

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR RENATO DE Campos
E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 20/03/98.

Marcus Fabius H. Carvalho
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Uma Proposta de Modelagem para Integração
de Sistemas de Gestão de Produção em
Empresas de Manufatura**

Autor: **Renato de Campos**
Orientador: **Marcus Fabius H. Carvalho**
Co-orientador: **João Maurício Rosário**

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

Uma Proposta de Modelagem para Integração de Sistemas de Gestão de Produção em Empresas de Manufatura

Autor: **Renato de Campos**
Orientador: **Marcus Fabius H. Carvalho**
Co-orientador: **João Mauricio Rosário**

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Campinas, 1998
S.P. – Brasil



465994

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
T.º	Unicamp
C157p	
V.º	Ex
TERMO B.º	34603
PROG.	395/98
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	01/08/98
N.º CPD	

CM-00114264-B

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

C157p

Campos, Renato de

Uma proposta de modelagem para integração de sistemas de gestão de produção em empresas de manufatura. / Renato de Campos.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientadores: Marcius Fabius H. Carvalho, João Maurício Rosário.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Planejamento industrial. 2. Controle de produção. 3. Gestão de empresas. 4. Sistemas de fabricação integrada por computador. I. Carvalho, Marcius Fabius H. II. Rosário, João Maurício. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. IV. Título.

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

TESE DE DOUTORADO

Uma Proposta de Modelagem e Integração de Sistema de Gestão de Produção em Empresas de Manufatura

Autor: Renato de Campos

Orientador: Marcius Fabius Henriques Carvalho



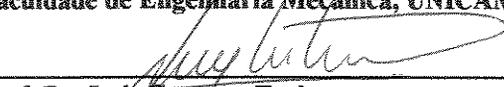
**Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques Carvalho, Presidente
Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP**



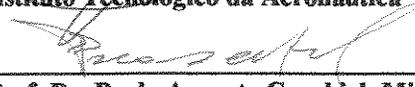
**Prof. Dr. François Bernard Vernadat
Universidade de Metz, França**



**Prof. Dr. Geraldo Nonato Telles
Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP**



**Prof. Dr. Luis Gonzaga Trabasso
Instituto Tecnológico da Aeronáutica**



**Prof. Dr. Paulo Augusto Cauchiek Miguel
Universidade Metodista de Piracicada**

Campinas, 20 de março de 1998

Dedicatória:

Dedico este trabalho aos meus pais.

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, em especial:

A todos de minha família pelo incentivo em todos os momentos deste trabalho.

Ao meu orientador Marcius Fabius H. Carvalho e co-orientador João Maurício Rosário pela orientação e suporte ao desenvolvimento desta tese.

Ao Prof. Dr. François B. Vernadat por me acolher e orientar durante meu estágio em seu laboratório.

A todos colegas do DPM-FEM-UNICAMP e IA-CTI que ajudaram de forma direta ou indireta para a conclusão do trabalho.

Índice

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Motivação	1
1.2 - Objetivos.....	2
1.3 - Estrutura do trabalho.....	2
2 - A GESTÃO DA PRODUÇÃO	4
2.1 - Sistemas de Produção	4
2.2 - Subsistemas de um Sistema de Produção	6
2.3 - Principais Funções da Gestão da Produção	7
2.4 - Gestão de Dados	9
2.4.1 - Os Itens	11
2.4.2 - As Listas de Materiais	11
2.4.3- Os Recursos	12
2.4.4 - Os Planos de Processos e Roteiros de Fabricação	12
2.4.5 - A Gestão dos Dados	12
2.5 - Planejamento	13
2.5.1 - Hierarquia no Planejamento da Produção	14
2.5.2 - Planejamento Agregado da Produção	15
2.5.3 - Planejamento Mestre	15
2.5.4 - Planejamento de Recursos	16
2.5.5 - Programação da Produção	20
2.5.6 - Liberação	22
2.6 - Supervisão e Controle da Produção	23

2.6.1 - Supervisão da Produção	24
2.6.2 - Controle da Produção	24
2.7 - Gestão de Materiais	26
2.7.1 - Evolução das Necessidades, Estoques e Compras.....	26
2.7.2 - Gestão de Necessidades e de Estoque	27
2.7.4 - Compras	30
2.8 - Considerações finais	31
3 - MODELAGEM E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS.....	33
3.1 - Integração de Empresas	33
3.1.1 - Integração Horizontal e Integração Vertical	34
3.1.2 - Integração Intra e Entre-empresas	35
3.1.3 - Integração de Sistemas Físicos, de Aplicativos, e de Negócios	35
3.2 - Modelagem de Empresas	36
3.2.1 - Objetivos da Modelagem de Empresas	37
3.2.2 - Escopo da Modelagem de Empresas	37
3.2.3 - Engenharia de Empresas e Técnicas para Modelagem	38
3.3 - Comparação Entre Metodologias e Linguagens	39
3.3.1 - Conceitos	39
3.3.2 - Comparações	40
3.3.3 - Conclusão sobre as Comparações	42
3.4 - CIMOSA	42
3.4.1 - A Arquitetura CIMOSA	42
3.4.2 - Estrutura de Modelagem CIMOSA	43
3.4.3 - Infra-estrutura de Integração CIMOSA	48
3.4.4 - Ciclo de Vida do Sistema da Empresa CIMOSA	48
3.4.5 - Estrutura Arquitetural CIMOSA	49
3.4.6 - Linguagem de Modelagem CIMOSA	50
3.4.7 - Processo de Modelagem	64
3.4.8 - Características Gerais de CIMOSA	72
3.5 - Conclusões	72

4 - PROJETO E COMPOSIÇÃO DE PIPEFA	74
4.1 - Projeto PIPEFA	74
4.2 - Ambiente para Suporte ao Planejamento	75
4.2.1 - Programa de Planejamento Agregado	76
4.2.2 - RETRA	77
4.2.3 - PRODCON	79
4.2.4 - SYCORO	79
4.3 - Célula de Montagem PIPEFA	92
4.4 - Infraestrutura de Integração PIPEFA	96
4.5 - Conclusões	99
5 - METODOLOGIAS E MODELOS	100
5.1 - Introdução	100
5.2 - Definição do Plano Diretor de PIPEFA	102
5.3 - Modelagem da Definição de Requisitos de PIPEFA	103
5.4 - Modelagem da Especificação de Projeto de PIPEFA	103
5.5 - Derivação do Esquema Conceitual para o Banco de Dados	115
5.6 - Modelagem de Redes de Processo	119
5.6.1 - Derivação de Conjunto de Árvores de Produto	120
5.6.2 - Derivação de Conjunto de Planos de Processo	123
5.6.3 - Derivação de Conjunto de Roteiros de Fabricação	126
5.7 - Conclusões	128
6 - CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXO A - Arquiteturas, Metodologias e Linguagens para Modelagem de Empresas	140
ANEXO B - Gabaritos do Modelo	170

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Típicas funções de uma empresa e suas relações com a produção.....	4
Figura 2.2 - Exemplo de subsistemas e relações na produção.....	5
Figura 2.3 - Decomposição de um sistema de produção.....	6
Figura 2.4 - Subsistemas do Sistema de Produção.....	7
Figura 2.5 - Organização de um sistema de gestão da produção.....	10
Figura 2.6 - Definição de lista de materiais.....	11
Figura 2.7 - Cálculo de necessidades de materiais utilizando a técnica MRP.....	18
Figura 2.8 - “Closep Loop” do MRPII.....	20
Figura 2.9 - Métodos para a programação.....	22
Figura 2.10 - Princípio do lançamento.....	23
Figura 2.11 - Relações entre o planejamento e o sistema físico de produção.....	24
Figura 2.12 - Malha de controle para a Gestão de Produção.....	25
Figura 2.13 - Dinâmica de evolução de provisionamento, compras e estoque.....	27
Figura 2.14 - Classificação ABC.....	28
Figura 2.15 - Atividades da função compras	30
Figura 3.1 - Estrutura de modelagem CIMOSA	43
Figura 3.2 - Visão de Modelagem CIMOSA.....	46
Figura 3.3 - Decomposição de atividades de empresas.....	47
Figura 3.4 - Estrutura Arquitetural de CIMOSA.....	49
Figura 3.5 - Blocos e elementos de Construção CIMOSA.....	50
Figura 3.6 - Exemplo de um conjunto de regras comportamentais de um processo CIMOSA.....	54
Figura 3.7 - Objetos de empresa e vistas de objeto.....	59
Figura 3.8 - Interações entre Entidades Funcionais.....	62

Figura 3.9 - Relações entre o Ciclo de Vida CIMOSA e modelos.....	65
Figura 3.10 - Principais etapas do Processo de Modelagem CIMOSA.....	65
Figura 3.11 - Modelagem de Definição de Requisitos.....	66
Figura 3.12 - Modelagem da Especificação de Projeto.....	69
Figura 3.13 - Modelagem da Descrição de Implementação.....	71
Figura 4.1 - Demanda mensal.....	76
Figura 4.2 - Representação de uma cadeia de produção.....	78
Figura 4.3 - Cadeia de produção estendida no tempo.....	78
Figura 4.4 - Arquitetura de SYCORO.....	81
Figura 4.5 - Regras de progressão para o modelo Etapa-Transição.....	83
Figura 4.6 - Representação de um Conjunto de Planos de Processo (CPP(A)).....	84
Figura 4.7 - Representação de um Conjunto de Roteiros de Fabricação relativo a um Plano de Processo j de produto B (CRF(CPPj(pB))).....	85
Figura 4.8 - Fluxo de informações para reações	87
Figura 4.9 - Espaço virtual de pesquisa	89
Figura 4.10 - Arquitetura lógica do sistema.....	91
Figura 4.11- Estrutura da célula de montagem do sistema de produção de PIPEFA	93
Figura 4.12 - Possíveis montagens e códigos.....	93
Figura 4.13 - Posto de Montagem Lateral e Posto de Montagem Central.....	94
Figura 4.14 - Ambiente de Integração PIPEFA	97
Figura 4.15 - Estrutura de Comunicação e Processamento	98
Figura 5.1 - Tarefas de modelagem.....	100
Figura 5.2 - Principais domínios e relacionamentos de domínios identificados.....	104
Figura 5.3 - Coordenação entre os processos de planejamento, controle e reação.....	106
Figura 5.4 - Processos de domínios e eventos envolvidos no estrutura de planejamento e controle (nível de empresa e fábrica)	107
Figura 5.5 - Processos de Domínios e Eventos envolvidos no estrutura de Planejamento e Controle (nível de fábrica e estação de trabalho).....	108

Figura 5.6 - Atividades do Processo Planejamento_Agregado	109
Figura 5.7 - Processo de Domínio Planejamento_Recursos.....	110
Figura 5.8 - Atividades do Processo de Domínio Planejamento_Recursos.....	111
Figura 5.9 - Processo de Domínio Programacao_Producao.....	112
Figura 5.10 - Processo de Domínio Montagem.....	113
Figura 5.11 - Atividades do processo de domínio Montagem.....	114
Figura 5.12 - Relações entre fases e modelos no projeto de banco de dados.	116
Figura 5.13 - Esquema Conceitual de Banco de Dados.....	118
Figura 5.14 - Derivação de redes de processo para conjunto de árvore de produto.....	120
Figura 5.15 - Conjunto de árvore de produto para os itens montados.....	122
Figura 5.16 - Exemplo de etapas para a rede de processo para o conjunto de arvores de produto.....	123
Figura 5.17 - Derivação do conjunto de planos de processos.....	124
Figura 5.18 - Rede de processo para o conjunto de Planos de Processos.....	125
Figura 5.19 - Exemplo de etapas para a rede de processo de conjunto de planos de processos.....	126
Figura 5.20 - Derivação de do conjunto de roteiro de fabricação.....	127
Figura 5.21 - Exemplo de etapas para redes de processos de conjunto de roteiros de fabricação.....	127
Figura 5.22 - Tarefas complementares às tarefas do trabalho apresentado.....	129

NOMENCLATURA

Abreviações e Siglas

AMICE - European CIM Architecture

ARIS - Architecture for Information Systems

CAD - Computer Aided Design

CAE - Computer Aided Engineering

CALS - Computer Aided Acquisition and Logistics Support

CAM - Computer Aided Manufacturing

CAP - Conjunto de Árvore de Produto

CAPP - Computer Aided Process Planning

CCE - CIME Computing Environment

CEN - Comité Européen de Normalisation

CIM - Computer Integrated Manufacturing

CIME - Computer Integrated Manufacturing and Engineering

CIMOSA - CIM Open Systems Architecture

CIMTOOL - Software de apoio a modelagem e integração de empresas (rgaches@aol.com.fr,
<http://members.aol.com/rgaches>)

CLP - Controlador Lógico Programável

CNMA - Communications Network for Manufacturing Applications

CORBA - Common Object Request Broker Architecture

CPP - Conjunto de Plano de Processo

CRF - Conjunto de Roteiro de Fabricação

DCE - Distributed Computing Environment

EDI - Electronic Data Interchange

ENV - European Pre- Standard

ESPRIT - European Strategic Programme for Research in Information

GERAM - Generalised Enterprise Modeling Tools and Languages

GIM - GRAI Integrated Methodology

GRAI - Graphes de Résultats et Activités Interreliés
ICAM - Integrated Computer Aided Manufacturing
IDEF - ICAM Definition Method
IEM - Integrated Enterprise Modeling
IPAD - Integrated Program for Advanced Design
ISO - International Standards Organisation
JIT - Just-in -Time
MAP - Manufacturing Automation Protocol
MMS - Manufacturing Message Service
MRP - Material Requirements Planning
MRP II - Manufacturing Resource Planning
OMG - Object Management Group
OPT - Optimising Production Technology
OSA - Open System Architecture
OSF - Open Software Foundation
OSI - Open Systems Interconnection
PCP - Planejamento e Controle da Produção
PC - Plano de Carga
PERA - Purdue Enterprise Reference Architecture
PIPEFA - Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação
PPA - Programa de Planejamento Agregado
PPF - Plano de Produção de Fábrica
SADT - Structured Analysis and Design Technique
SPP - Sistema de Produção PIPEFA
SQL - Structured Query Language
STEP - Standard for the Exchange of Product
SYCORO - Système de Conduite Reactive par Objectives
TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol
VOICE - Validation OSA in Industrial CIM Environments
WWW - World Wide Web

Resumo

CAMPOS, Renato de, *Uma Proposta de Modelagem para Integração de Sistemas de Gestão da Produção em Empresas de Manufatura*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. p. 196. Dissertação (Doutorado).

Este trabalho apresenta conceitos de modelagem e integração de empresa. Também são apresentados modelos para a implementação de uma hierarquia de planejamento e controle de produção (PCP) de um ambiente experimental PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa Ensino e Formação em Automação) que simula um sistema integrado de produção. Inicialmente são descritos conceitos e funções clássicas de PCP, destacando a necessidade de modelar aspectos de funções, informações, recursos, organização e decisões no projeto desses sistemas. Baseado em estudos anteriores analisando e comparando algumas metodologias para modelagem de empresas, conclui-se que a linguagem CIMOSA é a mais adequada para modelar o sistema de PCP de PIPEFA. Do modelo de especificação de PIPEFA expresso na linguagem CIMOSA, são derivados outros modelos. O trabalho é constituído de cinco maiores tarefas: definição do plano diretor de projeto, a modelagem da definição de requisitos, a modelagem da especificação de projeto, a modelagem de um esquema de dados e a descrição de redes de processos.

Palavras Chave

- Integração de Empresas, Modelagem de Empresas, CIMOSA, Planejamento e Controle da Produção, PIPEFA.

Abstract

CAMPOS, Renato de, Models to Integration of Production Gestion Systems in Manufacturing Enterprises, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. p. 196. Dissertação (Doutorado).

This work presents enterprise modelling and integration concepts. Models for the implementation of a production planning and control (PPC) system of a research environment PIPEFA that simulates a integrated manufacturing system are also presented. Initially, classical PPC concepts and functions are described. In the following, is emphasises the necessity to model functions, informations, resources, organisations and decisions aspects for the project of these systems. Based on previous analysis and comparison of some enterprise modelling languages, it is concluded that CIMOSA language is the more suitable for modelling PIPEFA PPC system. With the PIPEFA specification model, using CIMOSA language, other models are derived. This work is composed of five iterative tasks: the PIPEFA master plan definition, the requirements definition modelling, the project specification modelling, the database schema modelling, and the process net description.

Key Words

Enterprise Integration, Enterprise Modeling, CIMOSA, Production Planning and Control, PIPEFA.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

O paradigma CIM (Computer Integrated Manufacturing) objetiva a integração de atividades realizadas por homens e máquinas através da comunicação, cooperação e coordenação de funções técnicas, administrativas e de suporte por meio da tecnologia de informação (redes de computadores, sistemas de banco de dados, formatos para troca de dados e interfaces para aplicativos).

Um ambiente CIM de uma empresa é um sistema complexo, constituído de centenas de processos a serem controlados e coordenados, milhares de ordens a serem executadas e centenas de megabytes de dados a serem processados ou trocados. Para tratar com esta complexidade no projeto de sistemas CIM é necessária uma representação desse sistema, ou seja, modelá-lo. Várias metodologias existem ou estão sendo desenvolvidas para modelagem, projeto e integração de empresas.

Dentre as metodologias existentes, CIMOSA (CIM Open System Architecture) constitui-se em um dos principais esforços no sentido de proporcionar uma arquitetura para modelagem, análise e projeto de sistemas CIM e contribui fortemente nos trabalhos de padronização de organismos internacionais.

Este trabalho trata de aspectos relacionados com o projeto e modelagem de sistemas CIM e originou-se do projeto PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação). O projeto tem como participantes o LAR (Laboratório de

Automação Integrada e Robótica) da UNICAMP e o IA (Instituto de Automação) do CTI. O projeto PIPEFA visa o desenvolvimento de um ambiente que contemple vários aspectos de um sistema integrado de produção para a aplicação e teste de metodologias, tecnologias e componentes para sistemas CIM.

1.2 - OBJETIVOS

A modelagem de empresa pode ter como objetivos: representar e entender como a empresa trabalha; capitalizar a informação e o conhecimento; projetar ou reprojeter uma parte da empresa; simular e analisar algum aspecto da empresa (análise econômica, análise organizacional, análise do layout de máquinas); e integrar sistemas.

