraria.

Em menos de duas décadas, o MRP passou de uma simples aplicação para determinar tempos e necessidades de materiais, para um sistema MRP II que realiza as principais funções de organização.

8.2 Os Focos de Integração do PGP

O PGP intercomunica com os dois outros objectos deste modelo recorrendo a TCP/IP no estabelecimento de um servidor de *filesystems*, via NFS, e no de aplicações específicas via RPCs.

Com o Projecto partilha a seguinte informação:

- fornecida pelos clientes, no pedido de novos produtos ou orçamentos
- árvores de produtos (BOMs)
- sequências de produção (*routing*)
- tempos de maquinação
- ferramentas utilizadas
- definição de requisitos de *setup* (mordentes para as máquinas, etc.)
- garras para os robôs
- definição de submontagens
- matéria prima utilizada
- testes de controlo de qualidade a efectuar por produto

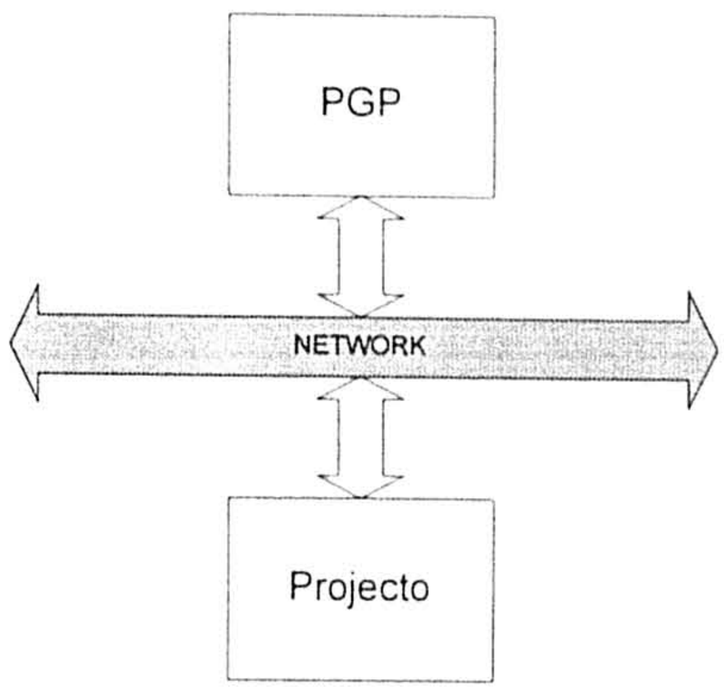


Fig. 87 - Ligação PGP/Projecto

Com o SFC a partilha de informação é mais frequente e inclui:

- data de entrega do produto
- quantidade
- data de possível início de produção
- operação
- tamanho do lote
- estado das ordens de produção

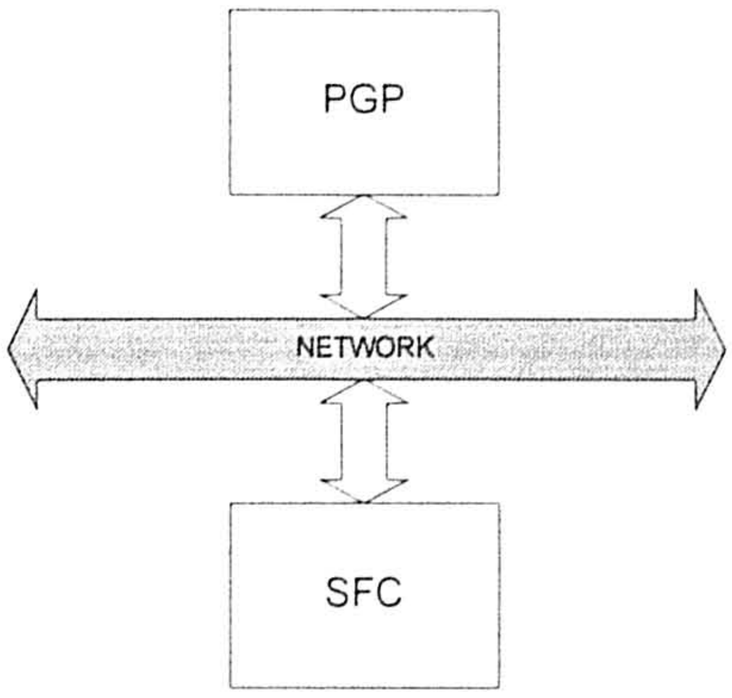


Fig. 88 - Ligação PGP/SFC

Como características suplementares, podemos ainda referir:

- O PGP obriga à utilização da aplicação (ões) por mais de um operador em simultâneo (*multi-user*) e em locais físicos distintos (normalmente agrupados geograficamente por departamentos, tendo em atenção que a tendência actual é para agrupar os serviços administrativos de várias unidades de produção num único departamento que comunica com as suas "fábricas" através de WAN).

- O PGP necessita de facilidades de comunicação com outras áreas da fábrica. Como já foi referido anteriormente, a necessidade de recorrer a redes de comunicação é comum a qualquer modelo de integração, logo é necessário garantir que as aplicações podem fazer uso de redes de forma interactiva ou, pelo menos, bidireccional.

- O software de PGP deve ser modular e permitir os conceitos de integração de produção (*open system*). A modularidade permite a escolha entre vários métodos de produção, admitindo alterações no futuro sem que todo o *software* tenha de ser alterado.

- O SW de PGP deve permitir a utilização de uma Base de Dados (BD - com mais de um utilizador em simultâneo) independente (de outra marca). Assim é garantido o princípio de partilha de informação, indispensável à implementação do conceito CIM. Outro beneficio é o da possibilidade de manipulação dos dados armazenados através de uma "porta traseira".

A escolha do sistema operativo (SO) é um passo na redução do universo de escolha de *software* para PGP, ou qualquer outro objecto deste modelo. Para além das características impostas pela "descrição da aplicação" (ou aplicações) feita anteriormente, acresce ainda:

- O SO deve ser multi-processo e permitir o futuro desenvolvimento do PGP por:

  —desenvolvimento de novas aplicações (ou de novos módulos)

  —aquisição de novo SW (ou de aplicações que substituam as existentes)

  —novas opções (acréscimo das funcionalidades do PGP)

Dos vários SO existentes no mercado, neste momento, podemos referir que, numa análise pouco profunda, os principais atributos que os definem são:

DOS

- *single user*
- *single process*
- não permite o acesso remoto às suas aplicações

Novell

- há quem se refira a este SO como "distribuído"
- estabelece a estrutura cliente/servidor
- *single process* para cada um dos utilizadores

VMS

- ultrapassado (as novas plataformas da Digital, como as da Alfa, foram introduzidas no mercado com o sistema operativo Unix)

Sistemas proprietários (S36/IBM; AS400/IBM; etc.)

- sem liberdade comercial
- não é um sistema aberto
- dificuldades de comunicação de e para o SO
- ultrapassado na sua concepção

Windows NT

- implementa a estrutura cliente/servidor
- durabilidade duvidosa devido ao lançamento de outros SO pela mesma *Software House*

Windows 95 (Chicago)

- em fase de comercialização

OS2

- poucas aplicações comercializadas para este SO
- durabilidade duvidosa devido ao aparecimento de outros SO

Linux

- experimental
- não tem segurança comercial

Unix

- em *boom* comercial
- *multi user*
- *multi process*
- barato
- bom mercado
- garante evolução

A escolha recai, na maioria dos casos, no SO Unix. No entanto, raras são as implementações que não vão utilizar sistemas já instalados e adaptar o *software* existente ao conceito CIM. A implementação de CIM ao mesmo tempo que se estabelece a própria unidade de produção é um caso raro. O mais vulgar é "herdar" um elevado número de módulos que constituem o PGP e o Projecto, apesar de não estarem integrados, e ter de desenvolver um SFC à medida da UP, realizando a integração do desenvolvido e do existente, com o objectivo de replicar o modelo.

9. A escolha do CCP para o objecto PGP

A aplicação (ou aplicações) a adquirir para formar o PGP teria de correr sobre um SO Unix, deveria ainda ser modular e ser comercializada como tal.

O método de MRP é utilizado no planeamento, com análise de capacidades dos recursos produtivos face à produção planeada (próximo do MRP II), permitindo a utilização de conceitos de produção tão distintos como a produção por lotes, por encomenda, recorrendo a MPS, repetitiva e de projecto.

O PGP deve ter capacidade de gerir e controlar o inventário, incluindo todas as funcionalidades que essa actividade implica.

As ferramentas de gestão dos recursos produtivos devem fazer a análise e o controlo das capacidades, recorrendo às definições de capacidade finita e infinita, fixada pelos métodos de planeamento "para a frente" e "para trás".

A utilização de uma base de dados independente é uma necessidade fundamental, como já foi referido.

A utilização de aplicações, que contenham ferramentas de adaptação permite uma melhor integração, recorrendo a adaptações de *software* em vez de adaptações do modelo.

A escolha do CCP deve permite o desenvolvimento de aplicações ou de novas funcionalidades, de forma a aceitar a comunicação e partilha de informação com as funcionalidades existentes.

A aplicação (ou aplicações) deve ser independente da interface gráfica utilizada (terminal ASCII, "WorkStation X", remotamente via emulador_X).

Após uma consulta prolongada ao mercado Português, o CCP optou por uma única aplicação, o TRITON 3.0b da BaaN International - Holand, representada pela AIS - Lisboa.

É uma aplicação modular dos quais apenas se implementaram os seguintes:

TRITON Distribution

- Distribution Master Data
- Purchase Control
- Purchase Inquiries
- Sales Control
- Inventory Location Control

TRITON Manufacturing

- Manufacturing Master Data
- Production Control
- Production (Order) Planning
- Material Requirements Planning (MRP)
- Capacity Requirements Planning (CRP)

Master Production Scheduling (MPS)