O objetivo deste trabalho é o estudo de conceitos, metodologias e ferramentas para a modelagem e integração de empresas e a proposta de uma estrutura hierárquica de planejamento e controle da produção. O cenário para estes estudos deve ser o sistema de produção PIPEFA. Então, em função destes objetivos, é realizada uma comparação de trabalhos existentes na área de modelagem de empresa. A linguagem de modelagem CIMOSA é apresentada e utilizada para modelar e propor uma estrutura hierárquica de planejamento e controle da produção. A partir do modelo obtido utilizando a linguagem de modelagem CIMOSA, é demonstrado como derivar um esquema de banco de dados e redes de processos para a construção de uma base de conhecimento a ser utilizada por um sistema de supervisão e controle da produção.

1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Além deste primeiro capítulo introdutório contendo a motivação e os objetivos deste trabalho, são apresentados mais cinco capítulos. O capítulo 2 descreve de modo geral os principais conceitos e funções de uma hierarquia clássica de gestão da produção, proporcionando uma visão geral do problema. O capítulo 3 apresenta uma introdução na área de modelagem e integração de empresas e os principais conceitos e elementos da Arquitetura de Referência CIMOSA a serem utilizados neste trabalho de modelagem. O capítulo 4 descreve os principais componentes da estrutura de planejamento e controle proposta. Também são descritos os demais componentes que compõe o sistema de produção simulado,

sendo desenvolvido através do projeto PIPEFA. O capítulo 5 refere-se aos métodos e linguagens utilizadas no desenvolvimento deste trabalho de modelagem e os principais modelos resultantes. O último capítulo apresenta as principais conclusões e perspectivas geradas.

Capítulo 2

A GESTÃO DA PRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo situar a gestão da produção dentro de uma empresa e descrever seus principais conceitos e características (sua organização, funções, métodos e ferramentas de suporte).

2.1 - SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Uma empresa de manufatura pode ser entendida como um sistema, onde a produção é um de seus subsistemas. A figura 2.1 ilustra possíveis relações com outras unidades da empresa. A produção também pode ser entendida como um conjunto de unidades distinguíveis e relacionadas entre si, que recebe entradas de seu ambiente e transforma-as em saídas em função de algum(s) objetivo(s).

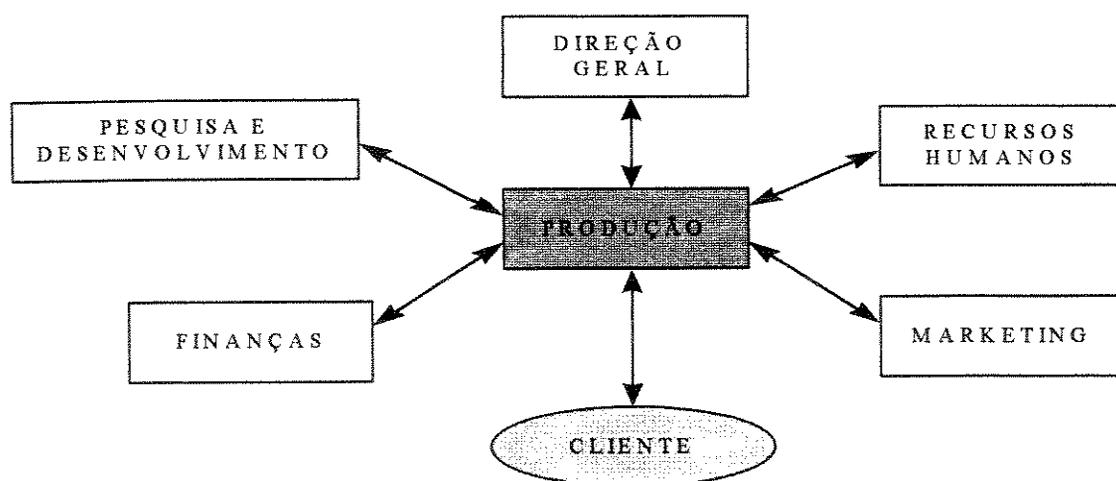


Figura 2.1 - Funções típicas de uma empresa e suas relações com a produção.

Neste trabalho as expressões “produção” ou “sistema de produção” são empregadas no mesmo sentido e basicamente significam um sistema (constituído de vários subsistemas como o sistema de fabricação, gestão de estoque, controle de qualidade, planejamento e controle da produção, etc.) capaz de transformar matérias-primas (recursos de entrada) em produtos acabados (saídas) objetivando o lucro da empresa. As definições e relações de um sistema de produção são complexas e dependentes do tipo de empresa. A figura 2.2 exemplifica os subsistemas e relações típicas da produção.

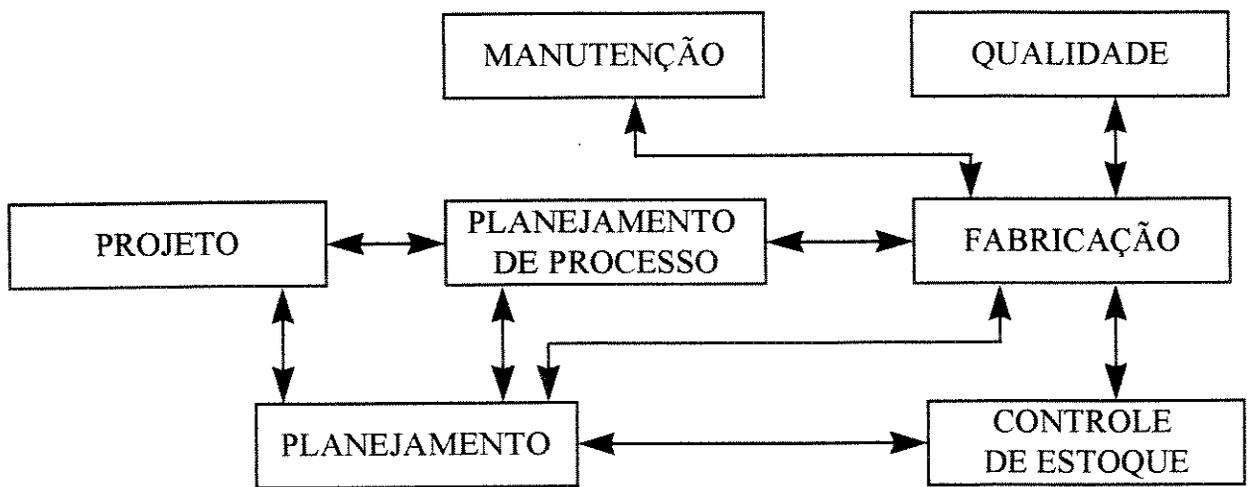


Figura 2.2 - Exemplo de subsistemas e relações na produção.

Para ajudar na descrição da composição e funções típicas de um sistema de gestão da produção, nas seções seguintes são realizadas sucessivas decomposições de um sistema de produção em função de diferentes aspectos: primeiro, uma decomposição estrutural do sistema, resultando nos subsistemas físico, subsistema de informação e subsistema de gestão da produção; a seguir é realizada uma decomposição funcional do subsistema de gestão da produção, identificando, entre outras, a função de planejamento da produção; a terceira decomposição define uma hierarquia para o planejamento da produção (figura 2.3).

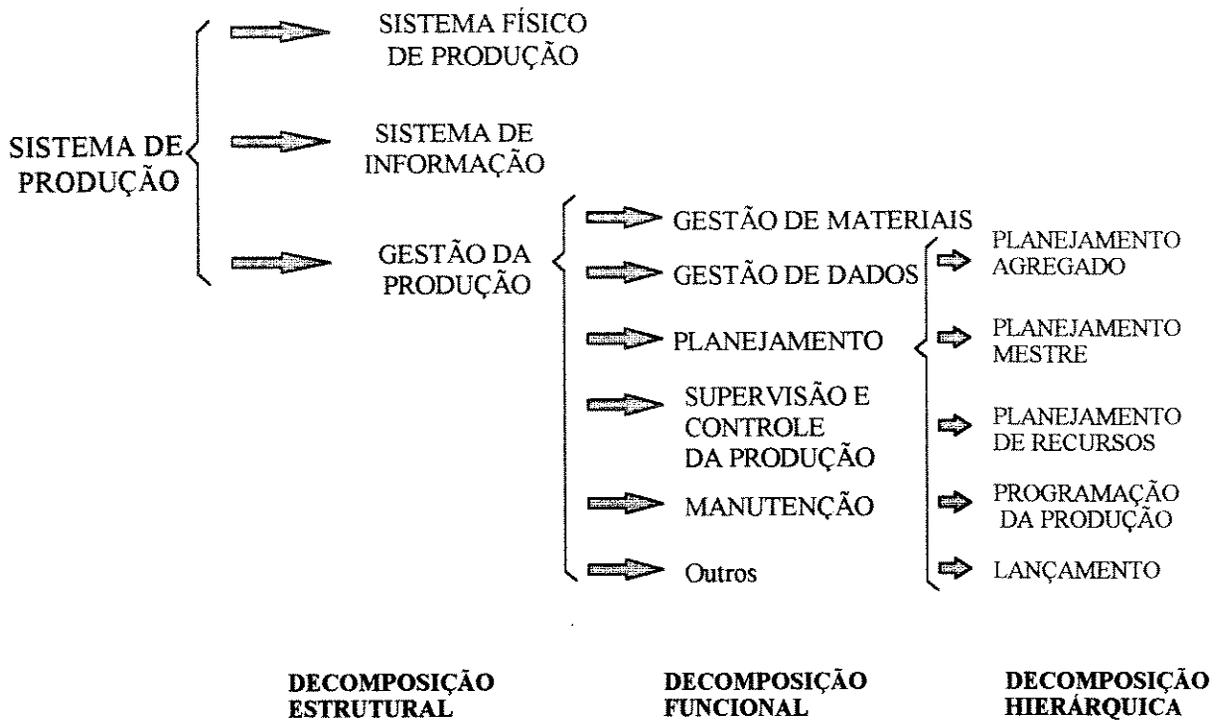


Figura 2.3 - Decomposição de um sistema de produção.

2.2 - SUBSISTEMAS DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO

A primeira decomposição do sistema de produção (Doumeingts, 1992; DiCesari, 1993) é baseada no modelo conceitual da teoria geral de sistema (Le Moigne, 1977) e na teoria de organização de sistemas. O modelo advoga decompor um sistema em três subsistemas: sistema físico, sistema de decisão e sistema de informação. O paradigma é recursivo e cada subsistema pode ser decomposto em outros subsistemas físico, de decisão e de informação. Assim, o sistema de produção é decomposto em (figura 2.4):

- um sistema físico de produção o qual efetua a produção propriamente dita. Ele é composto de homens, máquinas, ferramentas e materiais (matérias-primas, componentes, produtos acabados) e tem como objetivo transformar matérias-primas e componentes em produtos acabados, agregando valor ao fluxo de matéria;
- um sistema de gestão da produção o qual determina decisões fixando ordens de gestão transmitidas ao sistema físico. O sistema de gestão da produção permite, a partir de informações, comandar e controlar o sistema físico;

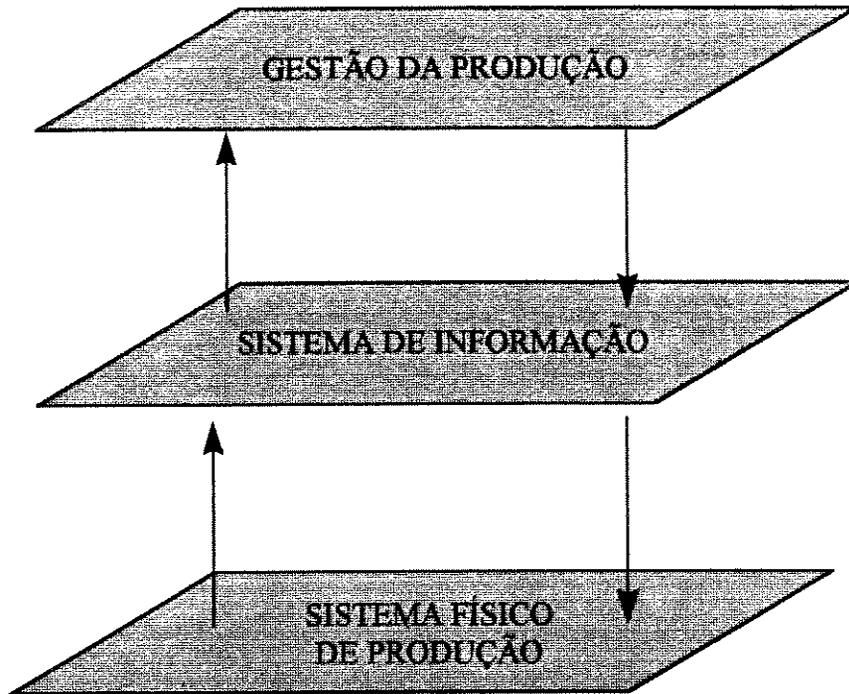


Figura 2.4 - Subsistemas do Sistema de Produção.

- um sistema de informação o qual permite transmitir, tratar e memorizar as informações necessárias, relativas ao sistema físico e o sistema de gestão da produção. Ele serve de ligação entre esses dois sistemas.

A seguir são descritas as principais funções de um sistema de gestão da produção e é colocado em evidência uma hierarquia clássica para a função de planejamento da produção.

2.3 - PRINCIPAIS FUNÇÕES DA GESTÃO DA PRODUÇÃO

O papel do sistema da gestão de produção é de planejar e controlar o sistema físico de produção (Doumeingts, 1992). As ordens transmitidas ao sistema físico são o resultado de tratamentos numerosos e variados que permitem transformar informações do estado da produção e informações de demanda de produtos (serviço comercial) em um conjunto de informações necessárias para poder definir o que, quanto, quando e como produzir. Este objetivo é obtido através das diferentes funções da gestão de produção que, independentes, porém coordenadas e sincronizadas entre si, permitem, por uma sucessão de transformações de dados e de decisões, atingir os objetivos fixados.

Entre as funções que podemos definir num sistema de gestão da produção, algumas são necessárias para todo tipo de sistema produtivo. É o caso das seguintes funções:

- Planejamento - maior função de todo sistema de gestão da produção, que tem por objetivo assegurar o domínio da produção pela coordenação e a sincronização entre a gestão de recursos (principalmente máquinas e homens) e de materiais;
- Gestão de Estoque - seu objetivo é o de assegurar o fornecimento de materiais (matérias-primas, componentes, subconjuntos) à produção, gerenciando os níveis de estoque desses itens;
- Compras - esta função completa a anterior pesquisando no mercado os materiais necessários na qualidade desejada, melhor tempo e no menor custo;
- Gestão de recursos (meios técnicos e humanos) - gerenciamento de recursos necessários para a produção e otimização da utilização de competências de operadores e máquinas para controlar capacidades e custos de produção;
- Gestão de Dados - esta função consiste em definir e atualizar o conjunto de dados necessários para efetuar os diferentes tratamentos envolvidos na gestão de produção. Entre esses dados, podemos citar as listas de materiais, os roteiros de fabricação, os recursos, os parâmetros de gestão, etc.;

Junto a estas principais funções que definimos como de base, podemos unir outras funções que, para certos tipos de empresas, podem ter um papel de maior ou menor importância:

- Controle de Qualidade - esta função deve assegurar que os produtos fabricados e os serviços fornecidos possuam um determinado nível de qualidade, correspondendo a parâmetros pré-estabelecidos;
- Manutenção - esta função tem como papel assegurar o bom estado de funcionamento dos meios de produção de modo a evitar as perturbações de ordem técnica sobre a fabricação;
- Gestão de Ferramentas - tem como função assegurar o fornecimento de ferramentas, dispositivos e fixações à produção;
- Expedição e Entrega - é a atividade de colocar à disposição do cliente os produtos fabricados;
- Recepção de Pedidos - esta função, geralmente de responsabilidade do serviço comercial, é fortemente ligada à gestão da produção. Ela recebe pedidos de clientes e fornece as

principais informações sobre as quais é baseado o conjunto de ações da gestão de produção. É necessário que a aceitação destes pedidos se faça de comum acordo com entre o serviço comercial e o serviço de produção;

- Projeto - compreende a definição dos produtos de acordo com as especificações dos clientes ou do serviço de marketing, considerando as possibilidades de fabricação na empresa, e a definição dos métodos de fabricação.

A figura 2.5 ilustra a organização de um sistema de gestão da produção e algumas de suas principais funções. Nas seções a seguir são detalhadas as principais funções relacionadas com este trabalho: gestão de dados, o planejamento, gestão de materiais, e a supervisão e controle da produção que faz a ligação do sistema de gestão com os sistema físico.

2.4 - GESTÃO DE DADOS

Os dados utilizados pelo sistema de gestão de produção podem ser classificados em três tipos:

- os dados originados no exterior do sistema de produção, constituídos principalmente de dados comerciais;
- os dados originados no sistema físico de produção permitindo conhecer o estado deste último (controle da produção);
- os dados descrevendo os recursos, os produtos e as informações derivadas destes últimos.

Inicialmente, a gestão de dados tinha por objetivo gerenciar o terceiro tipo de dado. Isto é, o conjunto de informações técnicas de caráter relativamente permanente e na qual a mudança de estado pode ser prevista (exemplo: as máquinas, planos de processos, os roteiros, etc.). Atualmente, a gestão de dados é estendida às informações de caráter aleatório, cuja evolução não é precisamente conhecida (estado do chão de fábrica, pedidos de cliente, etc.) pertencendo aos dois primeiros tipos.

Os dados técnicos permitem descrever um produto, sua fabricação, e os meios disponíveis para fabricá-los. Os principais dados técnicos são: os itens, as listas de materiais, os recursos, os planos de processos e roteiros de fabricação.