Repetitive Manufacturing

TRITON Tools 6.0

TRITON Tools Customizing

TRITON Base

Data Base Driver for Oracle

TRITON Shell

Data Base Driver for TRITON Base

TRITON Graphical User Interface

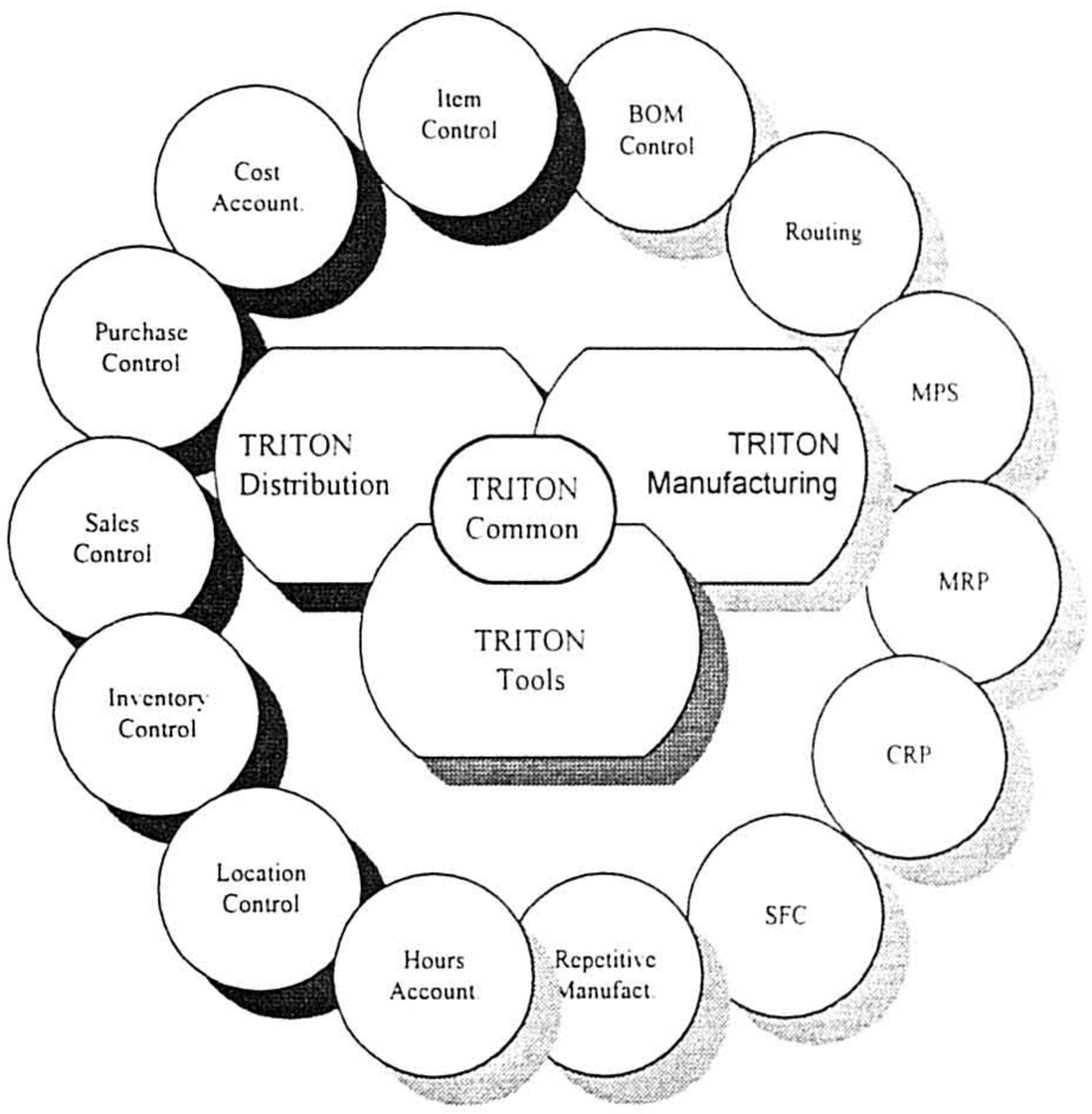


Fig. 89 - Módulos do Triton

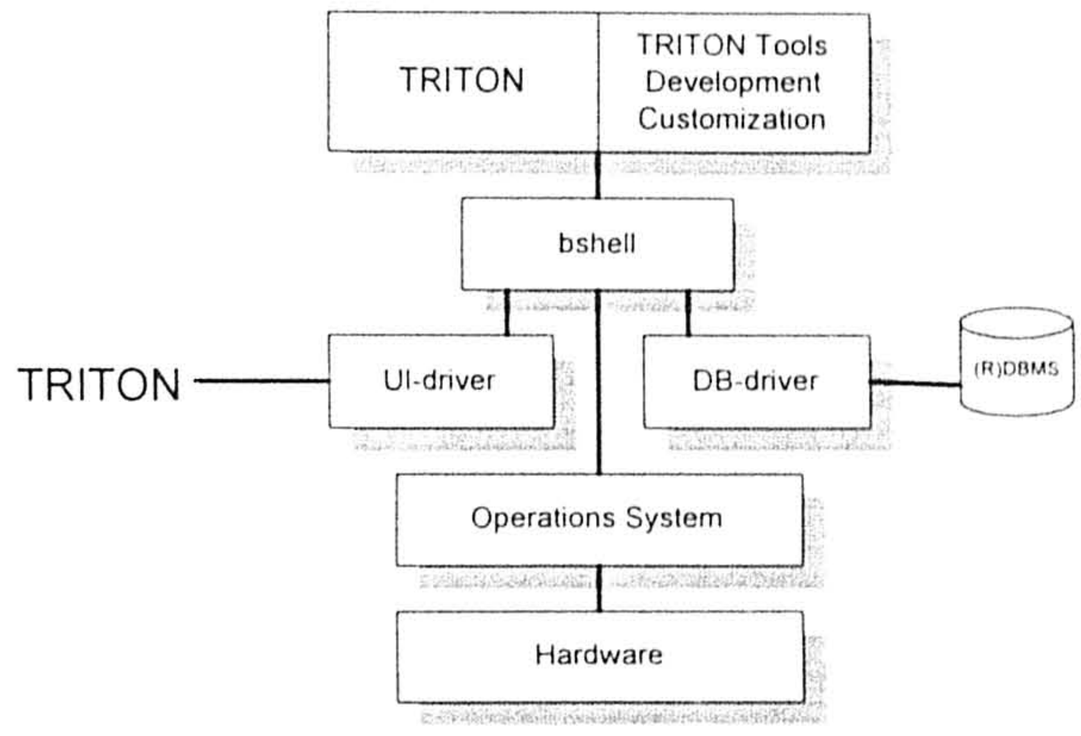


Fig. 90 - Concepção do Triton

A plataforma escolhida, foi um RISC 6000 modelo 250 da IBM, composta por:

POWERstation com um processador Power PC 601 a 80mhz

Adaptador de Ethernet

Disco 2 GB SCSI-2 (3.5")

3.5" 2.88 MB Diskette Drive

Ecrân de 20" POWERdisplay

RAM 4 SIMM de16 MB

Tape 8mm 5 GB

O sistema operativo é o AIX 3.2.5 e ambiente gráfico AIXWindows 1.2.5 (X11R5).

O Triton 3.0b permite a utilização de várias bases de dados - através da aquisição de *drives* específicos - para além de se poderem utilizar ficheiros indexados através de um gestor próprio da BaaN, incorporado no Triton e designado por Bisam.

Apesar de existirem no mercado vários SGBD relacionais, aquele que oferecia mais funcionalidades, que fornecia mais ferramentas para criação de aplicações de manipulação de dados e cujo custo se encontrava dentro dos limites orçamentados é o sistema fornecido pela Oracle.

Neste momento, a versão 7.1 da Oracle, o CDE (ambiente gráfico de desenvolvimento de aplicações que correm sobre a base de dados) e o Pro*C (pre-compilador para C de programas SQL) estão implementados na mesma plataforma que o Triton.

A escolha da base de dados teve em atenção a possibilidade de comunicação e partilha de dados com os outros sistemas de gestão de base que servem os outros dois objectos deste modelo.

A utilização de emuladores de terminais X para PC-DOS foi uma necessidade, já que a amicabilidade das aplicações é uma das razões da sua escolha.

10. O SFC

Este objecto tem como actividades fundamentais:

- escalonamento fino
- despacho das ordens de produção
- monitorização
- manutenção

O SFC é um supervisor da planta fabril. As suas capacidades implicam que a escolha das plataformas considere factores tão díspares como a necessidade de controlo em tempo-real, ou a utilização de interfaces gráficas com os utilizadores, ou a necessidade de implementação de protocolos de comunicação com as máquinas ou, ainda, a capacidade de cálculo.

A facilidade com que se pode implementar um *layout* de tipo *job shop* ou de "células/grupo-de-tecnologias" e o facto de o controlador da planta fabril se adaptar sem envolver esforço/custos/tempo/etc. excessivos (ultrapasse o previsto no projecto), é um factor de grande importância na escolha da(s) aplicação(ões). Mas neste aspecto, o grande objectivo é obter um objecto que se adapte a qualquer tipo de concepção fabril, mesmo a *layouts* mistos.

Este objecto é o responsável pela coordenação/controlo de todas as comunicações fabris. A implementação de uma estrutura de canais de comunicação e a sua manutenção está a cargo do SFC. Na implementação desta estrutura, o principal objectivo é não causar atrasos à produção devido a atrasos na comunicação, ou seja, os recursos estarem parados porque o controlador do *shop-floor* não conseguiu fazer ainda o despacho da ordem seguinte.

A apresentação das funcionalidades deste objecto vai trazer algum esclarecimento sobre as possíveis escolhas de *software*.

10.1 A monitorização

Há vários tipos de monitorização:

- das ordens de fabrico (OF)
- das operações
- do fluxo de materiais
- dos recursos
- etc.

Qualquer dos tipos ou combinações, escolhidas vai depender das necessidades individuais de cada implementação. No entanto existem duas análises de dados que são comuns a qualquer escolha:

— análise do estado actual

— análise histórico/estatística

A análise do estado actual é possível quando se recorre a monitorização quase em tempo-real. Implica a utilização de dispositivos gráficos para apresentação ao utilizador - segundo o princípio: "uma imagem vale mil palavras" - e implica um conhecimento perfeito da unidade de produção para que a necessidade de informação seja suprida com um mínimo de processos informativos, para que o utilizador não seja "afogado" em dados. A monitorização de possíveis engarrafamentos ou de operações susceptíveis de causarem rupturas ao escalonamento (como todas aquelas que utilizam recursos produtivos escassos) é normalmente a operação a implementar primeiro.

A análise histórico/estatística é implementada pelo recurso à monitorização contínua ou amostrada-periódica, mas constante. Permite ao utilizador avaliar o processo produtivo globalmente e não num só instante. Esta análise fornece dados não só para o escalonamento, mas também para outros objectos, como por exemplo o PGP no que diz respeito ao planeamento.

A utilização de SGBD para armazenamento destes dados facilita a sua manipulação e apresentação, ao mesmo tempo que permite a sua utilização por outras módulos.

A comunicação, dentre as várias funcionalidades do SFC, é outro importante factor. Por exemplo: se o módulo de manutenção indicar uma avaria num determinado recurso produtivo, a monitorização deve apresentar e registar a sua ocorrência. O escalonamento deve desviar e reescalonar as ordens de fabrico para esse recurso e o despacho deve receber informação para não enviar mais OF para o referido recurso, bem como informar sobre as OF pendentes na fila de despacho e ainda não enviadas.

Mais uma vez se apresenta um objecto constituído por módulos, integrados entre si, que permitem, pelas suas funcionalidades, ligá-los a outros módulos que constituem outros objectos. Ou seja, são ligações dentro de ligações, dando uma imagem de uma integração estruturada hierarquicamente, cujo nível mais baixo é a ligação integrada das funcionalidades de cada módulo e o mais alto é a integração dos objectos.

De seguida, passa a apresentar-se um modelo de monitorização que utiliza as ordens de fabrico, mais precisamente os seus estados, para realizar a sua tarefa. Se visualizarmos esta solução como um nível de análise disponível numa aplicação que utilize a combinação de vários tipos de monitorização, é fácil compreender porque é dada tanto ênfase a esta função do SFC.

10.1.1 Monitorização de OF pelo seu estado

Ordens Planeadas: Ordens de fabrico recebidas do PGP e que ainda não foram escalonadas.

Ordens Escalonadas: OF recebidas do planeamento e escalonadas, mas que ainda não foram despachadas. O escalonador deverá terminar as ordens anteriores antes de escalonar as próximas - primeiro, porque o volume de cálculos envolvido admite o intervalo temporal atribuído (escalonamento fino); segundo, porque o escalonamento das ordens recebidas do planeamento antes de terminadas as actualmente escaladas, vai obrigar ao reescalonamento de ordens, aumentando o volume de cálculos e misturando prioridades

Ordens Despachadas: OF, previamente escalonadas, enviadas para os controladores das células e que devem iniciar de imediato a execução. A sequência de despacho é definida no escalonamento.

Ordens Rejeitadas: Ordens despachadas, cujo controlador de célula que as recebeu não pode executar. O Controlador da planta fabril é informado da rejeição para que, mediante a razão apresentada, possa reescalonar, com garantias maiores de não rejeição.