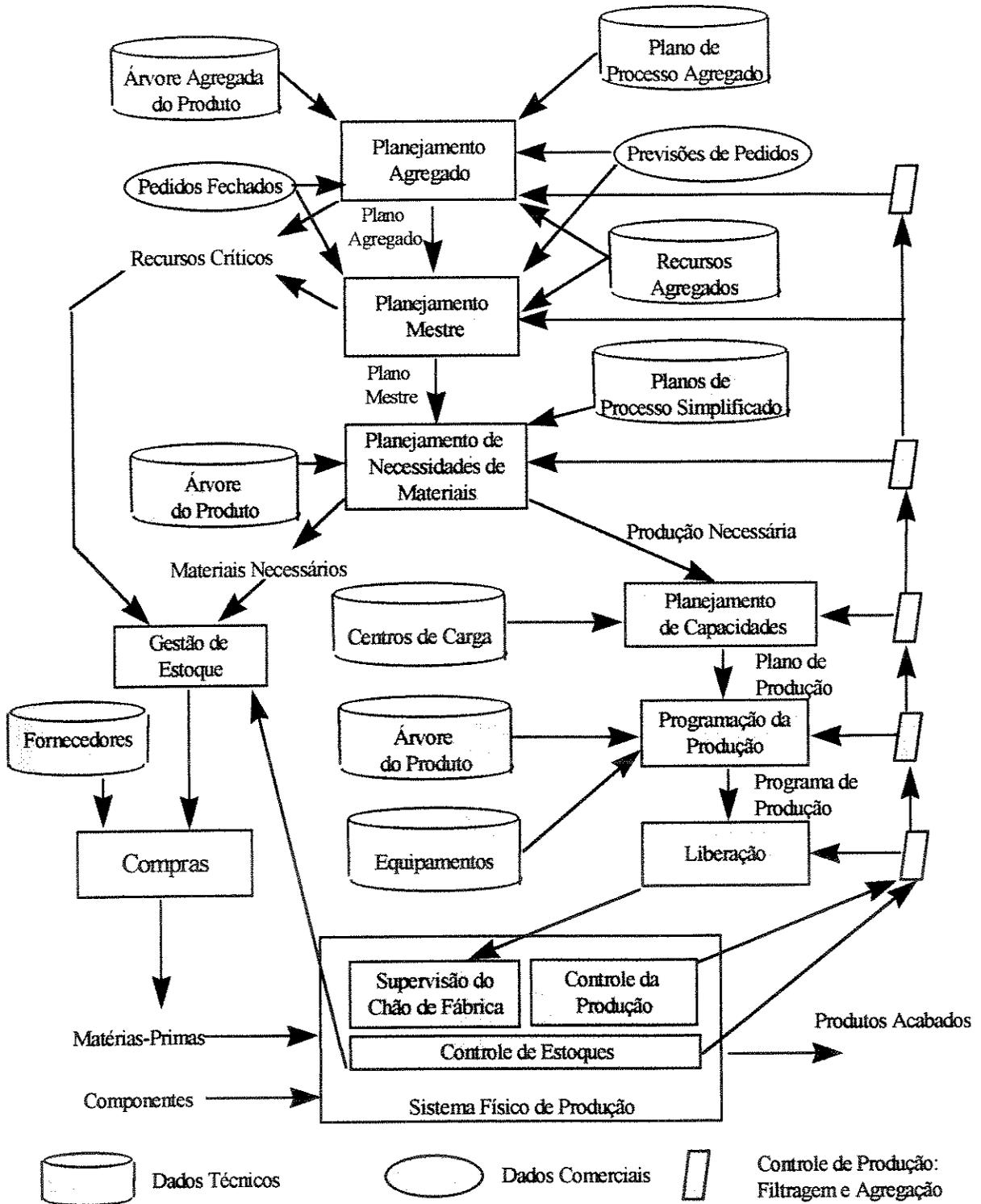


Figura 2.5 - Organização de um sistema de gestão da produção.

2.4.1 - OS ITENS

Os itens se referem aos produtos acabados e também aos itens intermediários constituindo os produtos (matérias-primas, componentes e subconjuntos). Por exemplo, dados de itens referem-se a sua identificação, dados técnicos de processos, parâmetros de gestão (como o seu nível de estoque) e aos custos.

2.4.2 - AS LISTAS DE MATERIAIS

Por definição, uma lista de material é um conjunto de informações sobre itens e a sua estrutura, como quais são os seus componentes e a quantidade que participa da sua composição (figura 2.6(a)). Ela permite determinar os materiais a comprar e deduzir o custo de material para fabricar o produto. Uma lista de material pode ser representada através de uma estrutura em nível (chamada árvore do produto), que define a dependências entre etapas de fabricação, assegurando uma melhor sincronização com a definição do plano de processo (figura 2.6(b)). Esta lista de material é utilizada para o cálculo das necessidades de materiais. Assim a lista de material é a descrição das relações entre itens (matérias-primas, componentes, subconjuntos, etc.) permitindo obter o produto acabado.

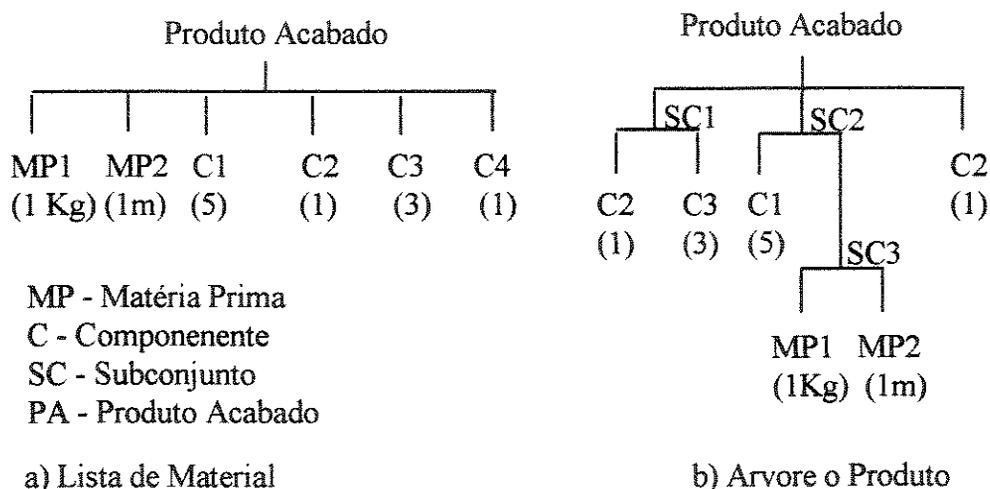


Figura 2.6 - Definição de lista de materiais.

2.4.3 - OS RECURSOS

Os recursos podem ser homens, máquinas, ferramentas, fixações, etc., necessários para realizar o conjunto de operações de produção. Por exemplo, um recurso pode ser caracterizado por sua natureza, sua possível utilização, seu número de identificação, sua capacidade de produção e sua localização. Em relação aos operadores, as suas qualificações, suas competências, etc., são exemplos de atribuições.

É necessário distinguir os dados específicos relativos às ferramentas (ferramentas de corte, de fixação, gabaritos, mandris, dispositivos, etc.). Algumas ferramentas podem ser utilizadas por vários recursos (homem ou máquina) e um recurso pode utilizar várias ferramentas. Exemplo de dados referentes às ferramentas são a duração da vida e os procedimentos de manutenção.

2.4.4 - OS PLANOS DE PROCESSOS E ROTEIROS DE FABRICAÇÃO

O plano de processo permite conhecer o processo de fabricação de um produto. Um plano de processo é definido por um conjunto de operações cuja sucessão permite a obtenção do produto final. Uma operação é caracterizada pela natureza desta atividade, tipos de recursos envolvidos, a duração das operações para uma unidade a fabricar, etc.. Existem vários tipos de planos de processos. Além dos planos de processos padrões de fabricação, existem os planos de processos alternativos, planos de controle de qualidade, de manutenção, de preparação, etc..

O roteiro de fabricação de um produto (ou lote de produto) é definido associando os recursos existentes no chão de fábrica às operações do plano de processo. Assim como os planos de processos, em uma fábrica também existem os roteiros padrões e os roteiros alternativos.

2.4.5 - A GESTÃO DOS DADOS

Gerenciar os dados é, no curso de seu ciclo de vida, atualizá-los, armazená-los, e transmiti-los aos serviços relativos. Conforme a função da gestão de produção, os dados são utilizados em diferentes graus de detalhe. Por exemplo, na função de planejamento agregado

da produção, pode se definir um plano de processo agregado que é o agrupamento de tempos de operações em uma estação de trabalho. Outro exemplo é a utilização de informações definidas para um conjunto de produtos possuindo um mesmo critério (critério comercial, técnico, de estocagem, etc.) como no caso de famílias de produtos.

Na gestão de recursos, as suas informações são importantes para poder planejar e adaptar a capacidade de produção ao volume de produção pedido pelo setor comercial. Isto pode ser realizado a partir de dados sobre a quantidade de operações (carga de trabalho) para cada recurso ou seu estado de disponibilidade (funcionando, quebrado, em manutenção, etc.).

A utilização do suporte computacional nesta função é imprescindível. Um sistema de informação facilita a manipulação de dados, o acesso em tempo real, a armazenagem e a atualização destes dados (Sartori, 1988). Em geral, os recentes sistemas de apoio à gestão da produção utilizam um banco de dados único onde se concentram todas as informações relativas a estes dados, eliminando redundâncias de informações e os problemas de coerência destas informações nos diferentes serviços.

2.5 - PLANEJAMENTO

O objetivo da função de Planejamento (Monks, 1987; Sacomano, 1991; Pires, 95) é sincronizar a fabricação de produtos e a utilização de recursos otimizando-os segundo alguns critérios (baixos níveis de estoques, carga constante dos recursos, etc.), em função das restrições internas (técnicas, organizacionais, etc.) e externas (clientes, fornecedores, etc.). A função de planejamento é a mais importante de todas as funções do sistema de gestão de produção porque é ela que assegura a coordenação geral das outras funções. O funcionamento das outras tarefas da gestão de produção depende de resultados obtidos do planejamento.

Para facilitar a tomada de decisões associadas, é necessário considerar vários níveis de preocupações caracterizadas pelos critérios temporais que definem o horizonte e o período de planejamento. Assim, antes de descrever funcionalmente a atividade de planejamento é realçada a necessidade de uma hierarquia.

2.5.1 - HIERARQUIA NO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Existem várias escalas de tempo sobre as quais decisões de planejamento devem ser feitas. Uma hierarquia de planejamento deve considerar desde as decisões de longo prazo, envolvendo a aplicação de capital e definição do volume de mão de obra até as decisões de curto prazo (Gershwin, 1986; Saad, 1990). Assim, trabalhando numa estrutura com vários níveis, a decisão de mais longo prazo torna-se a entrada, e uma meta para o nível inferior de decisão. Um outro aspecto a ser considerado é a realimentação da informação. O mundo real não é linear e determinístico como normalmente são os modelos utilizados para descrevê-lo. Ao contrário, é altamente não linear e aleatório, fato este que leva as realizações se diferenciarem das atividades planejadas. Esta diferença deve ser medida e realimentada para que os níveis hierárquicos superiores venham corrigir distorções ou estabelecer novas metas.

A alta gerência (visão corporativa) não possui os mesmos interesses e a necessidade de detalhe de representação de um sistema que aqueles requeridos por um operador (visão operacional). Assim, uma hierarquia torna-se importante para contemplar diferentes interesses no processo de tomada de decisão. Decisões tomadas para o longo prazo devem considerar a influência aleatória em intervalos de discretização maior com uma representação menos precisa do processo produtivo, contudo olhando-o como um todo. Já para um operador é importante os detalhes locais (por exemplo, como realizar uma operação, qual seqüência a seguir, etc.) para que venham ser atendidas as metas pré-determinadas. Alguns estudos consideram o sistema de produção como um sistema hierarquizado de decisão (Doumeingts, 1992; ISO, 1990).

Assim, será considerada neste capítulo, uma decomposição hierárquica (a terceira decomposição segundo a figura 2.3) compreendendo cinco níveis clássicos de planejamento que são por ordem de horizonte de tempo de planejamento decrescentes (figura 2.5):

- plano agregado;
- programa mestre;
- planejamento de recursos;
- programação;
- liberação da produção.

2.5.2 - PLANEJAMENTO AGREGADO DA PRODUÇÃO

O planejamento agregado da produção é uma atividade elaborada entre o setor comercial, setor de produção, compras e direção da empresa. Consiste no estabelecimento dos níveis gerais de produção, estoques e capacidades para um horizonte de longo prazo. Os fatores influenciando nesta atividade são: objetivos de lucro, previsão de vendas, planos de venda, objetivos de estoque, planos de orçamento de capital, disponibilidade de mão-de-obra e disponibilidade de instalações. A definição desse horizonte de planejamento não é tarefa fácil porque depende fundamentalmente de fatores externos ligados ao mercado e à estabilidade econômica. Numa situação de estabilidade, este horizonte tende a se estabelecer, em média, ao redor de 12 meses (Pires, 1995).

Nesse nível de planejamento, uma comparação de forma agregada da produção com a capacidade da empresa permite antecipar a tomada de decisões, tais como novos investimentos, subcontratações, admissões, aquisição de materiais críticos, etc.. No planejamento agregado os produtos da empresa são agrupados em famílias de produtos e são definidas unidades compatíveis para quantificar a produção como por exemplo toneladas/dia, horas/máquina, ou a definição de um produto-padrão. Vários modelos matemáticos são utilizados para determinar a previsão de demanda e o plano de produção agregado.

Particularidades de cada indústria, tais como previsibilidade da demanda e alto nível de repetibilidade dos produtos, fazem com que muitas vezes o planejamento agregado nem precise ser executado. Nesse caso, esta atividade tende a ser absorvida pelo planejamento mestre que é uma atividade subsequente e mais detalhada.

2.5.3 - PLANEJAMENTO MESTRE

O plano mestre consiste em estabelecer quando e em que quantidade cada produto acabado deve ser produzido para um determinado horizonte de planejamento e é um elemento fundamental na compatibilização entre o serviço comercial e de produção. Em situações normais trabalha-se com o horizonte de alguns meses, não ultrapassando um ano. O período varia de uma semana até um dia (Pires, 1995). O plano mestre de produção consiste geralmente de três fases: desenvolvimento, verificação e validação, manutenção e administração de mudanças. Ele está em constante estado de alteração, sendo que seu

horizonte pode ser dividido em três partes: plano sujeito a alterações, plano firme e plano congelado.

O plano mestre de produção está sujeito a fatores determinantes que podem constituir vantagens que a empresa pode aproveitar ou restrições e limitações que levam a produzir mais ou menos. Os principais são:

- previsão de vendas: que constitui a expectativa de vendas da empresa;
- capacidade de produção: que representa o potencial produtivo da empresa;
- disponibilidade de matérias-primas no mercado consumidor;
- recursos financeiros que a empresa tem a sua disposição para adquirir matérias-primas e demais recursos para produzir.

Na elaboração deste plano, as restrições impostas pela capacidade são verificadas num nível macro. Ou seja, para assegurar-se do realismo do plano mestre, antes de validá-lo, um cálculo de cargas globais é necessário.

2.5.4 - PLANEJAMENTO DE RECURSOS

O planejamento de recursos envolve o planejamento de necessidades de material e o planejamento de capacidades. Eles são realizados a médio prazo e fornecem os primeiros planos operacionais para a produção (Orlicky, 1975). Eles permitem, em função de ordens:

- definir as necessidades de materiais (plano de produção e plano de compras);
- ajustar capacidades e cargas (planejamento de capacidades);
- assegurar a sincronização entre a produção e as funções anexas (controle de qualidade, manutenção, entrega, etc.).

O horizonte deste nível de planejamento deve ser superior ao ciclo de fabricação dos produtos e a revisão deste plano está associada às variações significativas da demanda.

2.5.4.1 - Planejamento das Necessidades de Materiais pela técnica MRP

Os métodos clássicos para a determinação de necessidades, como por exemplo o sistema de estoque base ou sistema de período padrão, não são adaptados à gestão dos sistemas de produção atuais pois funcionam sob modelos de previsões estatísticas, supondo

que os consumos anteriores se repetem. Tais modelos não são úteis quando se referem a componentes ou subconjuntos porque suas demandas resultam das necessidades de produção de elementos “pais” (ou produtos acabados). Esta dependência é expressa pela árvore de produto. Esses métodos supõem uma demanda suficientemente regular. Geralmente esta demanda não é regular para os produtos acabados e muito menos para componentes. Assim, a capacidade do sistema fornecer os produtos pedidos nos prazos diminui quando o número de componentes a montar cresce. A razão reside no acúmulo de erros de previsões sobre o conjunto de elementos que compõe o produto quando essas previsões são geradas independentemente.

Os problemas gerados são:

- em caso de diminuição ou parada de venda de um produto, os estoques (inclusive os estoques intermediários) atingem um alto nível;
- em caso de um grande aumento das vendas, existe uma inércia de reação do sistema.

O conceito MRP (Material Requirements Planning) considera as necessidades de materiais em necessidades de materiais dependentes e independentes (Orlicky, 1975). Necessidades independentes são relativas aos produtos acabados e componentes de reposição. Elas são independentes da vontade da empresa e referem-se aos produtos pedidos pelos clientes. Necessidades de materiais dependentes são matérias-primas, componentes e subconjuntos entrando na composição de produtos vendidos. Elas são dependentes das necessidades dos materiais independentes (dependência expressa pela árvore de produto dos materiais independentes). Assim, as necessidades independentes podem ser “previstas”. As necessidades dependentes podem e devem ser “calculadas”.

O MRP é uma técnica para determinar a quantidade e o tempo para a aquisição de itens de demanda dependente, necessários para satisfazer a produção definida no Plano Mestre. O MRP pode ser decomposto em duas etapas de cálculos (figura 2.7):

- o cálculo de necessidades brutas (derivado do plano mestre);
- o cálculo de necessidades líquidas (necessidades brutas menos os estoques).

O cálculo de necessidades brutas permite, a partir de pedidos de clientes registrados e de previsões, definir as datas de necessidades em produtos. A árvore do produto e o plano de processo associados, que definem o ciclo de fabricação, permitem determinar no tempo as

necessidades brutas em subconjuntos, componentes e matérias-primas, para responder às necessidades de um produto acabado.

A segunda etapa, o cálculo de necessidades líquidas, consiste em definir se os componentes determinados pelo cálculo de necessidades brutas estão disponíveis em estoque, ou deve-se determinar uma ordem de fabricação ou compra (data e quantidade de itens a serem produzidos ou comprados).

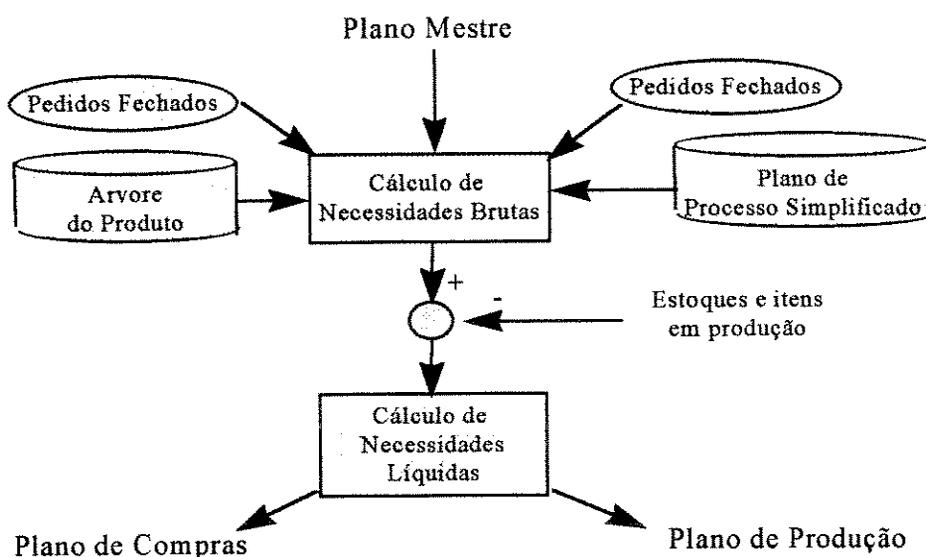


Figura 2.7 - Cálculo de necessidades de materiais utilizando a técnica MRP.

2.5.4.2 - Planejamento de Capacidades

A partir do cálculo de necessidades, que defini as quantidades de itens a fabricar e as datas associadas, pode-se calcular e repartir as cargas previstas aos centros de carga (agrupamento de recursos, geralmente caracterizados pela capacidade de realizar um mesmo tipo de processo ou pela capacidade de fabricação de um tipo de item).

O plano de processo associado ao item a fabricar define os centros de carga possíveis de serem alocados a fabricação do produto (Doumeingts, 1993). Ele também permite determinar o tempo de utilização dos recursos. Estas cargas são, em seguida, posicionadas no tempo segundo o cálculo de necessidades líquidas. A comparação entre a carga necessária e a capacidade dos centros de carga para cada período de tempo faz aparecer sobrecargas e capacidades não utilizadas, geralmente requerendo um ajuste entre cargas e capacidades.

As principais ações a empreender num ajuste de carga são:

- realocação da carga no tempo, alterando a data de início definida no cálculo de necessidades;
- alocação de uma carga a um outro centro de carga: utilização de um roteiro alternativo, definindo a fabricação do produto por outros meios, geralmente com os tempos de fabricação mais longos e os custos mais elevados;
- aumento da capacidade interna ou subcontratação de serviços;
- adiamento de uma operação e a definição de uma nova data de entrega: novo prazo a negociar com o serviço comercial e o cliente.

Estas diferentes ações permitem ajustar as cargas e as capacidades de produção. O resultado obtido caracteriza o plano de cargas, isto é, o volume de produção (número de horas de produção) por período, por centro de carga durante o horizonte considerado. Na definição deste plano de carga também devem ser consideradas as informações relativas às funções anexas de produção. É o caso da manutenção, o teste de novos produtos, o controle de qualidade, para os quais os recursos podem ser reservados e devem ficar indisponíveis por um intervalo de tempo.

2.5.4.3 - MRP II (Manufacturing Resource Planning)

Voltando ao princípio do cálculo de necessidades pela técnica MRP. O planejamento das necessidades gera, para matérias-primas, componentes e subconjuntos, as datas prevista de produção ou compra. O planejamento de capacidades é considerado posteriormente e de forma não integrada. Como já mencionado, deste fato pode aparecer conflitos entre cargas e capacidades. É a necessidade de integração entre o MRP e o planejamento de capacidade, entre outras, que levou ao desenvolvimento de sistemas que integram várias funções dentro do planejamento. Este é o objetivo da extensão da técnica MRP, chamada Planejamento de Recursos de Manufatura ou MRP II (Manufacturing Resource Planning) (Bastos, 1988; Fox, 1984).

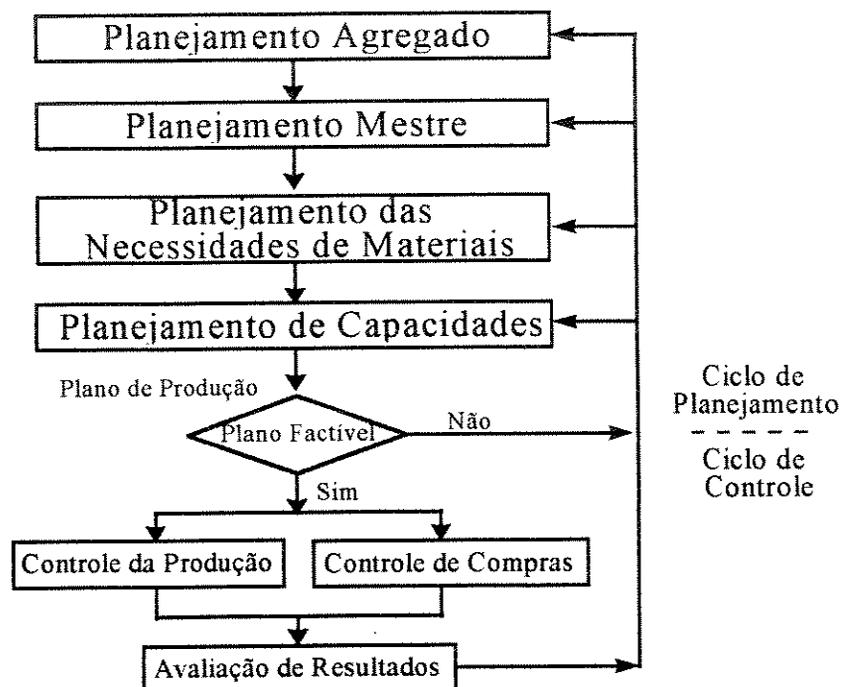


Figura 2.8 - Fluxograma do MRPII.

O MRP II é um sistema de informação que permite que sejam determinados os recursos necessários para a execução das atividades de produção da empresa. A figura 2.8 representa o fluxograma do sistema MRP II. Ele permite a avaliação de resultados que são obtidos durante a execução do planejamento, ao se comparar o planejado com o executado. Os resultados obtidos na operação da fábrica são parâmetros a serem comparados com os padrões estabelecidos pela administração. O MRP II funciona como um gerador de decisões ao nível estratégico e tático, através de relatórios de produção, os quais permitem ações gerenciais mais seguras em diferentes horizontes.

2.5.5 - PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

O nível de programação da produção consiste em detalhar e distribuir as ordens de fabricação. Seu objetivo é a melhor utilização dos operadores, equipamentos e as matérias-primas nos prazos para satisfazer às ordens. Para isto, ele se encarrega de determinar a sucessão no tempo, das diferentes tarefas, alocando estas tarefas aos diferentes meios de fabricação e otimizando vários critérios (tempo mínimo de passagem pelo chão de fábrica, custo mínimo, etc.). É uma operação muito delicada devido ao volume de informações a tratar e as diferentes regras a seguir. Também é uma função raramente implantada de maneira satisfatória nos sistemas computacionais.

O horizonte de uma programação é da ordem de duas semanas ou corresponde à duração de dois ou três períodos do plano de produção que se deseja implantar. O período de revisão deste planejamento depende de modificações significativas da fabricação transmitidas pelo controle de produção e de outra parte, de restrições de tratamento da informação sobre a produção. É evidente que não se pode gerar uma programação em tempo real, se a duração do tratamento manual ou computadorizada é da ordem de várias horas. Geralmente, este período é de um ou dois turnos.

As restrições na programação se situam em três tipos:

- caracterização das operações,
- definição dos recursos de produção,
- definição de critérios.

As restrições do primeiro tipo são definidas em parte no plano de processo. Elas se referem à definição de cada tipo de operação (duração da operação, recursos necessários e outros dados técnicos) e de regras de sucessão de operações. Na sua definição está associada a relação operação-recurso caracterizando os recursos com os quais podem ou devem ser atribuídas as operações. O segundo tipo está relacionado com a disponibilidade dos recursos e também a sua organização. O último tipo de restrição é relativo a definição dos critérios a satisfazer. O critério temporal consiste em minimizar o tempo de passagem pelo chão de fábrica de uma ordem, os tempos de transferência, e os atrasos em geral. O critério recursos é referente ao pleno emprego dos recursos e o nível mínimo de estoques e materiais em processo. Enfim, os critérios referentes a custos e a qualidade dos produtos também devem ser considerados. Com o objetivo de satisfazer estes critérios, vários métodos de programação da produção são estabelecidos (Rodammer, 1988; Ploszajski, 1993).

Os métodos de programação são caracterizados por dois tipos de tratamento (figura 2.9). O sistema de programação é caracterizado por uma caixa preta, transformando os dados de entrada em dados de saída ou resultados. No primeiro caso (figura 2.9(a)), a solução esperada é obtida diretamente. No segundo caso (figura 2.9(b)), o resultado obtido é comparado com o objetivo fixado e, se a diferença é significativa, um novo tratamento é realizado modificando os dados de entrada:

- i) Métodos baseados na otimização: para estes métodos, a otimização se traduz na pesquisa da solução ótima, com a ajuda de um modelo matemático apoiando-se por exemplo na programação linear, ou na programação dinâmica ou na teoria de grafos. Soluções são possíveis em casos particulares. A vantagem é a de obter, teoricamente, uma solução ótima. Os inconvenientes são a complexidade de modelos (geralmente de precisão insuficiente) e o tempo de tratamento computacional;
- ii) Métodos baseados em heurísticas: o método heurístico é caracterizado pela pesquisa de uma solução a mais próxima dos objetivos a atingir. Entre os métodos desta categoria, pode-se citar os métodos de simulação, a teoria de filas, a técnica de Branch e Bound e regras heurísticas.

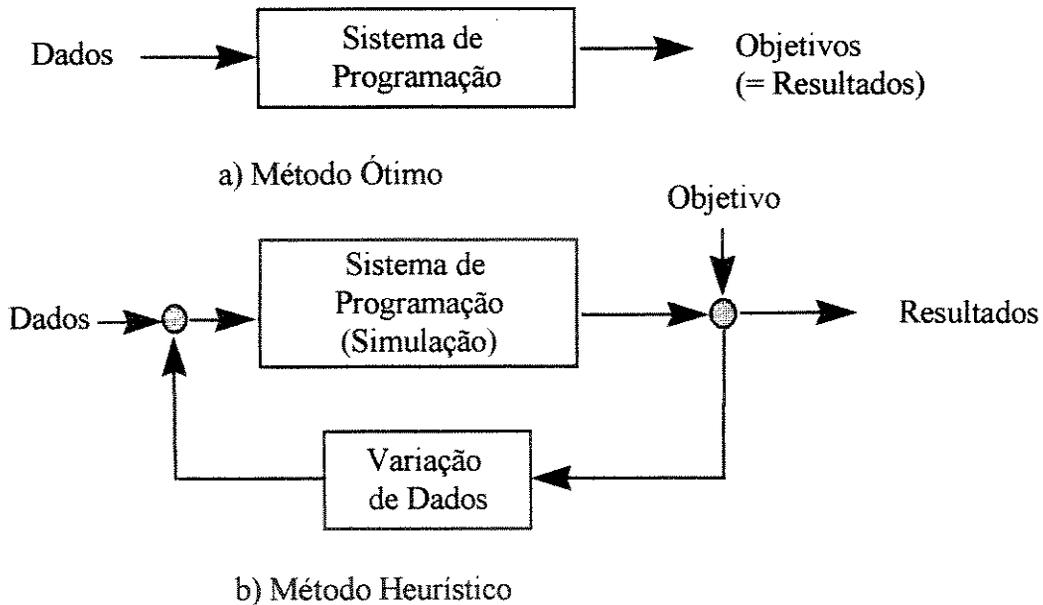


Figura 2.9 - Métodos para a programação.

2.5.6 - LIBERAÇÃO

A liberação consiste em transmitir e coordenar as diferentes ordens aos meios de produção seguindo o planejamento definido pela programação e o estado do sistema de produção no momento considerado (figura 2.10).

O papel desta função não se limita apenas à edição de documentos de fabricação. Um outro aspecto desta função, consiste na decisão sobre a escolha da sucessão das ordens no período de programação definido e também sobre as modificações a executar no caso de perturbações de funcionamento do chão de fábrica. Então, sua finalidade é também regular o

processo de fabricação que começa a desviar do objetivo fixado pelo planejamento. A técnica Kanban (Sacomano, 1990) pode ser utilizada nesta função.

Em geral, os documentos de fabricação transmitidos para cada ordem de fabricação são:

- a ficha de acompanhamento que define o conjunto de operações à realizar para a obtenção de um componente ou produto final e segue-o ao longo de sua fabricação;
- para cada operação, as ordens de operação descrevendo esta operação, os tempos previstos, as pessoas envolvidas, os materiais a utilizar, etc.;
- as ordens de saída de material, permitindo efetuar as saídas de subconjuntos, componentes, ou matérias-primas necessárias para a fabricação do produto.

O principal benefício introduzido pelo suporte computacional para esta função é a flexibilidade introduzida. Através dela pode-se, rapidamente, modificar e transmitir documentos referentes a ordens, obter informações sobre a disponibilidade de materiais, ferramentas, estado de máquinas, etc..

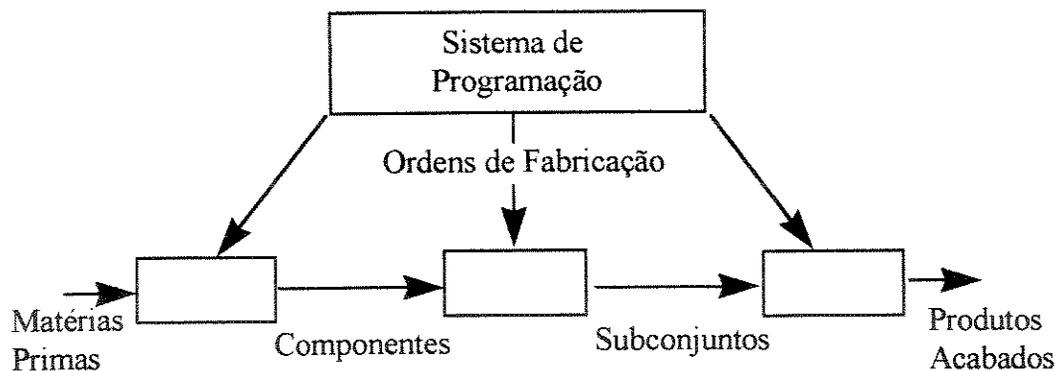


Figura 2.10 - Princípio da liberação.

2.6 - SUPERVISÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Estas duas funções correspondem ao nível executivo da gestão de produção. Sua finalidade é garantir, através de uma gestão em tempo real dos recursos, a execução dos objetivos fixados pela gestão de produção e informar o estado do sistema físico de produção no momento considerado (figura 2.11).

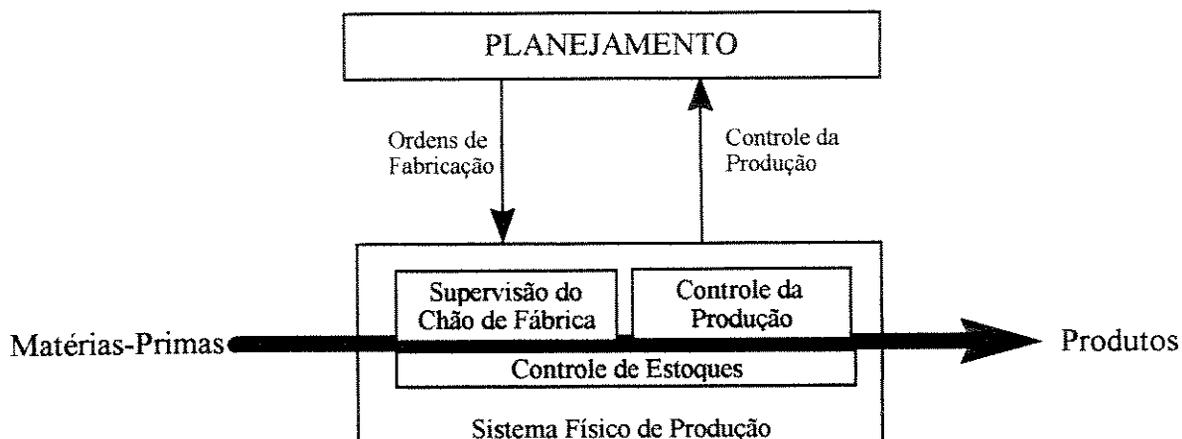


Figura 2.11 - Relações entre o planejamento e o sistema físico de produção.

2.6.1 - SUPERVISÃO DA PRODUÇÃO

A supervisão da produção tem como objetivo fazer respeitar as ordens emitidas pela gestão da produção. Na verdade, as situações nas quais podem-se encontrar o chão de fábrica são potencialmente infinitas e podem corresponder a diversas aleatoriedades (panes de máquinas, quebra de ferramentas, ausência de operador, etc., ou também suas combinações). Mesmo sendo a finalidade da gestão da produção reduzir a incerteza, é impossível prever todas estas situações. Ainda, certas ações mínimas, contudo indispensáveis, não são consideradas pelos níveis superiores. Então, a supervisão da produção deve:

- realizar o conjunto de atividades necessárias à coordenação do sistema físico de produção;
- reagir à toda perturbação para que os resultados da produção sejam os mais próximos daqueles planejados pela gestão da produção;
- coletar as informações necessárias ao controle da produção.

2.6.2 - CONTROLE DA PRODUÇÃO

O controle da produção permite fornecer aos supervisores uma fotografia da produção em um instante determinado (Burbidge, 1983). No ciclo de controle (figura 2.12) que constitui um sistema de gestão de produção, seu papel é primordial porque ele corresponde ao aparelho sensitivo da função de gestão. Ele é indispensável na tomada de decisão porque permite fornecer os dados necessários para comparar os resultados reais aos resultados planejados.

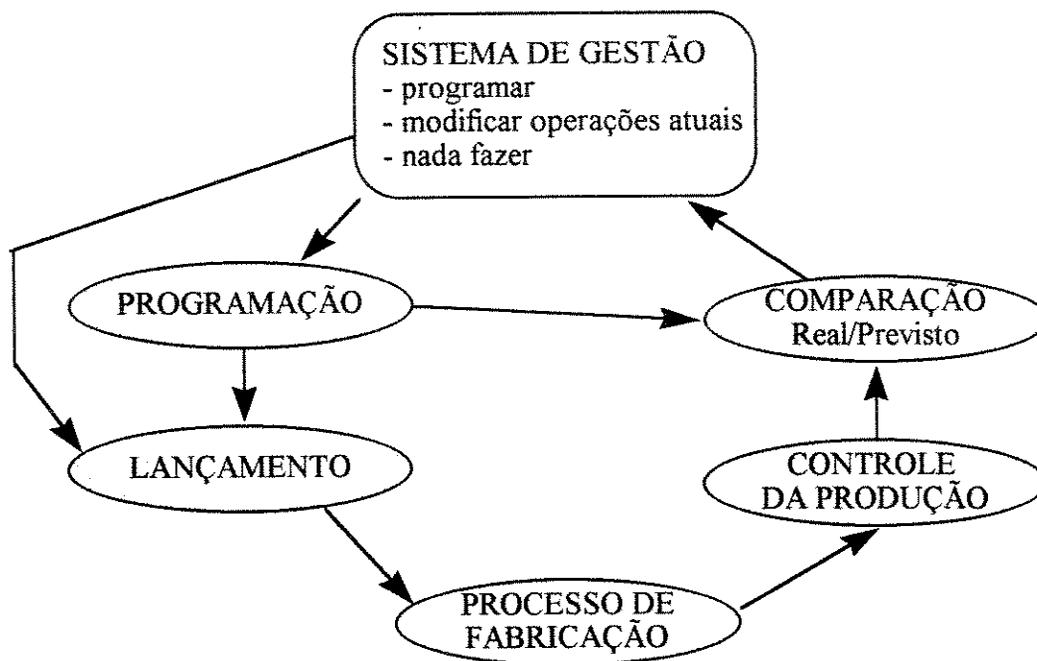


Figura 2.12 - Malha de controle para a Gestão de Produção.