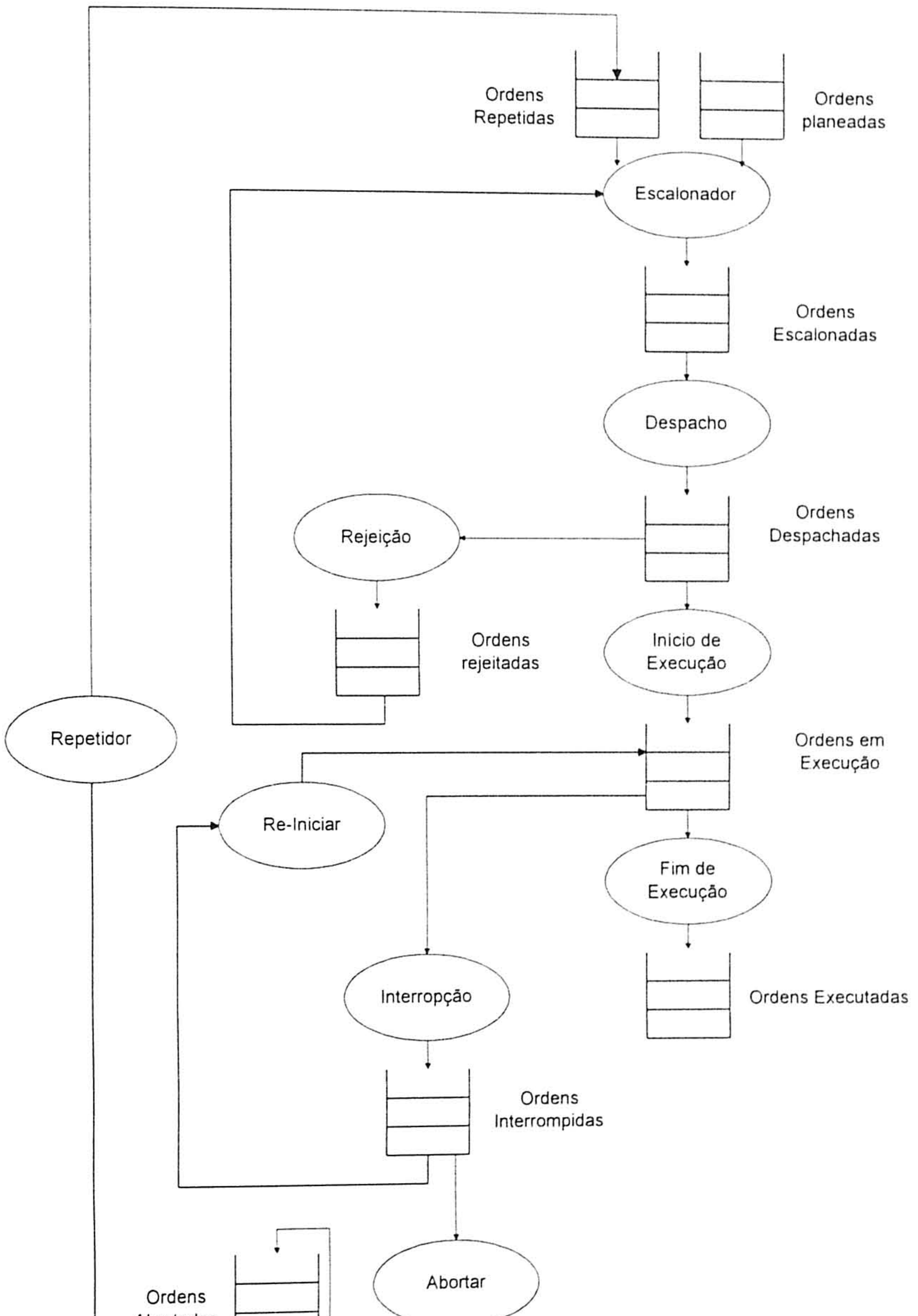


Fig. 91 - Estados das ordens de fabrico (OF)

Ordens em Execução: ordens aceites pelo controlador da célula, e que já deram inicio à operação de produção (mesmo que seja só o carregamento de um ficheiro de códigos G's).

Ordens Executadas: OF terminadas com sucesso.

Ordens Interrompidas: As ordens que se encontram no estado de execução e cuja operação é interrompida passam para este estado. A ordem pode ser interrompida pelo SFC ou pelo controlador da célula onde a ordem estava a ser executada.

Ordens Abortadas: OF interrompidas e cuja execução não pode continuar.

Ordens Repetidas: Ordens abortadas que têm de ser novamente escalonadas. O consumo de matéria prima é um dos factores que obriga à intervenção do PGP, pois é da sua responsabilidade o contacto com os fornecedores e a aquisição de materiais.

Ordens Acabadas: São ordens executadas cuja execução contribuíu para o aparecimento do produto final. Esta definição de ordem não indica tanto o estado da ordem, mas sim do fluxo de materiais, no entanto permite indicar produtos através de estados.

Ordens Entregues: Ordens executadas que já saíram da planta fabril, em princípio, para entrega ao cliente.

10.2 O Despacho

Esta função está relacionada com o escalonamento e com a política de comunicação escolhida para a implementação.

O escalonamento sequência as ordens de produção a enviar para cada célula, o que proporciona ao despacho uma fila de mensagens e um receptor.

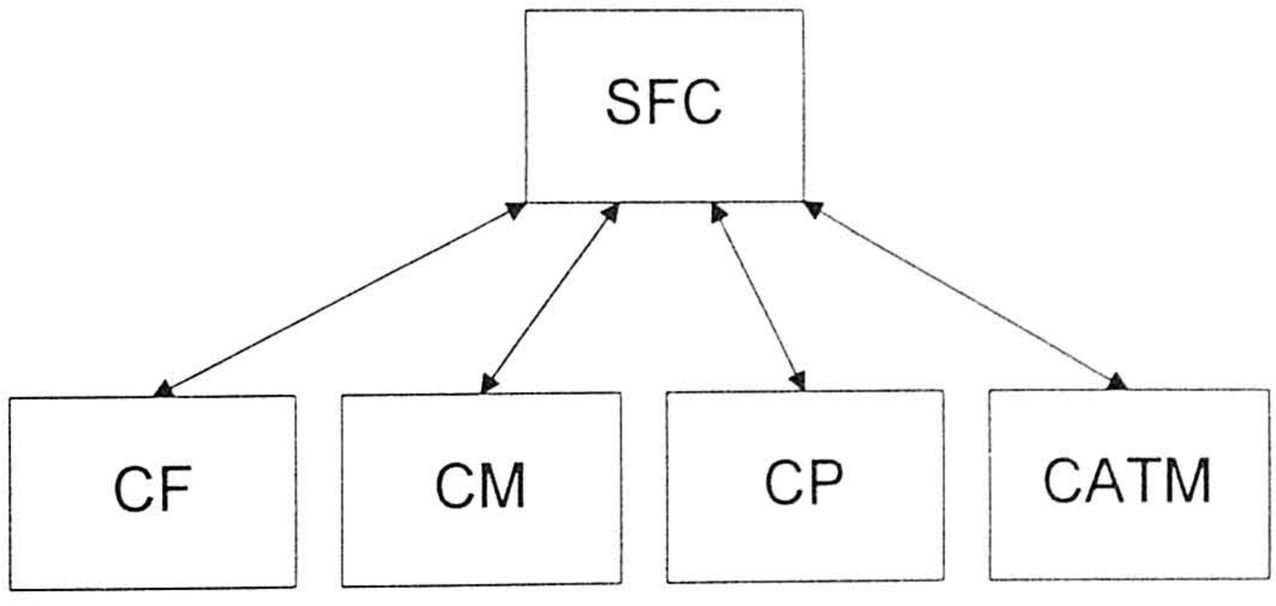


Fig. 92 - Politica de comunicação implementada pelo SFC do CCP

No entanto, o despacho tem de ser capaz de sincronizar tarefas em células distintas, como, por exemplo, garantir que a ordens de movimentação de materiais para uma determinada mesa de transferência esteja de acordo com as necessidades de materiais da célula que essa mesa serve, no que respeita à ordem que vai executar.