As diferentes atividades relacionadas com o controle de produção são:

- a coleta de informação;
- o tratamento da informação;
- a armazenagem da informação.

Os dados a coletar podem ser classificados em três categorias:

- dados de produção (operações, alocação de recursos, quantidades de produtos);
- dados relativos ao funcionamento e problemas com as máquinas (tempos de produção e parada, causas da parada e ações empreendidas);
- dados relativos às ferramentas (alocação de ferramentas, tempos de utilização, taxa de utilização, locais e modos de estocagem).

A definição, a natureza, e a importância dos dados amostrados durante o controle de produção dependem das aplicações e de suas utilizações. Na definição de um sistema de controle de produção, também é necessário especificar os eventos que controlam a coleta das informações. Por exemplo, dados relativos às operações devem ser registrados no curso ou no fim das operações? Dados associados aos operadores devem ser amostrados no fim da jornada ou da semana? Por equipe ou todo o chão de fábrica? É importante o projeto desta coleta de informação por ter repercussões incalculáveis sobre o sucesso ou fracasso da gestão

de produção. A informação deve ser coletada na fonte. Os procedimentos de coleta devem ser simples, não redundantes e sem ambigüidade.

O emprego do suporte computacional proporciona vantagens em dois aspectos:

- confiabilidade do levantamento das informações relativas ao sistema de produção;
- rapidez no tratamento de informações levantadas e na disponibilização destas aos gerentes.

2.7 - GESTÃO DE MATERIAIS

A gestão de materiais é estruturada em duas funções:

- a gestão de necessidades;
- a gestão de compras.

Se o papel da gestão de necessidades é o de assegurar o fornecimento de materiais, a missão do serviço de compras é de encontrar os materiais necessários, com o melhor preço e nos prazos determinados. A relação entre as funções de gestão de necessidades e de compras é grande. Contudo seus objetivos são diferentes e frequentemente entram em conflitos. A origem destes conflitos residem em uma definição ambígua das responsabilidades de cada um. A gestão de necessidades define as datas nas quais os produtos devem ser colocados a disposição da fabricação. Se, por razões de custos, o setor de compras é levado a modificar estas datas ou quantidades, esses objetivos não poderão ser atingidos. Então, é necessário que exista uma coordenação entre estas duas funções e que os limites de decisão de cada uma sejam bem definidos. Estes limites variam segundo as empresas e produtos. Antes de apresentar cada uma dessas funções, examinar-se-á a dinâmica de evolução entre três entidades: as necessidades, os estoques e as compras.

2.7.1 - EVOLUÇÃO DAS NECESSIDADES, COMPRAS E ESTOQUES.

A figura 2.13 ilustra a dinâmica das necessidades, compras e estoque. Esta figura evidencia os fluxos físicos e de informação. A partir de um cálculo de necessidades, que considera as ordens passadas pelo serviço comercial, os estoques existentes na empresa (em termos de produtos acabados, matérias-primas e componentes intermediários) e as ordens em curso, é possível definir uma necessidade líquida. As necessidades são transmitidas ao serviço de compras que vai emitir ordens de compra aos fornecedores. Toda esta cadeia é baseada em

uma transferência de informações. O fornecedor vai entregar os materiais pedidos sob forma de fluxo físico.

Assim que estes materiais entram na empresa e são contabilizados, tornam-se um estoque. O estoque é uma noção que corresponde a vários estados de evolução do produto entre matéria-prima e produto acabado. Constata-se então, que as necessidades, compras e estoque exprimem o mesmo objeto sob formas diferentes (informação ou fluxo físico) e a um estado diferente do ciclo de produção do produto (produto comprado, produto estocado, produto em curso de fabricação, produto a entregar).

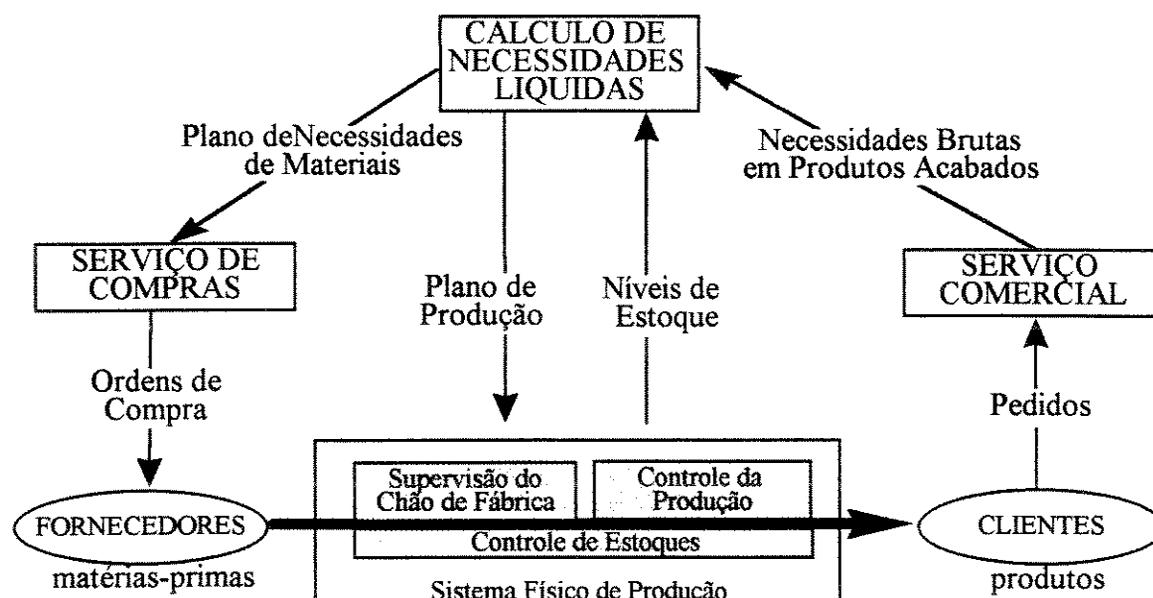


Figura 2.13 - Dinâmica de evolução de necessidades, compras e estoque.

2.7.2 - GESTÃO DE NECESSIDADES E DE ESTOQUE

O papel desta função é de assegurar à produção o fornecimento de materiais de que ela tem necessidade, e no devido tempo (Wight, 1984; Sacomano, 1990). Para facilitar este objetivo, um estoque é considerado. Ele permite a regulagem da produção. Este papel de ‘amortecedor’ pode intervir em qualquer estado da produção (antes, durante ou entre duas operações). A criação de estoques permite:

- manter a independência entre as operações e, conseqüentemente, uma certa flexibilidade na programação;
- fazer face à variação de prazos de fornecimento de matéria-prima, (componentes ou subconjuntos);

- assegurar um bom serviço aos clientes, proporcionando prazos de entrega mais curtos que os ciclos de fabricação (estoque de subconjuntos e produtos acabados).

Toda empresa possui uma política de estoque. O problema é saber em qual estágio da produção devem ser estocados os materiais, e em qual forma e qual volume devem ser necessários os estoques. Por razões econômicas, não pode-se permitir estocar qualquer quantidade de qualquer item. Então, é indispensável definir políticas de gestão de estoque e de colocar em execução um sistema permitindo gerenciar estes estoques.

2.7.2.1 - Classificação de Itens

O objetivo desta classificação é permitir a construção de uma tabela de decisão para os gerentes. Esta tabela ajuda a especificar os itens mais críticos. Os principais critérios de classificação utilizados referem-se ao valor do item, o consumo anual, as margens sobre o custo variável, a rotação do item, etc.. O mais conhecido método de classificação é o método ABC que define três classes ordenando os itens em ordem crescente de custo de investimentos em estoque (figura 2.14). A dificuldade do estabelecimento destas classes consiste na definição dos limites entre elas. Para cada classe, são definidas regras de gestão em função de critérios caracterizando a classe. Estas regras de gestão, e também a definição de classes, devem ser periodicamente revistas. Com a informatização desta função, todos os itens são classificados e regras de gestão são implementadas.

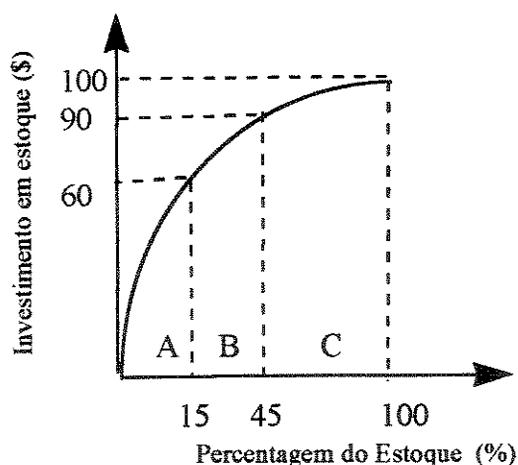


Figura 2.14 - Classificação ABC.

2.7.2.2 - Cálculo de Necessidades

O cálculo de necessidades consiste em definir a quantidade e a data que cada item deve estar disponível para a produção. Este cálculo permite estabelecer exatamente as quantidades de materiais necessários para a fabricação de produtos. Um primeiro método de gerenciar os itens consiste em requisitar apenas aquilo que é necessário à produção (em quantidade e data) segundo o resultado das necessidades líquidas, como no caso da técnica MRP. Este método se aplica aos itens possuindo um certo valor ou uma certa criticidade. Em geral são os itens pertencendo à categoria A da classificação ABC. O segundo método consiste em verificar o consumo de itens e determinar o instante de requisição. Os principais métodos são:

- requisição em função de uma quantidade base de estoque;
- requisição de período constante.

A distinção básica entre estes dois modelos consiste no fato de que no primeiro a requisição de itens é emitida em função de um evento (o fato do nível de estoque ser menor que a quantidade base de estoque) enquanto que no segundo a requisição é periódica. No primeiro caso, a cada retirada do estoque, compara-se o estoque com uma quantidade de base ou mínima. Atingindo-se esta quantidade, um pedido de compra para este item é emitido. Senão, o sistema fica no mesmo estado até a próxima retirada. No segundo caso, a quantidade requerida depende do estado dos estoques no momento em que são analisados. Este sistema necessita, em geral, de um nível de estoque mais criterioso que no primeiro caso para se precaver contra um forte aumento do consumo destes itens durante o período considerado. Por outro lado, o primeiro modo necessita uma maior frequência de verificações de saída de estoque, mas ele responde melhor à variação do consumo. Infelizmente, estes modelos se apoiam em hipóteses de cálculos baseados em leis estatísticas de consumo que podem ter pouca relação com a realidade atual e então conduzir à erros catastróficos, sobretudo financeiro. É por isso que eles são aplicados a apenas alguns itens julgados poucos críticos. Referindo-se à classificação ABC, o método baseado na quantidade base pode ser utilizado pela categoria B e o método baseado em período constante para a categoria C.

2.7.4 - COMPRAS

A função compras é organizada em torno de dois tipos de atividades (figura 2.15):

- a longo prazo, a definição de fornecedores e de mercados;
- a curto prazo, a emissão e controle de pedidos.

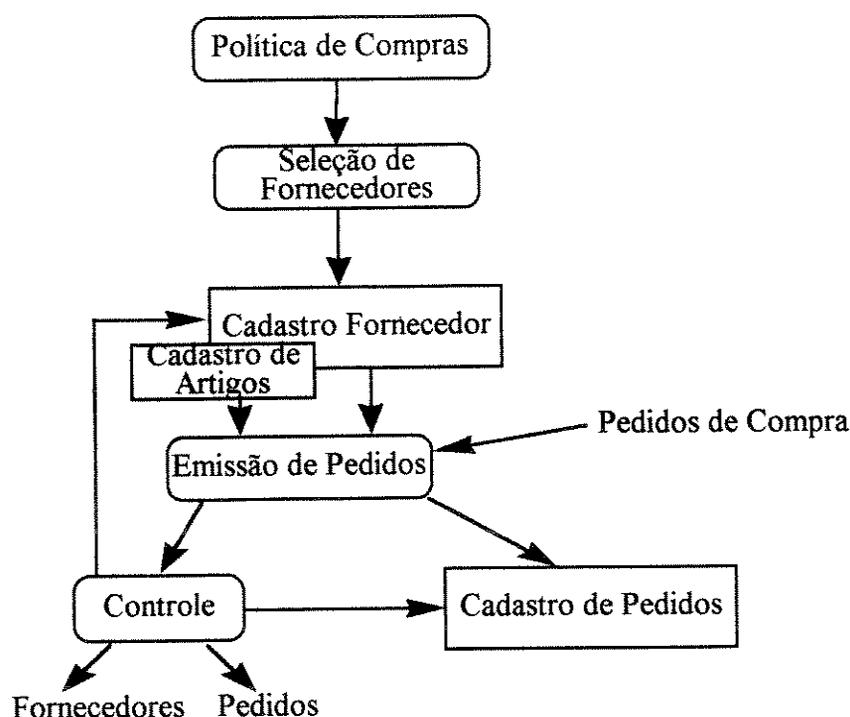


Figura 2.15 - Atividades da função compras.

A pesquisa de fornecedores é uma das principais atividades dos compradores. Ela envolve negociações com os fornecedores, a análise de qualidade e o marketing de fornecedores. Entre os principais critérios de seleção de um fornecedor, podemos citar a qualidade dos seus produtos, o respeito aos prazos, o custo de compra, a capacidade técnica de produção, e o serviço técnico após venda. Nestas negociações também são definidas a exclusividade de itens. O conjunto de resultados obtidos (informações relativas aos fornecedores e aos produtos) é armazenado em dois cadastros: o cadastro de fornecedores e o cadastro de produtos. As ligações entre estes dois cadastros definem quais itens podem ser propostos por um determinado fornecedor ou quais fornecedores podem propor determinado item.

Se o conjunto de dados necessários foi bem definido na etapa precedente, a emissão de pedidos de compra torna-se muito simples, e pode ser facilmente automatizada. O papel do comprador consiste em verificar a conformidade dos documentos de pedido de compra, transmitidos pelo serviço de planejamento e dos documentos contendo informações (técnicas ou comerciais) sobre os fornecedores.

O controle de pedidos tem como objetivo assegurar que o pedido efetuado seja satisfeito nos devidos prazos. Vários tipos de supervisão podem ser aplicados segundo a importância do item pedido, a confiabilidade do fornecedor e a origem da necessidade deste produto. Controles de tipo técnico também podem existir durante este período.

O suporte computacional proporciona uma ajuda importante na função de gestão de compras tirando dos gerentes tarefas administrativas, as vezes cansativas, permitindo-os se empenhar melhor ao aspecto de gestão. Um sistema de informação agiliza o controle de pedidos porque ele permite tratar facilmente um grande volume de dados e sobretudo armazená-los. As principais sub-funções de um sistema informatizado são:

- a gestão de informações de fornecedores: identificação, condições de pagamento, etc., e a atualização desses informações;
- o controle de pedidos de compras: emissão de pedidos, confirmação, supervisão e pagamento de pedidos;
- a elaboração de pedidos: seja de modo automático, ou seja de modo indireto, fornecendo o conjunto de informações necessárias;
- a recepção de pedidos de compras: a informática assegura as operações a executar, desde a chegada de um pedido de compra até a entrada em estoque de itens controlados.

2.8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentados os principais aspectos de uma hierarquia clássica de gestão da produção de empresas. É verificado que ela é constituída de vários processos (operacionais e de decisão) interrelacionados, fazendo uso de um enorme volume de informações referentes principalmente a planos, produtos e recursos. No projeto de um sistema de gestão da produção esses planos, produtos e recursos bem como as informações relativas devem estar organizadas para coordenação, controle e reação do sistema de produção. Para tratar com esta complexidade no projeto e integração de um sistema de

produção deve-se utilizar ferramentas de modelagem e análise que tratam de todos esses aspectos.

No capítulo seguinte é realizada uma introdução aos conceitos de modelagem e integração de empresas e uma comparação entre linguagens de modelagem. A linguagem de modelagem CIMOSA, identificada como a mais adequada para modelar os aspectos de sistemas relativos a gestão da produção, é também descrita.

Capítulo 3

MODELAGEM E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

Este capítulo descreve conceitos relativos a integração e modelagem de empresas. Um estudo comparativo entre arquiteturas, metodologias e linguagens aplicáveis a sistemas de produção é apresentado. A seguir, a arquitetura CIMOSA e sua linguagem para modelagem são apresentadas.

3.1 - INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

As tendências dos negócios estão claramente na direção de mudanças operacionais e na organização das empresas para fazer face à competição global e flutuações das condições do mercado. Ainda, a complexidade de novos produtos requer um melhor gerenciamento dos processos de negócios e que estes sejam exercidos de forma colaborativa, exigindo coordenação e integração.

Integração de Empresas visa facilitar o fluxo de informação, de material e o seu controle através da empresa conectando todas as funções necessárias e entidades funcionais heterogêneas com a finalidade de melhorar a comunicação, cooperação e coordenação dentro de um processo integrado de produção. A empresa integrada deve operar como um todo, melhorando sua produtividade, flexibilidade e capacidade de gerenciamento de mudanças. Exemplos de entidades heterogêneas da empresa a serem integradas são sistemas de informação, equipamentos, aplicativos e pessoas.

Pode-se dizer então, que a integração de empresas é originada de diferentes necessidades:

- integração de mercados;
- integração de diferentes locais de manufatura e desenvolvimento;
- integração de fornecedores e consumidores;
- integração entre a manufatura e projeto;
- integração de componentes de hardware e software de diferentes fornecedores.

Basicamente os objetivos da integração de empresas são:

- possibilitar a comunicação entre as várias entidades funcionais da empresa;
- fornecer interoperabilidade de aplicativos através da Tecnologia de Informação;
- facilitar a coordenação de entidades funcionais da empresa para a execução dos processos de negócios e então atingir os objetivos do negócios;

Pode-se destacar alguns tipos de integração (Vernadat, 1996):

- Integração Horizontal e Integração Vertical;
- Integração Intra e Entre-empresas;
- Integração de Sistemas Físicos, Integração de Aplicativos e Integração de Negócios;

3.1.1 - INTEGRAÇÃO HORIZONTAL E INTEGRAÇÃO VERTICAL

Integração Horizontal trata da integração física e lógica dos processos de negócios de uma empresa de manufatura, do pedido de produtos à sua entrega, sem considerar as vizinhanças organizacionais (limites departamentais ou setores). Este tipo de integração é geralmente dependente da utilização de tecnologia (como o uso de redes de computadores) e é realizada num dado nível organizacional. Exemplos são: a integração entre salas de engenharia e projeto para o desenvolvimento de produtos e processos (engenharia simultânea); e a utilização de JIT no planejamento e controle da produção para a integração da cadeia de produção.

A Integração Vertical é relativa à integração de vários níveis de gerenciamento (integração de unidades de decisão). Cada um desses níveis define um conjunto de restrições para o nível seguinte de gerenciamento (exemplo são planos de produção), que por sua vez fornece informações para o nível superior (como relatórios de estado da produção).

3.1.2 - INTEGRAÇÃO INTRA E ENTRE-EMPRESAS

Integração Intra-empresa é a integração dos processos de negócios internos a uma dada empresa, cobrindo o fluxo de informação, o fluxo de material e o fluxo de controle. Assim, a integração dos componentes da empresa é condicionada pela integração dos processos de negócios.

Integração Entre-Empresas é a integração dos processos de negócios de uma dada empresa com processos de negócios de outras empresas, ou mesmo o compartilhamento de algumas partes de processos de negócios com as diferentes empresas cooperativas. Integração entre-empresas é a base para o conceito de Empresa Estendida ou Empresa Virtual ou ainda Empresa Cooperativa (Park, 1997; Zhou, 1997; Carvalho, 1997).

3.1.3 - INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FÍSICOS, DE APLICATIVOS, E DE NEGÓCIOS

Esta seção trata de três diferentes tipos de integração de empresa: a Integração de Sistemas Físicos, a Integração de Aplicativos e a Integração dos Negócios (AMICE, 1993).

A Integração de Sistemas Físicos concerne com a interconexão de componentes físicos de sistemas da empresa por meio de redes de computadores e protocolos de comunicação. Esta área de pesquisa está muito ativa e tem resultado em desenvolvimentos baseados no padrão OSI (Open System Interconnection) tais como MAP, TOP, ou CNMA como também produtos não OSI. Podemos citar desenvolvimentos recentes neste campo como redes de alta velocidade, integração de serviços, redes de comunicação multimídia, e o World Wide Web (WWW) na Internet.

A Integração de Aplicativos concerne com a interoperabilidade e o compartilhamento de informação entre sistemas. Exemplos são o compartilhamento de informações entre sistemas CAD/CAE usando STEP e a troca de dados administrativos usando a troca eletrônica de dados (EDI - electronic data interchange). Formatos neutros para dados compartilhados, protocolos de troca de dados, e interfaces de programas aplicativos como também uma infraestrutura de tecnologia de informação são necessários para este tipo de integração.

A Integração de Negócios trata da integração total da empresa, isto é, coordenação de processos de negócios e compartilhamento de conhecimento. Para obtê-la é necessária uma análise detalhada das operações, regras, e estrutura da empresa em termos de funções, sistemas de informações, recursos, aplicações, e unidades de organizações.

Estudos mostram que a integração de sistemas físicos foi a primeira a ser considerada no início da década de 70 e continuou de forma intensiva na década de 80. Trabalhos foram realizados com as sete camadas do padrão OSI/ISO, e então com o desenvolvimento de protocolos de manufatura e automação como MAP. Estes estudos também mostram que a integração de sistemas físicos pode fornecer apenas um nível limitado de integração. Para aumentar este nível, a integração de aplicativos deve ser considerada. Ela começou na década de 80 e está avançando com os trabalhos relativos a STEP e EDI para a troca de dados compartilhados, desenvolvimento de serviços para sistemas abertos e plataformas de integração para aplicativos interoperáveis em ambientes distribuídos. Ainda assim, apenas um certo nível de integração pode ser atingido pela empresa. Para atingir a integração de negócios, é necessário entrar com o nível de conhecimento da empresa, isto é, entender sua organização e como os processos de negócios trabalham, modelá-los e integrá-los. Trabalhos recentes têm sido realizados por programas financiados por entidades governamentais como os programas ICAM, IPAD, e CALS Initiative ou Enterprise Integration Program (EIP) nos EUA, e CIMOSA na Europa através de projetos ESPRIT.

Assim, para uma integração completa são necessários (i) uma infraestrutura de integração (hardware e software fornecendo integração física e de aplicativos) e (ii) um modelo de empresa (base de conhecimento da empresa fornecendo unificação semântica de vários conceitos utilizados). Este trabalho aborda a modelagem e integração de processos de negócios da empresas.

3.2 - MODELAGEM DE EMPRESAS

Modelagem de empresas é um conjunto de atividades ou processos usados para desenvolver os vários modelos de empresas para atingir alguma finalidade desejada (Pantakar, 1995; Vernadat, 1996).

3.2.1 - OBJETIVOS DA MODELAGEM DE EMPRESAS

Em geral, os propósitos da modelagem de empresa são:

- projetar ou reprojeter, integrar e especificar uma parte da empresa (aspectos funcionais, comportamentais, de informação, de organização e/ou aspectos estruturais);
- melhor representar e entender como a empresa (ou alguma parte) funciona;
- capitalizar o conhecimento adquirido ou *know-how* para posterior reutilização;
- racionalizar e assegurar o fluxo de informação;
- simular e analisar o comportamento de algum aspecto da empresa (análise econômica, análise organizacional, análise quantitativa, análise qualitativa, *layout* de equipamentos, etc.);
- tomar melhores decisões sobre a operação e a organização da empresa;
- controlar, coordenar ou monitorar alguma parte da empresa (isto é, algum processo).

3.2.2 - ESCOPO DA MODELAGEM DE EMPRESAS

Basicamente, a modelagem de empresas está relacionada com respostas às questões como: “O que”, “Como”, “Quando” e “Quem” da empresa. O “O que” refere-se às operações e objetos processados pela empresa. “Como” refere-se a definição do comportamento da empresa, ou a maneira como as coisas são feitas. O “Quando” fornece a noção de tempo e está associado aos eventos representando mudanças no estado da empresa. O “Quem” refere-se aos recursos ou agentes da empresa. Os aspectos “Quanto” (por exemplo aspectos econômicos) e “Onde” (aspectos logísticos) também são aspectos importantes a serem considerados.

Aspectos básicos a serem modelados e integrados em um sistema de produção podem ser definidos em termos de:

- Produtos: modelos de produto e de processos (dados técnicos e modelos de processos descrevendo como produzir os produtos);
- Recursos: máquinas, homens, equipamentos computacionais e software;
- Informação: banco de dados CAD, CAPP, ... ;
- Organização: níveis organizacionais e de decisões, ordens, pedidos, requisições, etc.;

- Processos de negócios: processos de manufatura, administrativos, gerenciais, técnicos ou processos de suporte;
- Homens: complexo dentro da modelagem de empresas, porém de grande importância devido a sua habilidade e flexibilidade de comportamento.

Então, um modelo de empresa geralmente consiste de vários modelos como modelos de produtos, recursos, de atividades, informação, organização, modelos econômicos, e estruturas de decisão, sendo que para seu desenvolvimento são necessárias várias técnicas e ferramentas de suporte.

3.2.3 - ENGENHARIA DE EMPRESAS E TÉCNICAS PARA MODELAGEM

Uma questão central no projeto e controle de empresas de manufatura é encontrar uma maneira de gerenciar complexidades do ambiente de manufatura. Esta complexidade se materializa em centenas de processos a serem controlados e coordenados, as centenas de variantes de produtos a serem gerenciadas, as milhares de ordens a serem executadas, e as centenas de megabytes de dados a serem processados ou trocados. Para tratar com o projeto de empresas, uma nova área surge: Engenharia de Empresas.

Engenharia de Empresa pode ser conceituada como sendo a arte de entender, definir, especificar, analisar e implementar processos de negócios para todo o ciclo de vida da empresa. É uma atividade multi-disciplinar realizada por um grupo de usuários, projetistas, analistas, especialistas de aplicação e gerentes. Esta nova disciplina inclui métodos de engenharia industrial tais como métodos para a definição de processos de negócios, análise baseada em custos, logística, projeto de processos de manufatura, seleção de recursos, ou o projeto de *layout* de manufatura. Também adiciona técnicas de gerenciamento do fluxo de trabalho, projeto e análise de sistemas de informação, gerenciamento e alocação de recursos, projeto de estruturas organizacionais e outros.

A experiência tem mostrado que o projeto e integração de empresa é um empreendimento complexo e de alto risco necessitando um grande investimento de capital. Então, com o objetivo de minimizar este risco e adquirir eficiência no projeto e integração, novas metodologias, técnicas e ferramentas computacionais devem ser utilizadas para tratar com esta complexidade.

Recentemente, algumas arquiteturas, metodologias e ferramentas têm sido propostas para o suporte a modelagem e integração de empresas. Estas propostas são originadas de grupos privados, grandes programas governamentais ou de entidades de padronização. Na próxima seção é apresentada uma comparação entre algumas destas propostas.

3.3 - COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS E LINGUAGENS

É grande o número de arquiteturas, metodologias e linguagens para modelagem de empresas, possuindo as mais diversas características. No anexo A são descritas sucintamente várias arquiteturas, metodologias, e linguagens utilizadas na modelagem de empresas (IDEF, SADT, ISO, ENV 12 204, GRAI/GIM, IEM, ARIS, PERA, GERAM e outras). A metodologia IEM é descrita com maior detalhe no item 3.4 desta dissertação. Contudo, a dificuldade na compreensão da terminologia usada e a qual pode se tornar um obstáculo para a compreensão deste trabalho (por exemplo, diferentes termos são utilizados para expressar o mesmo conceito ou possuem uma diferença sutil). Assim, algumas definições se fazem necessárias para facilitar a compreensão do conteúdo deste trabalho (Pantakar, 1995).

3.3.1 - CONCEITOS

O termo arquitetura refere-se a um conjunto organizado de elementos com claras relações entre um e outro, os quais juntos formam um todo, definido para uma finalidade.

Uma metodologia é um conjunto de métodos, formalismos e ferramentas para serem usados de modo estruturado para resolver um problema. Um método é organizado em fases metodológicas e uma fase pode ser organizada em tarefas.

Arquiteturas de referência são paradigmas intelectuais os quais facilitam a análise, discussão e especificação de uma dada área. Ela fornece um modo de ver, conceber e falar sobre uma questão.

Um modelo é uma representação de uma matéria. É uma (mais ou menos formal) abstração da realidade (ou universo de discurso) expressa em termos de algum formalismo (linguagem) definido por construtores de modelagem para alguma finalidade do usuário.

Mesmo complexo e sofisticado, um modelo é uma abstração da realidade que filtra detalhes irrelevantes e descreve características essenciais desta realidade para algum propósito.

Um construtor de modelagem é um elemento básico de construção da linguagem definido por sua sintaxe e semântica. Construtores de linguagem de modelagem podem ser definidos em termos de símbolos gráficos, declarações textuais, expressões lógicas ou matemáticas, dependendo do grau de formalismo requerido, do fenômeno e do tipo de análise requerida.

3.3.2 - COMPARAÇÕES

O trabalho de comparação aqui realizado está baseado em textos específicos referentes às metodologias enumeradas anteriormente e principalmente em alguns trabalhos comparando metodologias para modelagem de empresas e possibilitou a identificação de características relativas a essas metodologias.

Mertins (1991) compara várias técnicas e metodologias de modelagem sob os seguintes critérios: aspectos representados pela metodologia ou linguagem (aspectos funcionais, de informação, de decisão, custos, etc.); capacidade de modelagem (sua linguagem de descrição, métodos de modelagem associados, se os modelos podem ser simulados, etc.); e domínio de aplicação (se suporta as fases de definição de requisitos, especificação de projeto e implementação). São definidos como requisitos: necessidade de representação de todos os elementos, processos e características de uma empresa de manufatura; necessidade de métodos simples e modelos realísticos; a necessidade de um método integrado da análise de requisitos pelo usuário, passando pelo projeto de sistemas e a implementação. O autor conclui que a maioria das metodologias e linguagens concentram-se na modelagem de funções e dados e sente a necessidade metodologias e linguagens considerando custos, aspectos relacionados com tempo e processos concorrentes e a necessidade de associar funções aos objetos da empresa.

Vernadat (1996) também compara várias técnicas de modelagem, metodologias e arquiteturas. Ele compara características básicas de modelagem como: a existência ou não de mecanismos de abstração (especialização, agregação, classificação); vistas de modelagem (vista de função, controle, informação, recursos, organização e habilidades humanas); e se o

método possui ferramentas computacionais de suporte. Ele também compara as metodologias em função de características como: níveis de modelagem (suporte às fases de análise de requisitos, especificação de projeto e descrição da implementação), fluxo de objetos (material, informação e controle), modelagem de processos, e questões relacionadas ao seu controle (tempo, tratamento de exceções, não determinismos e atividades cooperativas). Vernadat (1996) conclui que CIMOSA é a mais completa, mas que não existe e dificilmente existirá uma metodologia que suporte todas as necessidades. Ele propõe que uma metodologia deva descrever as características essenciais da empresa, não necessariamente de forma detalhada. O modelo particular fornecido por esta metodologia deve ser um modelo central, do qual podem ser derivados modelos específicos de pesquisa operacional para análises e projetos, e modelos executáveis de sistemas CIM. Então, através de iterações entre estes modelos, eles podem ser enriquecidos e atualizados.

Kosanke (1996), analisa as metodologias PERA, IEM, ARIS, GRAI/GIM, ENV 12 204 e CIMOSA em função de três princípios de modelagem, representando três eixos (equivalente a estrutura de modelagem CIMOSA, seção 3.4.2): nível de particularização (genérico, parcial e particular) nível de derivação (definição de requisitos, especificação de projeto e implementação), e vistas de modelos (função, informação, recursos, e organização). Em relação ao eixo de particularização, a menos de PERA, todas as metodologias fornecem construtores de linguagem para modelagem, e quase todos fornecem modelos de referência ou parciais. Todas as metodologias cobrem as três fases de derivação. A maioria das metodologias fornecem a capacidade de modelagem para as quatro vistas, porém não com o mesmo potencial. Também é realizada uma comparação entre as linguagens fornecidas por estas metodologias. O autor (Kosanke, 1996) conclui que apenas CIMOSA procura fornecer uma linguagem voltada para a execução de modelos e é a de maior poder de expressão. Todas as outras focalizam em um ou alguns aspectos: a linguagem da PERA focaliza na descrição de projetos de integração, GRA/GIM na modelagem de sistemas de decisão e projeto de sistemas CIM, ARIS no projeto de sistemas de informação e IEM na re-engenharia de empresas. Portanto seus construtores de linguagem resultam em construtores especializados.

3.3.3 - CONCLUSÃO SOBRE AS COMPARAÇÕES

Além do estudo de conceitos e metodologias para modelagem e integração de empresas, o segundo objetivo deste trabalho está na modelagem de sistemas para a gestão da produção. Segundo as comparações e as características identificadas, a linguagem CIMOSA é considerada como a mais completa para a modelagem de PIPEFA uma vez que ela é uma linguagem baseada em processos e eventos, e possui construtores de linguagem para descrever os aspectos funcionais, de informação, recursos e organização.

3.4- CIMOSA

A meta de CIMOSA (CIM Open System Architecture), desenvolvida pela associação AMICE (AMICE, 93), é fornecer um sistema de arquitetura aberta que torne administrável constantes mudanças no ambiente de negócio.

3.4.1 - A ARQUITETURA CIMOSA

A Arquitetura CIMOSA está sendo desenvolvida como uma série de projetos ESPRIT (EP 688, EP 5288, e EP 7110) financiados pelo Comitê Europeu e parceiros de projetos reunindo fornecedores CIM, grandes usuários e centros de pesquisa. Outros projetos ESPRIT também têm contribuído com CIMOSA testando e validando princípios de CIMOSA, como VOICE (EP 6682), CIMPRESS (EP 5532) e CODE (EP 5499) (Kosanke, 95; Gransier, 95). O objetivo de CIMOSA é ajudar companhias a gerenciar mudanças e integrar seus recursos e operações para fazer face à competição mundial em preço, qualidade e tempo de entrega. A base para chegar a isso é um modelo de empresa integrada baseado em sistemas abertos.

CIMOSA tem promovido o termo “processo de negócio” (*business process*) e introduzido a análise baseada em processos para a modelagem e integração de empresas, ultrapassando os limites da organização, oposto à análise baseada em funções ou atividades. De grande importância, CIMOSA introduz a idéia de arquitetura de sistemas abertos para empresas CIM, constituída de módulos de sistemas CIM baseados em padrões, descritos em termos de seus aspectos funcionais, de informação, de recursos e aspectos organizacionais, projetados de acordo com um método estruturado de engenharia. Assim produtos baseados na arquitetura CIMOSA são compatíveis entre si, independente do fornecedor, e podem ser

conectados segundo as necessidades dos usuários e os quais podem ser conectados em uma arquitetura consistente, modular e evolucionária para uso operacional (*plug and play approach*). CIMOSA também tem consolidado e provado a validade do método para integração de empresas baseado em modelos (Aguiar, 1995).

Nas seções seguintes são descritos alguns conceitos e os três maiores componentes da Estrutura Arquitetural de CIMOSA: a sua Estrutura de Modelagem, a sua Infraestrutura de Integração e o seu Ciclo de Vida.

3.4.2 - ESTRUTURA DE MODELAGEM CIMOSA

CIMOSA promove a modelagem descritiva das operações da empresa por meio de um conjunto de blocos de construções consistentes e não redundantes, cobrindo os seus vários aspectos (CIMOSA Association, 1996). A estrutura de modelagem CIMOSA (também conhecida como Cubo CIMOSA) consiste de duas partes, com relação a particularização do modelo (figura 3.1):

- uma arquitetura de referência; e
- uma arquitetura particular.