O despacho deve incluir mensagens de rotina (por exemplo, a mensagem de arranque do sistema) e mensagens de excepção (por exemplo, alarmes de avarias).

O despacho deve ser implementado sobre protocolos de comunicação que garantam a quase infalibilidade do sistema, mas, acima de tudo, que proporcionem sistemas de recuperação em caso de erros. A utilização de protocolos tipo MAP seria o mais aconselhável; no entanto, as plataformas que suportariam tal sistema, do lado das células e do lado do SFC, teriam de apresentar *performances* elevadas o que aumentaria os custos. A utilização das sete camadas do protocolo OSI (Open Systems Interconnection) é uma segurança na implementação das comunicações no SFC. No entanto, aplicações mais "leves" podem suprir as necessidades apresentadas por este nível de comunicações. A utilização de *mailboxes* ou de outros meios de comunicação, desde que se esteja consciente das suas fraquezas e se implementem medidas de salvaguarda, pode ser a solução a adoptar.

No caso do SFC do CCP, as comunicações com as células são realizadas através de *mailboxes* geridas por processos que estabelecem medidas de segurança.

No nível hierárquico mais baixo (Célula/Posto-de-trabalho ou, mais frequente no nosso caso, Célula/Máquina) a implementação e o recurso a comunicações via MAP/MMS foi uma das soluções adoptadas, sem excluir também a da comunicação por partilha de memória e *mailboxes* (caso do CATM).

10.3 O Escalonamento

Deve existir uma função que organize a produção, tomando em consideração:

- os ajustamentos mais recentes de produção, causados por reduções ou aumentos dos tempos de operação previstos, ou por excepções (avarias, rejeições, etc.)
- o estado actual da produção
    - recursos disponíveis
    - estado de *setup* das máquinas
    - disponibilidade de materiais
    - WIP
- prioridades
- etc.

Esta organização de produção não deve comprometer o planeamento, nem causar rupturas ao fluxo de materiais, sendo por isso uma das tarefas que mais tempo de processamento ocupa. Mesmo com a maior sofisticação de suportes informáticos, o elevado número de cálculos envolvidos obriga à tomada de medidas viabilizadoras desta função, que mais não são do que um compromisso entre:

—utilização de intervalos de tempo de escalonamento reduzidos;

—utilização de *hardware* com elevadas *performences*;

—utilização de mais de um método de escalonamento (já referidos anteriormente);

—maior interacção com outros módulos do PGP e mesmo do Projecto.

As funções de escalonamento e planeamento são razões de preocupação em qualquer implementação do conceito CIM. A sobreposição de funções e a difícil demarcação de fronteiras, leva muitas vezes à imposição de regras de funcionamento pouco claras, que acabam por necessitar de reformulação após a primeira integração. A solução deste problema é mais uma vez facilitada pela utilização de módulo na constituição dos objectos, já que o problema se resolve olhando para os módulos em conflito, sem que sejam envolvidos no processo a totalidade dos objectos.

10.4 A Manutenção

Nesta época em que a mudança de produto dificulta a amortização dos recursos produtivos, a garantia da sua disponibilidade é uma preocupação dos gestores industriais.

Existem várias técnicas para assegurar a disponibilidade a 100% dos equipamentos; todas elas podem ser utilizadas por aquilo que é habitual chamar-se de gestão de manutenção. As técnicas mais conhecidas são:

- preditiva
- preventiva

Distinguem-se uma da outra pelo facto de uma (preditiva) se apoiar em estudos estatísticos e em dados concretos para prever a ocorrência de uma avaria, permitindo assim a escolha da data de realização da manutenção - ao passo que a preventiva é toda a manutenção realizada para evitar a interrupção, por avaria, dos equipamentos, ou seja toda a manutenção realizada após a detecção da necessidade, sem que chegue a haver paragem do equipamento, por razões que não se prendam com o acto de manutenção.

A utilização de sensores é um imperativo na detecção automática de necessidade de manutenção.

A escolha dos sensores, a sua colocação, ligação, gestão, manutenção, etc., deve ter em consideração os ambientes em que operam e que os equipamentos vão ser alvo de supervisão para manutenção.

Se for impossível supervisionar a totalidade dos equipamentos, a escolha deverá recair nos que maior dano causariam à produção em caso de avaria.

A análise do sinal recolhido pode ser realizada por dois métodos:

- análise no tempo
- análise nas frequências

sendo esta última a técnica que melhor prevê as avarias, sendo mesmo possível isolar e analisar individualmente os componentes dos equipamentos com recurso ao mesmo sensor.

A utilização da transformada de Fourier na análise a efectuar do sinal recolhido é actualmente uma obrigação de qualquer aplicação de gestão de manutenção.

Nesta função do SFC, como em todas as outras, é necessário criar uma ligação especial a um módulo indispensável para o sucesso comercial da fábrica: - o módulo de controlo de qualidade. A utilização de técnicas como o *Total Quality Management* é uma das condições para a escolha da(s) aplicação(ões) para implementação das funcionalidades de SFC.

11. A escolha do CCP para o objecto SFC

Este objecto foi o que gerou maior dificuldade de opção. A pouca oferta do mercado na área de seguidores automáticos da produção (mínimo de intervenção humana), juntamente com as funcionalidades impostas pela definição do objecto SFC do modelo CCP, reduziram substancialmente a capacidade de escolha.

Numa primeira fase, a procura realizada indicou como possível escolha uma aplicação em início de comercialização, a qual não podia ainda implementar a 100% todas as funções necessárias à superação das necessidades indicadas.

De todas as aplicações encontradas no mercado sobressaiam duas deficiências comuns, quando se impunha a restrição de mínima intervenção humana: a incapacidade de implementar um comunicação segura com os controladores de célula e os métodos de escalonamento empregues que implicavam muitas vezes a usurpação de funções do PGP. Mas e mais importante, é que necessitavam de capacidades de cálculo demasiado elevadas para tempos de processamento razoáveis.

O CCP optou por utilizar uma aplicação modular designada "CIMITAR 2000", comercializada pela Computer Sciences Corporation (ex BAeCAM).

Esta aplicação é adaptável à fábrica onde se realizar a implementação, admitindo métodos de produção distintos (contínua, lotes, à encomenda); pode implementar Kanban e JIT e permitir alterações do processo de fabrico provocados pelo *Total Quality Management*.

A possibilidade de recorrer a uma base de dados relacional, com o Oracle como manipulador/armazenador de informação de produção, e bem assim a possibilidade de implementar esta aplicação em várias plataformas e sistemas operativos, são alguns dos pontos de sintonia entre esta aplicação e o modelo SFC do CCP.

É possível definir nesta aplicação uma entidade chamada célula, com os adjectivos qualificadores de um "grupo de tecnologia", não o sendo na grande maioria das aplicações examinadas, já que são orientadas para comunicarem só com postos de trabalho.

12. O Projecto

Este objecto, juntamente com as funções administrativas e de planeamento do PGP, são normalmente as primeiras a serem implementadas nas empresas, obrigando os engenheiros de CIM a herdarem grande parte dos módulos que constituem estes objectos, sendo obrigados a criar a integração, com as restrições que semelhante herança impõe.