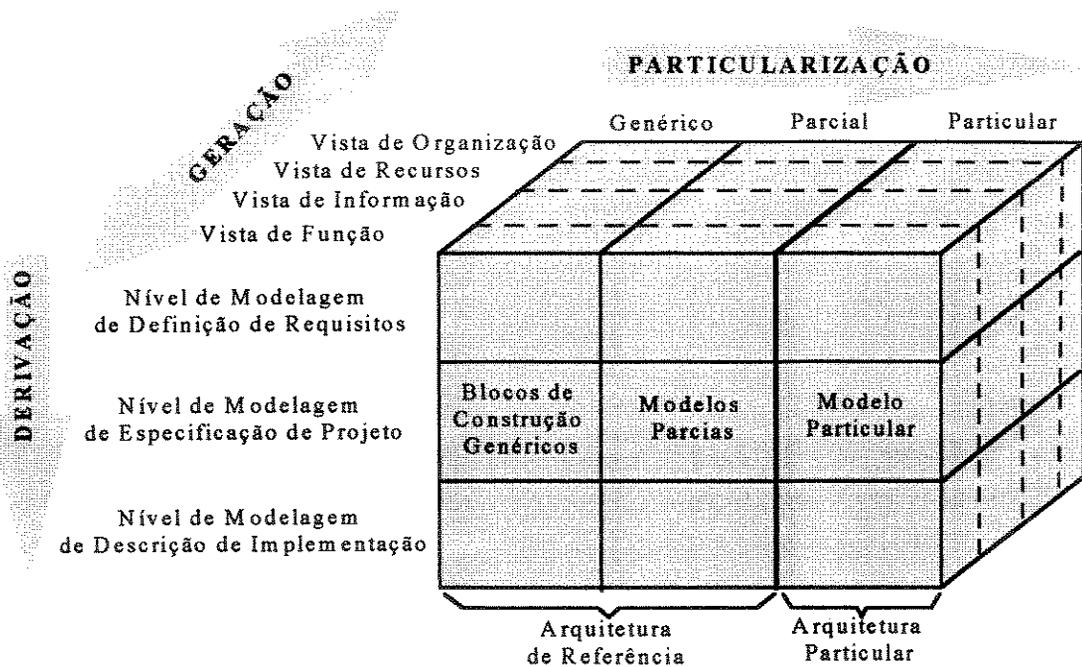


Figura 3.1 - Estrutura de Modelagem de Empresa CIMOSA.

A arquitetura particular é um conjunto de modelos documentando o ambiente CIM do usuário, da análise de requisitos à sua implementação. A arquitetura de referência é usada para auxiliar os usuários de negócios no processo de construção de sua própria arquitetura particular. A arquitetura de referência é separada em duas camadas: uma camada genérica proporcionando blocos de construção genéricos de modelagem (construtores da linguagem de modelagem) e uma camada de modelos parciais consistindo de uma biblioteca de modelos parciais reutilizáveis para setores da indústria (isto é, modelos parcialmente particularizados que podem ser adaptados às necessidades específicas da empresa).

Uma outra dimensão de modelagem a ser considerada é a dos modelos que sugere a modelagem de uma empresa de acordo com três sucessivos níveis, (iterações entre esses níveis são permitidas e necessárias):

- (a) *definição de requisitos*, para expressar as necessidades dos negócios na visão dos usuários;
- (b) *especificação de projeto*, para construir um modelo formal, conceitual e executável do sistema da empresa;
- (c) *descrição da implementação*, para documentar detalhes e mudanças na implementação, recursos instalados, e mecanismos de gerenciamento de exceções.

Finalmente, uma terceira dimensão contempla o ponto de vista do qual a empresa é considerada. São definidos quatro pontos de vista básicos e complementares (outras vistas podem ser definidas):

- (a) a *vista de função*, que representa a funcionalidade e comportamento da empresa (isto é, eventos, atividades e processos) incluindo aspectos temporais e de gerência de exceções;
- (b) a *vista de informação*, que representa os objetos da empresa e seus elementos de informação;
- (c) a *vista de recursos*, que representa os meios da empresa, suas *capabilidades** e gerenciamento;
- (d) a *vista de organização*, que representa níveis organizacionais, autoridades e responsabilidades.

* Neste trabalho a palavra *capabilidade* é utilizada para traduzir a palavra de origem inglesa "capability", e quer significar as habilidades, capacidades e autoridades de um recurso.

O objetivo da estrutura de modelagem é proporcionar unificação semântica de conceitos para sistemas CIM. Observações para a Estrutura de Modelagem CIMOSA:

- o número de vistas não é fixo e pode ser expandido se necessário (atualmente quatro, sendo os aspectos de controle tratados na vista de função);
- para uma arquitetura particular, existe um modelo integrado em cada nível de modelagem e não quatro submodelos. Isto também aplica-se aos modelos parciais abordando vistas diferentes (como sugere a linha tracejada na figura 3.1);
- a camada genérica define os construtores básicos de uma linguagem de modelagem genérica usados em três níveis de modelagem do eixo de derivação. A linguagem fica mais complicada ao longo desse eixo e a sintaxe de seus elementos pode mudar de um nível para outro;
- o modelo de descrição de implementação é um refinamento do modelo de especificação de projeto, o qual é um refinamento do modelo de definição de requisitos, todos expressos em termos de construtores básicos da linguagem de modelagem genérica. Quando mudanças são feitas em um modelo, elas precisam ser refletidas nos modelos equivalentes de outros níveis;
- o modelo de descrição de implementação é suposto ser usado no controle da execução de processos integrados por meio da infraestrutura de integração. Ele necessita, porém, ser completo e consistente para ser transladado em códigos executáveis por computador.

3.4.2.1 - Visão de Modelagem CIMOSA

Junto a sua estrutura de modelagem, CIMOSA propõe uma visão de modelagem baseada em processos e dirigida por eventos (CIMOSA Association, 1996; Vernadat, 1996), a qual é a base da linguagem de modelagem CIMOSA e que está ganhando grande aceitação na Europa e também em grupos de padronização internacionais como ISO e CEN. Esta visão é ilustrada pela figura 3.2. Basicamente assume-se que:

- a empresa é uma federação de agentes chamados entidades funcionais; e
- a empresa é uma grande coleção de processos de negócios comunicantes, processando vistas de objetos da empresa, sincronizados por eventos e mensagens e executados por entidades funcionais.

Em um nível macro, CIMOSA vê toda a empresa como uma coleção de domínios (DM1, DM2 e DM3), definindo áreas funcionais responsáveis por objetivos da empresa. Um domínio é constituído de uma coleção de processos centrais (chamados processos de domínios - PD1, PD2 e PD3) e interage com outros domínios (RD12, RD13 e RD23) pela troca de requisições (eventos) e objetos (referenciados por suas vistas). Cada processo de domínio é uma cadeia completa de atividades da empresa (AEi), disparado por eventos, e produzindo um resultado final bem definido.

No próximo nível de análise, cada processo de domínio de um domínio a ser analisado é definido em termos de suas atividades de empresa. Atividades de empresas são passos de processamento dentro de um processo transformando objetos e requerendo recursos para sua execução. As atividades podem ser agrupadas dentro de um processo de domínio em subprocessos, chamados processos de negócios (PNi). Atividades são ligadas por um conjunto de relações causais ou de precedência chamadas regras de comportamento (RCi) formando uma rede de atividades.

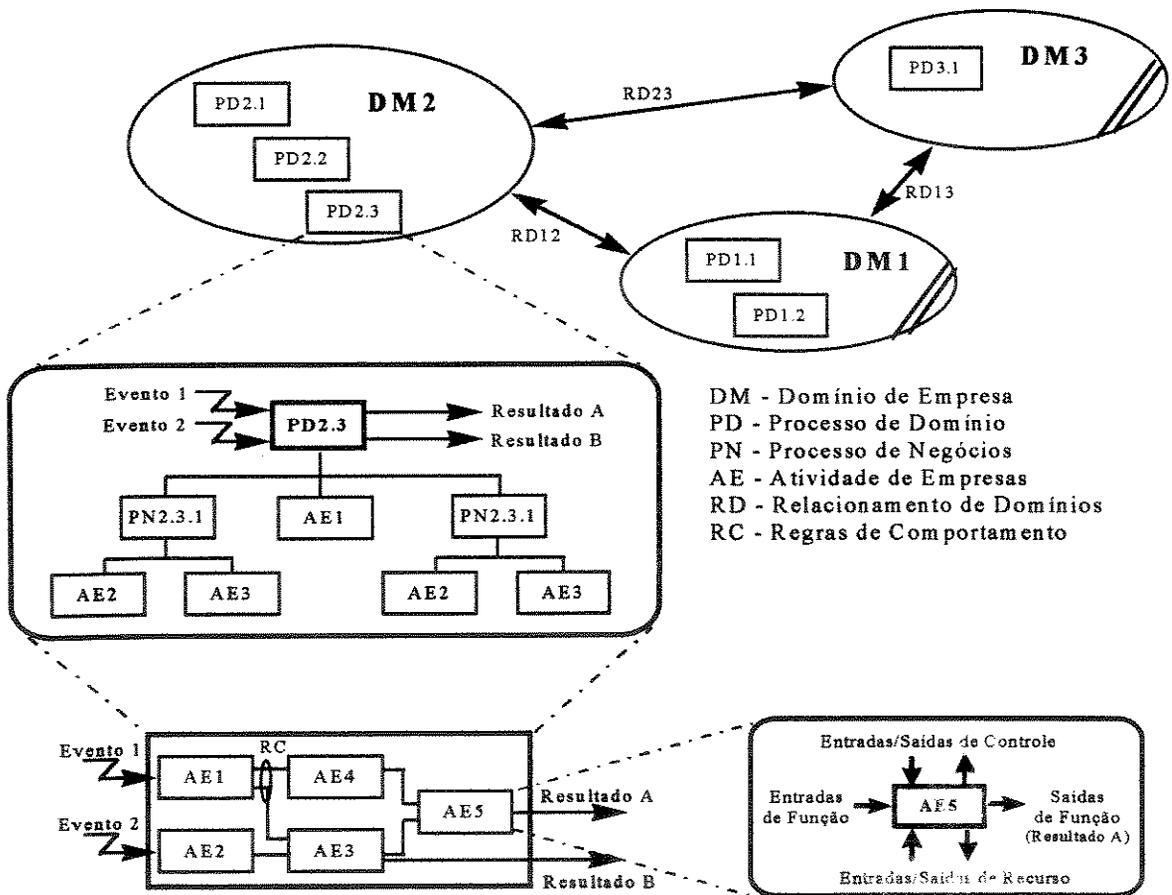
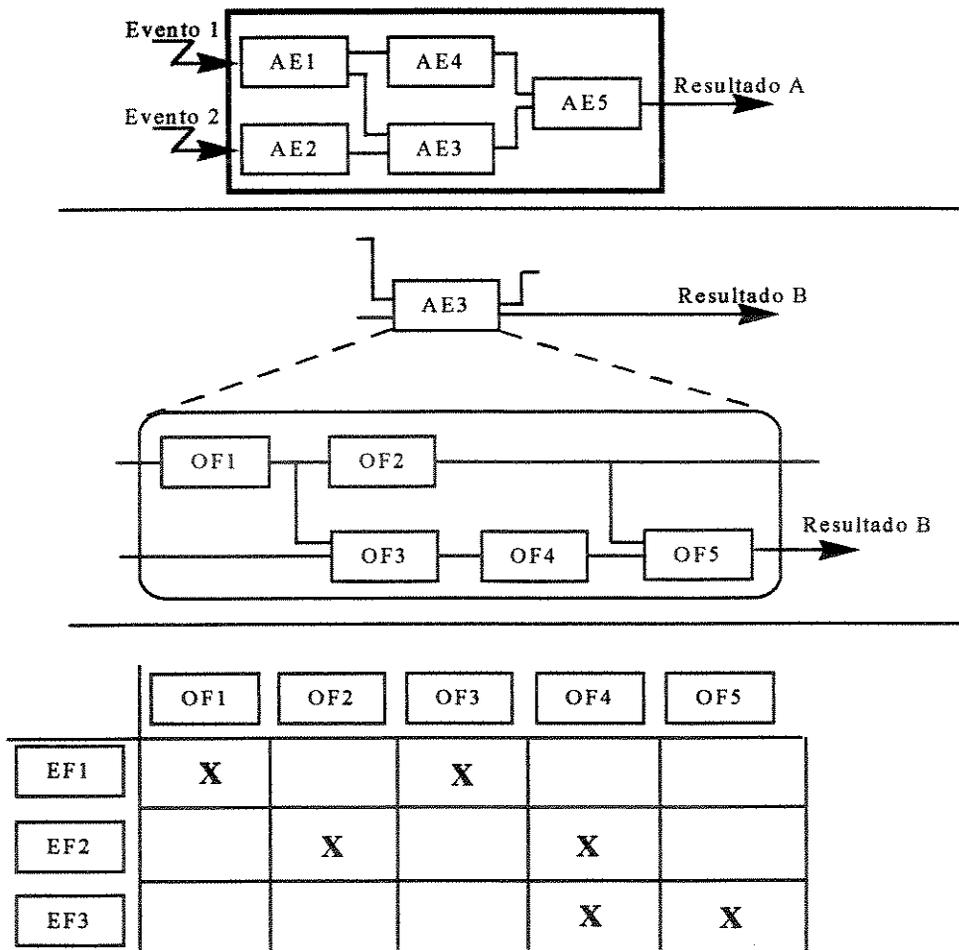


Figura 3.2 - Visão de Modelagem CIMOSA.

As atividades de Empresa possuem entradas e saídas que descrevem os objetos de empresa transformados pela atividade, os objetos de controle das atividades e os recursos necessários para a atividade na forma de vistas de objetos. Também, cada atividade de empresa pode ser decomposta em passos de processamento elementares, chamados operações funcionais (figura 3.3).

Na especificação detalhada da atividade, requisitos de agentes ou entidades funcionais necessários para sua execução devem ser expressos. Este é um passo importante porque ele consiste em associar as funcionalidades requeridas para realizar atividades com as funcionalidades oferecidas pelas entidades funcionais, as quais são na verdade as operações funcionais (figura 3.3). O processo de identificação de funcionalidades é suportado pelo conceito de capacidade definindo o que um recurso pode fazer.



PD = Processo de Domínio
 OF = Operação Funcional

AE = Atividade de Empresa
 EF = Entidade Funcional

Figura 3.3 - Decomposição de atividades de empresas.

Finalmente, quando as estruturas funcional, de informação, e de recursos estiverem especificadas, a estrutura de organização, necessária para garantir coordenação própria e distribuição de responsabilidades, pode ser definida em termos de unidades de organização, células de organização, níveis de decisão, autoridades e responsabilidades.

3.4.3 - INFRA-ESTRUTURA DE INTEGRAÇÃO CIMOSA

A Infra-estrutura de Integração CIMOSA proporciona a tecnologia capaz de viabilizar a integração física e de aplicativos de sistemas da empresa. Uma infraestrutura de integração é um conjunto de serviços básicos de Tecnologia de Informação usado para possibilitar a integração, comunicação e interoperabilidade de sistemas multi-fornecedor. Seu propósito é transformar um ambiente heterogêneo altamente distribuído em um ambiente onde a informação deva ser acessada de modo transparente esteja armazenada onde estiver e de modo homogêneo (linguagens padrões são usadas para comunicação de dados, apresentação de dados, acesso a dados, acesso a máquinas, etc.) (Lapalus, 1995).

Exemplos de tais infraestruturas são OSF/DCE para sistemas convencionais e OMG/CORBA para sistemas orientados a objetos no caso de sistemas computacionais distribuídos de propósito geral, e CCE-CNMA ou CIM-BYOS (Weston, 1994) para ambientes CIM. A originalidade da Infraestrutura de Integração de Sistemas CIMOSA (Querenet, 1992) (AMICE, 1993) é proporcionar serviços para execução de modelos e controle de atividades. Experimentos são realizados neste sentido no projeto VOICE-ESPRIT.

3.4.4 - CICLO DE VIDA DO SISTEMA DA EMPRESA CIMOSA

CIMOSA define um ciclo de vida de um sistema CIM genérico, como uma seqüência de fases a serem usadas para construir uma arquitetura particular, da definição de requisitos à instalação do sistema, teste e liberação, e posterior manutenção do sistema. As maiores fases do Ciclo de Vida do Sistema CIMOSA compreendem (CIMOSA Association, 1996):

- Definição do Plano Diretor: definição de todos os objetivos de negócios, restrições e guias para a estrutura organizacional (não é proporcionado construtores);
- Definição de Requisitos: definição precisa de todos os processos, atividades, vistas de

- objetos e objetos para cada domínio da empresa (ambiente de engenharia da empresa);
- Projeto do Sistema: especificação detalhada de todas as atividades da empresa com determinação de recursos e tempos necessários, tratamento de exceções e requisitos organizacionais, como também estruturas de sistema de informações;
 - Construção do Sistema e Liberação: decisão de compra ou construção para os componentes do sistema (hardware e software), instalação, testes de conformidade e liberação para operação;
 - Operação do Sistema: uso diário do sistema (ambiente de operação da empresa);
 - Manutenção do Sistema e Mudanças: modificações do sistema, adição de novos módulos, reengenharia de processos de negócios (volta ao ambiente de engenharia da empresa); e
 - Desmantelamento da Empresa: fim das operações do sistema.

3.4.5 - ESTRUTURA ARQUITETURAL CIMOSA

Anteriormente foram descritos os três principais componentes da Estrutura Arquitetural de CIMOSA (figura 3.4): a sua Estrutura de Modelagem de Empresa, a sua Infraestrutura de Integração e o seu Ciclo de Vida de Sistema CIM.