A área de projecto socorre-se de ferramentas bem conhecidas e de fácil aquisição no mercado. A variedade destas ferramentas, já referida aquando da apresentação de outros modelos, alargaria a definição deste objecto, no entanto e de uma forma resumida, podemos dizer que as funções principais dos módulos deste objecto se distribuem pelas áreas de:

- desenho
- engenharia
- manufactura
- simulação

e são principalmente as seguintes:

- desenho do produto

  O desenho de um novo produto, ou a remodelação de um produto já existente, ou a inserção no sistema da empresa de um produto criado noutra organização, recorre às funcionalidades que o CAD proporciona aos seus utilizadores. De todos os sistemas de CAD, aqueles que utilizam a visualização a 3D e são paramétricos (é possivel relacionar objectos através de parâmetros, por exemplo cotas) permitem um melhor aproveitamento das capacidades do computador para auxiliar as tarefas de desenho.

- designação/escolha da matéria prima e componentes

  A possibilidade de utilizar o CAD na visualização do produto montado com todos os seus componentes, (utilizando para definição de componentes, não fabricados mas adquiridos, bibliotecas de normas - por exemplo de parafusos), acelera o processo de criação do produto e facilita a sua remodelação.

  A escolha da matéria prima prende-se com as especificações do produto e a capacidade tecnológica da fábrica. No entanto, é na utilização das ferramentas de CAM que a escolha da matéria prima tem de ser realizada, uma vez que a geração de código-máquina pelas aplicações, implica o conhecimento prévio das dimensões e geometrias da peça a ser maquinada.

  Só por esta razão, já é fácil de concluir que as relações entre as ferramentas de CAD e CAM são estreitas, sendo vulgar a utilização de um unico *software* que implementa os módulos de CAD e CAM.

- estrutura do produto (BOM)

  Quando se "importa", ou concebe um produto novo, a aplicação responsável pelo desenho computorizado deve incluir nas suas funcionalidades a capacidade de listar todos os componentes, subcomponentes e matérias-primas que o formam. A forma como essa listagem é apresentada deve coincidir com a estrutura do produto, ou seja, em vez de ser uma lista de itens deve ser uma árvore ou lista ligada, por forma a compreender-se a composição do produto de forma simples.

  Quando fizemos referência ao objecto PGP, apresentámos um método de planeamento, o MRP e durante esse apresentação, foram referidas duas estruturas de árvores de produto e duas formas de criar ficheiros representativos. O objecto Projecto deve ser capaz de fornecer a estrutura do produto, não só ao PGP mas também ao SFC, garantindo que a forma de apresentação escolhida seja entendida pelos dois outros objectos, usando, para isso, representações aceites pela grande maioria das aplicações comercializadas nessa área.

- Escolha do processo produtivo

  O acompanhamento da concepção do produto por vários tipos de especialistas (projectista, marketing, engenheiros, desenhadores, etc.) é importante para uma rápida comercialização do produto e do aumento das perspectivas comerciais (no aspecto de aceitação do produto por uma maior gama do mercado do que as concepções anteriores).

  Mesmo quando o produto é importado, a escolha do processo produtivo continua a ser da responsabilidade deste objecto. A definição das operações que o material vai sofrer, depende não só do produto no qual se vai transformar, mas da matéria prima, das máquinas disponíveis (capacidade tecnológica de realizar certas operações), do "know-how" existente na empresa, do custo de realização de uma operação em relação a outra, etc..

  A definição do processo produtivo aponta para a realização de uma sequência de operações que criarão cada componente do produto desde a matéria-prima. A sequência de operações aponta para a escolha de uma série de máquinas capazes de realizar cada operação.

- Escolha de ferramentas

  A definição das operações que vão ser realizadas até á criação do produto, obriga à definição das ferramentas a empregar em cada uma das operações. A escolha entre a utilização de ferramentas já existentes ou a aquisição de novas, mais adequadas à realização da operação, é definido no Projecto e fornecido como informação ao PGP e SFC para a execução das tarefas correspondentes a cada um (por exemplo: para o PGP adquirir as ferramentas, se necessário).

  O Projecto deve estar consciente de que tem de fornecer soluções alternativas para as ferramentas escolhidas para assim garantir a ininterrupção da produção. Assim, devido, por exemplo, à ruptura da ferramenta aconselhada, é possível utilizar a alternativa, até à aquisição de uma substituta.

- Programação das máquinas CNC

  A utilização de ferramentas CAM facilita esta tarefa. No entanto, as ferramentas de CAM não estão devidamente adaptadas às máquinas que existem em cada empresa e o código que geram tem de ser pós-processado por aplicações específicas de interface entre estas e as máquinas.

  A escolha dos pós-processadores, por forma a compatibilizarem as saídas CAM e as máquinas CNC, é fundamental para garantir um bom aproveitamento das potencialidades das referidas máquinas e a melhor concepção, recorrendo a CAD/CAM, do produto.

- Concepção de produtos de apoio à produção

  A realização, na planta fabril, de novos produtos, implica a introdução na fábrica de uma série de objectos cuja única finalidade é ajudar a produção. São exemplos destes:

  - dedos das garras dos robôs
  - mordentes para as máquinas
  - paletes de fixação
  - etc.

  Enquanto o produto vai sendo concebido ou importado, existe um módulo no Projecto cuja única preocupação é garantir a existência na fábrica destes objectos de apoio, quando se iniciar a sua produção. Em muitos casos, a concepção destes artigos é encarada como se de um produto se tratasse, e, na realidade, a única diferença é a de que a quantidade produzida de cada um destes artigos não excederá, na maioria das vezes, a quantidade necessária à criação de um protótipo.

- Definição dos processos de montagem

  A montagem do produto na ferramenta de CAD não contém a informação necessária para se poder realizar a operação de montagem na célula ou células de montagem. A escolha da forma como o produto vai ser montado, (se existem sub-montagens - geração de BOMs intermédios), das ferramentas necessárias, das garras, etc., é uma função distinta das funções de escolha do processo produtivo, visto que esta função está normalmente ligada à utilização de testes de qualidade e aplicações de visão artificial, por utilização de equipamento de montagem automática.

  A definição de sub-montagem deve gerar informação, não só para armazenamento do WIP assim criado, mas acima de tudo, para gerar informação de produção, tal como tempos, máquinas utilizáveis, ferramentas, caixotes de transporte da sub-montagem, etc..

- Programação de robôs

  A programação de robôs deve ser tida em consideração para a introdução de novos produtos na planta fabril. A utilização de garras distintas, conforme o item a manusear ou o processo de fabrico em causa, obriga à preparação dos controladores dos robôs para execução das tarefas necessárias. A variação de coisas tão simples, como a altura do item a manusear, obriga a reformulação dos programas do robô.

  A utilização de aplicações gráficas para simular os movimentos do robô a programar, o ambiente onde opera e as restrições à movimentação, facilitam a tarefa de programação. Estas aplicações devem ser adaptáveis, quer ao tipo de robô, quer ao tipo de garras, quer ainda, à linguagem de programação possível de obter.

  É usual, neste tipo de aplicações, recorrer a bibliotecas de objectos que definem os robôs mais comuns, (Scara e os de 6 eixos), e a bibliotecas de linguagens mais usuais na programação dos robôs, como, por exemplo, o SIRL - Siemens Industrial Robots Languages e o VAL ou V++.

- Utlização de ferramentas CAE e CAPP

  A utilização de ferramentas de análise dos produtos, através de ferramentas que comunicam directamente com o CAD, permite correcções e reformulações mais rápidas do que utilizando os métodos antigos de criação de um protótipo e análise em laboratório. Apesar de este método do protótipo, em muitos casos, ainda ser indispensável, a utilização de aplicações que utilizam os desenhos sobre uma produto e produzem relatórios relativos a análises tão díspares como a análise de elementos finitos ou a simples análise de torção, contribui em muito para acelerar o tempo necessário à concepção de novos produtos. A análise de fluxos, como o caso da injecção de plástico num molde, permite auxiliar as aplicações de CAM, assim como impõe, mais uma vez, a interligação entre os vários módulos que constituem este objecto.

  As ferramentas de CAPP - Computer Aided Process Planning auxiliam na concepção do processo produtivo, ao analisar operação a operação e ao fornecer relatórios para consulta dos engenheiros responsáveis pelo Projecto. A visualização da maquinação de uma peça com utilização de uma determinada ferramenta permite ao utilizador destas aplicações aperceber-se de erros como o de excesso de remoção de material por má escolha de ferramenta. Este tipo de aplicações está cada vez mais vulgarizado, sendo comum encontrar máquinas CNC (como as escolhidas pelo CCP) que através da introdução do programa em códigos Gs, permitem a simulação e análise da operação.

- Simulação da produção com escolha do método de produção

  É nesta área que o objecto Projecto do modelo CCP se destingue de todos os outros modelos CIM. A utilização de simuladores da fábrica, no Projecto, só é possível devido à evolução que este tipo de aplicações tem vindo a sofrer e porque as plataformas em que elas correm são cada vez mais rápidas, permitindo a simulação de grandes intervalos temporais em apenas alguns segundos. A utilização destas aplicações para definir:

  - *routing* do produto
  - qual a melhor quantidade para produção (por lotes; por kit; etc.)
  - definição de *routings* alternativos
  - análise de avarias
  - análise de engarrafamentos no fluxo de materiais

  facilita as tarefas do PGP e mais uma vez prepara a fábrica para produzir rapidamente e aponta para soluções de recurso no caso de interrrupção de produção.

  Cálculos morosos como *Mean Time To Market* em produção por lotes de quantidades variadas, inseridos num ambiente flexível de vários produtos a concorrerem pelos mesmos recursos, são acelerados por estas aplicações de simulação. As capacidades gráficas evoluidas destas aplicações permitem a visualização do processo produtivo integral, o que facilita a sua percepção e correcção.

- Gestão das actividades do Projecto

  O elevado número de informações e dados gerados pelas actividades deste objecto obriga à introdução de módulos específicos à sua gestão - SGBD. A utilização de bases de dados é uma necessidade, mas a sua utilização por aplicações desenvolvidas prepositadamente para gerir projectos de concepção de produtos, facilita a inserção deste módulo no âmbito do Projecto e do sistema integrado de fabrico.

Nesta área, as actividades devem ser realizadas de forma paralela e não sequencial (Concurent Engennering), para permitir uma redução dos tempos de concepção do produto e de resposta às necessidades do mercado.

13. A escolha CCP para o objecto Projecto.

O CCP escolheu uma única aplicação para cobrir as suas necessidades na área de CAD, CAM e CAE, cujas características paramétricas, associativas e abertas, no sentido em que é possivel desenvolver novas funcionalidades e inseri-las nessa aplicação, foram fundamentais na separação das outras aplicações congéneres.

A escolha recaíu sobre a aplicação Pro/ENGINEER, cuja evolução já se encontra na versão 14, em conjunto com o Pro/DEVELOPMENT, cuja função é desenvolver novas funcionalidades ou adaptar as existentes.

Na área de CAD, o Pro/ENGINEER fornece acessórios para o desenho na área da metalomecânica, do molde, da criação de produtos com cablagem (eléctrica ou não), de superficies não contínuas vulgares na indústria automóvel, da concepção de produtos com base em folhas (por exemplo a concepção de armários metálicos), etc.. Estes acessórios podem ser vistos como sub-módulos do módulo de CAD, cuja aquisição depende do interesse da empresa que o vier a utilizar.

Na área CAM, a aplicação escolhida, implementa três módulos (Pro/NC-CHECK; Pro/SCAN-TOOLS; Pro/MANUFACTURING) com vista à criação de ficheiros de código numérico, à especificação de ferramentas e à ajuda ao processo de fabrico.

A análise de elementos finitos, de resistência de materiais à utilização de materais compósitos por injecção, são apenas alguns sub-módulos do CAE desta aplicação.

A utilização de um pós-processador genérico para a criação de ficheiros de código Gs a partir das saídas do módulo de CAM do Pro/ENGINEER, foi outra das necessidades desta implementação. O CCP optou pela utilização do INTELLIPOST, já na versão 5.3, e comercializado como sendo uma aplicação que permite a definição das máquinas de CNC mais vulgares, como tornos, mas também centros de maquinação com um número variável de eixos.

Na gestão de projectos, a aquisição de uma aplicação suportada por uma base de dados, que fosse reconhecida e reconhecesse os outros módulos, foi a principal razão para a escolha do Pro/PDM, versão 2, da mesma empresa do Pro/ENGINEER. Os SGBDs suportados por esta aplicação são muito variados; no entanto, a escolha recaiu sobre a versão 7 da Oracle, facilitando o seu reconhecimento pelas outras duas bases de dados já referidas, a de planeamento e a de produção.

Na área de programação de robôs, a escolha predominante dos utilizadores portugueses recai sobre o ROBOTCAD; no entanto o CCP optou pela aplicação IGRIP, da Deneb Robotics, dos Estados Unidos, sendo uma das razões da opção a possibilidade de utilização de todo o trabalho desenvolvido nesta aplicação e na aplicação de simulação de produção, da mesma empresa, o QUEST - Queuing Event Simulation Tool. A versão do IGRIP é a 2.4 e permite a simulação; pode utilizar animação 3D e facilta a programação *off-line* dos robôs. Internamente é possível utilizar duas formas para gerar programas, uma utiliza a linguagem escrita e é designada por CLI - Command Lina Interpreter, e, a outra por, GSL - Graphical Simulation Language, que, como o nome indica, recorre a representação gráfica dos movimentos do robô.

Nesta aplicação é possivel utilizar diferentes compiladores, dependendo a escolha das diferentes linguagens de programação utilizadas pelos robôs da fábrica. No caso do CCP, os compiladores utilizados geram o código VAL, idêntico a V/V++ utilizado pelo robô ADEPT da célula de montagem, e o código SIRL, utilizado pelo robô KUKA na célula de fabrico. Destes dois compiladores o que mais dificuldade de implementação gerou foi o VAL, uma vez que o sistema de visão artificial COGNEX, implementado no robô da célula de montagem, não é passível de ser parametrizado ou configurado no compilador, levando os utilizadores a utilizarem artifícios de programação.

O QUEST 2.0.1 permite a simulação da produção através do recurso a objectos com características parametrizáveis, que simulam os recursos implementados na Unidade de Produção. A animação 3D é outra das características desta aplicação. A sua interligação ao PGP, ao IGRIP e aos modulos de CAM permite uma nova definição de Engenharia Concorrente. A utilização dos ficheiros gerados pelo CAD para utilização nesta aplicação é possível com recurso a interfaces do tipo IGES ou STEP.

Parte V

Conclusões

14. Conclusão

Na primeira parte deste trabalho, pretendeu-se introduzir os conceitos de estruturas de planeamento e de controlo. Como foi referido a utilização de estruturas hierárquicas é o caminho apontado para a sua concretização. Assim temos assistido ao aparecimento de tendências no sentido de criar arquitecturas de controladores genéricas. O conceito de controladores capazes de, *on line*, serem configurados, quer nos recursos que controlam, quer nas funções que executam, tem vindo a surgir como mais um passo na evolução dos modelos de implementação CIM.

Outra das características deste novo conceito de controladores é a capacidade de subordinação e de supervisão a outros controladores, sem que, estruturalmente, apresentem diferenças, sendo a configuração, através de parâmetros, a forma de os distinguir e criar.

No que respeita ao CIM e à forma de introdução do CIM nas empresas, os engenheiros vão encontrar uma forma mista de introdução, ou seja, não de "baixo para cima" ou de "cima para baixo", mas sim, através da utilização de modelos, pelos pontos de menor interferência no ambiente a integrar, optando normalmente pela ligação de aplicações herdadas e de elevado grau de configuração, que foram desenvolvidas especificamente, adaptando-as apenas à nova ideia de empresa, se esta for parte da integração.

A apresentação de modelos pretendeu enquadrar o modelo CCP no actual ambiente de integração e da sua história. Dos modelos apresentados, o da IBM não foi mais do que um exemplo de uma aplicação, cujo desenvolvimento teve por base produtos já anteriormente comercializados pela empresa, não sendo, por isso, um produto aberto, não se podendo mesmo dizer que seja um modelo. De todos os restantes modelos, os dois últimos (CIM-OSA e Amherst-Karlsruhe) são os mais recentes e os mais genéricos. O CIM-OSA é o mais modular, mas, também, o mais complexo, enquanto que o de Amherst-Karlsruhe revela mais possibilidades de opção na escolha do sistema de produção, na definição do produto, na da definição das bases de dados e na das várias estruturas de dados capazes de processarem. A introdução do conceito de base de dados capazes de representar as estruturas complexas de dados de produtos e da sua produção é mais uma das características deste modelo, bem como a da utilização de redes "field bus" na planta fabril.

Apesar de todo o esforço de criação de modelos genéricos, continua ainda a ser demasiado complexa a sua utilização. A continuação do desenvolvimento de modelos específicos é uma das provas mais cabais desta afirmação. É disso exemplo o projecto SEMATCH, cujo trabalho é o de desenvolvimento de uma "framework" para aplicações CIM em fábricas de semicondutores (entende-se por "framework" uma estrutura de software que cria um ambiente comum para integração de aplicações e partilha de informação). A SEMATCH é um consórcio de produtores de semicondutores Norte Americanos com o Governo e Investigadores. (http://www.sematech.org/public/cim-framework).

Este estudo recorreu à unidade de produção do Centro de CIM do Porto para demonstrar a viabilidade de implementação de um modelo simples de integração. O trabalho não pretende representar o ponto de vista oficial da Instituição, nem o modelo apresentado corresponde a um produto final e acabado, ou mesmo um produto a ser "comercializado". Pretendeu-se, sim,

apontar um caminho para uma constante procura do modelo ideal, já que todos devem evoluir, mas este em particular. Pretende-se, portanto, uma busca constante do objectivo (modelo) sempre num caminho de simplificação.

O Modelo CCP apresenta apreciáveis atractivos e algumas deficiências.

O atractivo maior é o da sua simplicidade e a suas maiores deficiências são a falta de ferramentas que proporcionem a escolha dos módulos utilizados pelos objectos e a da estruturação de comunicações.

A utilização de objectos, para definir as grandes áreas de integração, permite, de forma simples, acrescentar, no futuro, grupos de funcionalidades sem que seja necessário redefinir os actuais objectos. A utilização de novos conceitos neste modelo é assegurada pela modularidade dos objectos; assim, a movimentação de módulos entre os objectos, a supressão de módulos ou o seu acréscimo (como nova funcionalidade) é uma forma simples de variar o modelo para incorporar novos conceitos.

A utilização de apenas três objectos permite, com base neste modelo, a implementação de CIM em sistemas cuja estrutura obriga à herança de muitas aplicações. A utilização de *software* de desenvolvimento específico ou de aplicações já em uso, pelo sistema a integrar, é de fácil interpretação dentro do modelo, sendo, assim, outra das suas vantagens.

Outra deficiência do modelo é a da falta de um objecto para desempenhar, relativamente à Empresa, funções de Organização, já que a estratégia, com base em agrupamentos de várias Empresas ou Fábricas, dentro de uma organização única, ainda não faz parte do quotidiano nacional.

Todavia, a preparação do modelo para esse futuro, cada vez mais desejável e necessário, está a um passo próximo, na natural evolução do citado modelo.

No que respeita à implementação prática do modelo, na criação do sistema integrado de produção utilizado na unidade flexível de fabrico do CCP, existem as seguintes necessidades de " afinação":

- os contactos com o exterior devem passar a recorrer à utilização de EDI (sem excluir, obviamente, a recorrência às actuais facilidades disponíveis
- o relacionamento do departamento de aprovisionamento (PGP) com o SFC - mais especificamente com o controlador de CATM - deve ser revisto, sendo provavelmente necessária uma ligação directa da base de dados do planeamento à base de dados do CATM, com duplicação desta informação para a base de dados da produção
- a preparação do planeamento e escalonamento das ordens de "setup" total do sistema, ou, individualmente, de cada célula.

O futuro para o modelo não é só a incorporação de objectos ou criação de ferramentas; o futuro é a evolução constante no sentido da incorporação de novos conceitos, de novas tecnologias, de novas ideias e mesmo de novos objectivos. O modelo é o veículo dinâmico, em constante actualização e mudança, preferencial para o CCP, em termos de conhecimentos base para CIM e de apresentação aos seus destinatários, (a indústria portuguesa) do futuro necessário do processo produtivo.

O estudo e implementação de novas soluções, principalmente aquelas que utilizam sistemas operativos de baixo custo e de fácil manutenção, é mais um passo para o melhoramento do modelo.

A diminuição dos custo das infraestruturas de integração, através da utilização de máquinas (por exemplo a mudança das "workstations" para PCs) e de redes de baixo custo (por exemplo a utilização de MAP sobre as três camadas por forma a não ser necessário a aquisição das "Stacks" OSI normalmente utilizadas no MAP *standard*) e, bem assim, a restrição dos preços das aplicações a utilizar, convergem para os futuros esforços de melhoramento do modelo CIM do CCP.

Bibliografia

Joseph Orlicky, "Materials requirements planning", McGraw Hill

August-Wilhelm Scheer, "CIM *towards the fatory of the future*", Springer Verlag

U. Rembold e R. Dillmann, "Computer-Aided Design and Manufacturing *Methods and Tools"*,Springer Verlag

Vollmmann, Thomas E., William L. Berry e D. Clay Whybark," Manufacturing planning and control systems", Homewood Irwin

Joseph G. Monks, "Operations Management *Theory and Problems*", McGrawHill

Schroeder, "Operations Management *Decision Making in the Operations Function*", McGrawHill

Stamper Price, "Database Design & Management An applied approach", McGrawHill

U. Renbold, B. O. Nnaji e A. Storr, "Computer Integrated Manufacturing Engineering", Addison Wesley

J. T. Black, "The design of the factory with a future", McGraw Hill

Paul G. Ranky, "Computer integrated manufacturing *an introduction with case studies*", Prentice Hall

Paul G. Ranky, "Computer networks for world class CIM systems", CIMware

Paul G. Ranky, "Manufacturing database management and knowledge based expert systems ", CIMware

Paul G. Ranky, "Flexible manufacturing cells and systems in CIM", CIMware

Chase/Aquilano, "Production and operations management *a life cycle approach*", Irwin

J. B. Dilworth, "Operation managment *design, planning, and control for manufacturing and services*", McGraw Hill

Brownie, Harhen e Shivnan, "Production management system; *a CIM perspective*", Addison Wesley

Procedings 1990, "Technological precondition for skilled production work in CIM", APS research Paper Series, FOP269 Vol.25

Procedings 1991, "Methods and Processes of work-oriebted design of CIM structurs", APS research Paper Series, FOP271 Vol.27

Douglas Mcbeth, "Advanced manufacturing: *strategy & management*", Spring Verlag

E. Teicholz e J. Orr, "CIM hardbook", McGrawHill

Eduardo Lopes Rodrigues, "Tecnologia e Empresa *Protagonistas Fundamentais do Mercado Único*", Banco de Fomento e Exterior

"Comunicações da 5ª Jornadas de Projecto Planeamento e Produção Assitidos por Computador *Tecnologias para uma Nova Indústria*", Ordem dos Engenheiros 11-09-95

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
0000007671