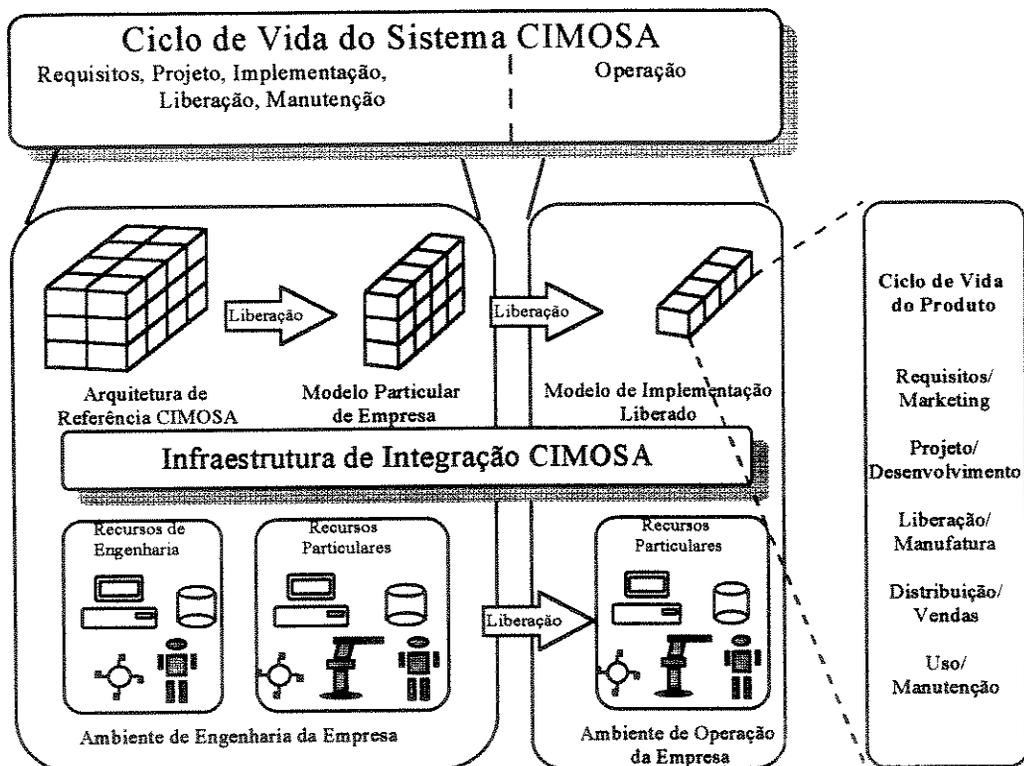


Figura 3.4 - Estrutura Arquitetural de CIMOSA

Além desses componentes, são definidos dois ambientes fundamentais:

- o ambiente de engenharia de empresa no qual novos modelos são construídos ou os existentes são reprojatados; e
- o ambiente de operações da empresa no qual modelos são usados para suporte, controle ou monitoração de recursos e operações no “dia-a-dia” da empresa, durante o ciclo de vida do produto.

Ainda, CIMOSA possui dois conceitos fundamentais:

- entidade funcional; e
- serviços de integração (fornecidos pela Infraestrutura de Integração CIMOSA).

A figura 3.4 resume o uso de CIMOSA tanto no ambiente de empresa como no de engenharia. No ambiente de engenharia, uma arquitetura particular da empresa é derivado, durante as primeiras fases do ciclo de vida da empresa. Após liberação para o ambiente de operação, o modelo particular de empresa é utilizado para monitorar e controlar as fases relevantes do ciclo de vida do produto, ou seja os processos de negócios da empresa. A Infraestrutura de Integração é utilizada para integrar os recursos de engenharia e de manufatura, isto é, integrar tanto o ambiente de engenharia como o ambiente de operação.

3.4.6 - LINGUAGEM DE MODELAGEM CIMOSA

Para suporte à modelagem baseada na visão descrita anteriormente, a camada genérica da Arquitetura de Referência CIMOSA oferece uma linguagem de modelagem composta de blocos e elementos de construção para as vistas de função (com aspectos relativos a comportamento incluídos), informação, recursos e organização (figura 3.5) (CIMOSA Association, 1996). CIMOSA não se preocupa com a representação gráfica dos construtores como outros métodos. Ela define seus construtores em termos de uma linguagem formal. A razão para isso é que o modelo de processos de uma empresa necessita ser processável computacionalmente para suportar análises (qualitativa e quantitativa), simulações e execução do modelo da empresa. Então, um modelo de empresa CIMOSA é um conjunto consistente de construtores que, quando completo, deve ser auto-explicativo e fornecer uma documentação precisa das operações da empresa. Os principais construtores das vistas de função, informação, recursos e organização são apresentados a seguir.

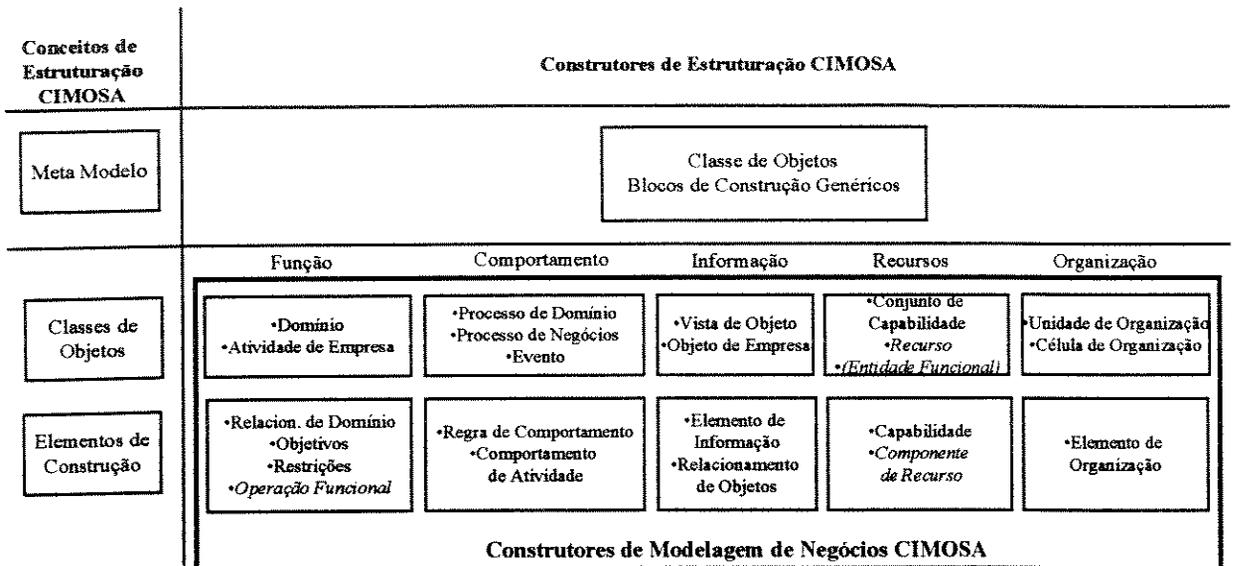


Figura 3.5 - Principais blocos e elementos de Construção CIMOSA.

3.4.6.1 - Vista de função

Os seguintes construtores são utilizados para a modelagem funcional nos vários níveis de modelagem de CIMOSA: **domínio**, **evento**, **processo de domínio**, **processo de negócios**, **atividade de empresa**, e **operação funcional**.

Para a definição das áreas de negócios, a linguagem CIMOSA fornece um conjunto de construtores para definir o problema e organizar o modelo da empresa em módulos gerenciáveis para diminuir a complexidade do sistema. Estes módulos são chamados **domínios** (exemplo: gabarito 1, Anexo B). Domínios interagem com outros pela troca de eventos (requisições ou disparos para fazer algo) e vistas de objetos (definidas como vistas sobre os objetos de empresa). Estas interações são definidas em termos de **relacionamentos de domínio** (exemplo: gabarito 5, Anexo B). Vista de objetos é um construtor da vista de informação e é discutido na seção seguinte. Elas representam estados de objetos ou manifestações de objetos da empresa.

Um domínio é constituído de um conjunto de processos relevantes chamados **processos de domínio** (Gabarito 6). Processos de domínio representam processos centrais da empresa, constituídos de uma seqüência de atividades com condições bem definidas de início, levando a um resultado final bem definido, mensurável e quantificável e satisfazendo objetivos e restrições da empresa. Um domínio necessita conter processos completos e não partes de

processos (isto é, processos de domínio devem ocorrer dentro de um só domínio). Então, o construtor de domínio determina a área de negócios sujeita a modelagem e análise. Ele é caracterizado principalmente por:

- um identificador e nome;
- a lista de objetivos do domínio;
- a lista de restrições aplicadas ao domínio (se alguma);
- a lista de seus processos de domínios;
- a lista de relacionamentos de domínio com os outros domínios.

Domínios não-CIMOSA são domínios identificados na empresa mas que não possuem interesse em serem analisados. Sua descrição pode permanecer incompleta. O ambiente externo da empresa pode ser representado por um ou mais domínios não-CIMOSA e as interações com eles através de um ou mais relacionamentos de domínio.

Definidos os domínios e seus relacionamentos, eles necessitam ser analisados. De um ponto de vista funcional, isto consiste em definir eventos e processos de domínio de cada domínio CIMOSA (especificação do comportamento da empresa). Um processo de domínio pode ser decomposto em processos de menor nível, processos de menor nível em sub-processos, e assim por diante, utilizando-se o princípio de decomposição funcional. Isto pode resultar numa estrutura em árvore de funções e sub-funções. CIMOSA chama a raiz de cada decomposição funcional de **processo de domínio**, os processos intermediários são chamados **processos de negócios**, e as funções de último nível são chamadas de **atividades de empresa**. Isto define três diferentes tipos de construtores para representar funções. Processos de domínio são disparados por eventos e são especificados por seu fluxo de controle (conjunto de regras de comportamento) para dirigir a execução de atividades. **Eventos** representam qualquer acontecimento solicitado ou não solicitado da empresa requisitando algum processamento. Exemplos de eventos podem ser ordens dadas por gerenciadores, decisões de iniciar alguma ação, a chegada de um pedido de cliente, falha em uma máquina, um parâmetro excedendo um limite, uma condição temporal, ou o final de uma atividade. Eventos descrevem uma mudança no estado do sistema e são definidos por:

- seu identificador e nome;
- sua fonte, isto é, onde eles são gerados (eventos podem ser gerados por outro domínio, uma atividade de empresa, ou uma entidade funcional);

- sua vista de objeto relacionada, definindo a informação ligada ao evento (se alguma);
- um predicado definindo a condição sob a qual o evento é gerado.

Processos de domínio indicam a seqüência de atividades da empresa a ser executada para realizar o comportamento desejado da empresa. Eles podem ser definidos como uma rede de atividades conectados por **regras comportamentais**. Os processos de domínio são caracterizados por:

- seu identificador e nome;
- seu conjunto de objetivos definidos como sub-objetivos dos objetivos de seu domínio;
- suas restrições (sub-restrições das restrições de domínio);
- seu conjunto de eventos de disparo;
- seu comportamento de processo definido como um conjunto de regras comportamentais na forma: **WHEN (condições) DO (ações)**.

Entradas e saídas (vistas de objetos) são adicionadas ao construtor de processo de domínio para rastreabilidade de entradas e saídas. Na verdade, entradas e saídas são aplicadas somente a atividades de empresa porque atividades de empresa é que transformam entradas em saídas, enquanto que processos apenas encadeiam a execução de atividades e não transformam nada.

Processos de negócios são muito similares a processos de domínio exceto que (1) eles não podem ser disparados apenas por eventos mas necessitam ser chamados por uma estrutura “pai” (um processo de domínio ou um processo de negócios de um nível mais alto), e (2) suas condições de término devem ser definidas através de estados finais. **Estados finais** são valores (predicados sem argumento), definidos pelo usuário e caracterizando o estado final de execução do processo ou atividade. Por exemplo, um processo de usinagem pode terminar corretamente, ser suspenso devido a uma falha de máquina ou quebra de ferramenta ou terminar como uma peça usinada inadequadamente. Basicamente, um processo de negócios pode ser caracterizado por:

- seu identificador e nome;
- objetivos, restrições e regras declarativas;
- seu comportamento de processo definido como um conjunto de regras comportamentais (como os processos de domínio) na forma: **WHEN (condições) DO (ações)**; e

- seu conjunto de estados finais (definidos como uma combinação lógica dos estados finais das atividades empregadas).

O comportamento de processo de um processo de domínio ou de um processo de negócio é especificado em CIMOSA pela sintaxe:

Process Behavior: <regras comportamentais>

[Subject To <regras temporais>]

[Exception Handling: <regras de exceção>]

End Process

onde:

- regras comportamentais são do tipo WHEN (condições) DO (ações);
- regras temporais são opcionais e são usadas apenas no caso de um conjunto de regras não ordenadas;
- regras de tratamento de exceção (opcionais) são definidas para detectar situações anormais e reagir a elas.

A figura 3.6 fornece um exemplo fictício ilustrando algumas das várias possibilidades de regras de comportamento na especificação de processo. O exemplo é auto explicativo e é dado em linguagem formal e na forma gráfica. Os retângulos representam funções da empresa, as letras 'ev' seguida de um número representa eventos, as setas representam o fluxo de controle e a letra 's' são estados finais. PN1 e PN2 são dois processos de negócios comunicantes (troca de mensagens pelas suas atividades de empresa) iniciados em paralelos ao mesmo tempo (regra sincrona simbolizada pelo ponto no modelo gráfico e a declaração SYNCR no modelo formal). Atividades EA2 e EA3 geram respectivamente os eventos ev2 e ev3. A denotação B representa um conjunto de atividades não estruturadas relacionadas através de regras temporais fornecidas por CIMOSA.

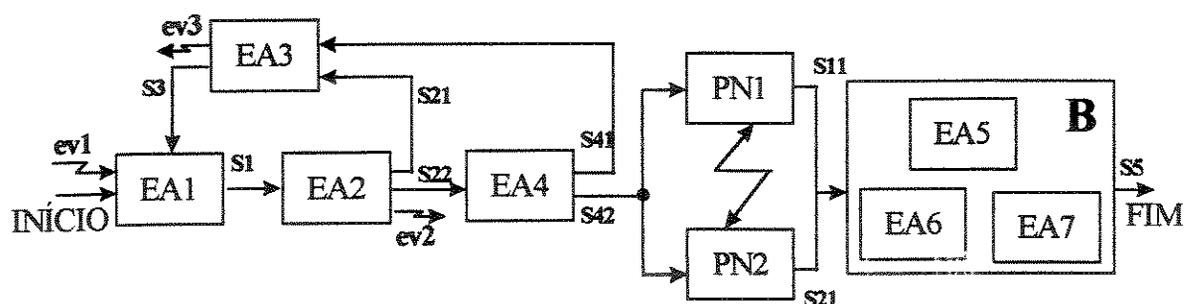


Figura 3.6 - Exemplo de um conjunto de regras comportamentais de um processo CIMOSA.

A descrição formal do modelo relativo a figura 3.6 é:

DOMAIN PROCESS Exemplo

TRIGGERING EVENTS: ev1

ENDING STATUSES: s5

PROCESS BEHAVIOR:

WHEN (START WITH ev1) DO EA1

WHEN (ES(EA1)=s1) DO EA2

WHEN (ES(EA2)=s21) DO EA3

WHEN (ES(EA2)=s22) DO EA4

WHEN (ES(EA3)=s3) DO EA1

WHEN (ES(EA4)=s41) DO EA3

WHEN (ES(EA4)=s42) DO SYNCR(PN1&PN2)

WHEN (ES(PN1)=s11 AND ES(PN2)=s21) DO B=[EA5, EA6, EA7]

WHEN (ES(B)=s5) DO FINISH

SUBJECT TO EA6 BEFORE EA7

EXCEPTION HANDLING Time-out (1000): CreateEvent(ev10)

END PROCESS

* ES é uma função fornecendo o estado final de atividades ou processo de negócios.

Atividades de empresa definem a funcionalidade do sistema (isto é, as coisas a serem feitas). Sendo que todos os objetos do mundo real podem ser descritos por elementos de informações representando vistas desses objetos, em CIMOSA as entradas e saídas de uma atividade de empresa são definidas como vistas de objetos, ou um conjunto de vistas de objetos, ou mesmo um fluxo de vistas de objetos (isto é, fluxo contínuo ou não limitado de vistas de objetos). Uma atividade de empresa é definida em CIMOSA como um conjunto de ações elementares a ser considerado como um todo, necessitando de recursos e tempo para sua execução. Uma atividade de empresa (do tipo operacional ou de decisão) é caracterizada basicamente por:

- identificador e nome;
- objetivos e restrições;
- descrição da sua função de transformação;

- sua entrada de função, isto é, o conjunto ou fluxo de vistas de objetos a serem processadas ou transformadas (vistas de objetos físicos ou de informação);
- sua saída de função, isto é, conjunto ou fluxo de vistas de objetos produzidos ou transformados pela atividade (vistas de objetos de informação ou físico);
- sua entrada de controle, isto é, o conjunto de vistas de objetos usado como controle ou restrições, mas não modificados pela atividade (precisam ser vistas de objetos de informação);
- sua saída de controle, isto é, estados finais da atividade originados no fim da ocorrência da atividade ou a lista de eventos gerados pela atividade;
- sua entrada de recurso, isto é, o conjunto de entidades funcionais necessárias para executar a atividade;
- sua saída de recursos, isto é, vistas de objetos relativas aos recursos usados, fornecendo informação sobre o estado de disponibilidade desses recursos (opcional);
- sua duração máxima, mínima, e possivelmente sua duração média com desvio padrão;
- seu comportamento de atividade descrevendo sua função de transformação (algoritmo ou roteiro empregando operações funcionais);
- seu conjunto de capacidades;
- sua lista completa de estados finais.

Condições de disparo a serem satisfeitas para possibilitar a execução de atividades, necessitam ser especificadas. Elas podem depender de combinações de relações causais (isto é, quais atividades acabaram com quais estados finais), do estado do sistema (definido pelo estado das vistas de objetos), e tempos de sincronização (exemplo são horários e duração de tempos). Elas são definidas como parte do comportamento de processo (cláusula de condição das regras WHEN DO).

A entrada de controle é, em muitos casos, a vista de objetos ligada ao evento de disparo do processo no qual a atividade pertence. Neste caso, a vista de objeto pode ser usada para indicar coisas como: 'Qual tipo de peça deve ser processada? Quantas unidades devem ser feitas? Quais os pedidos de cliente devem ser processados?'

O conjunto de capacidades e a entrada de recursos especificam as características das entidades funcionais a serem usadas para a execução da atividade.



A função de transformação é especificada em CIMOSA como o comportamento da atividade, e é definida como um algoritmo (ou um roteiro em pseudo código). Faz uso de operações funcionais fornecidas pelas entidades funcionais especificadas na entrada de recurso. A sintaxe para o comportamento de atividade de empresa é:

Activity behavior: {<comportamento da atividade>}

[Exception Handling: <exceções>]

<comportamento da atividade> ::= <declarações>

<pré-condições>

<declaração_comportamento>

<pós-condições>

onde:

- ‘declarações’ são usadas para declarar variáveis locais necessárias ao algoritmo da atividade;
- ‘pré-condições’ declara um conjunto de predicados definindo pré-condições para execução de uma atividade;
- ‘declaração_comportamento’ são declarações procedurais parecidas com a linguagem Pascal (estruturas ‘case’, ‘if-then’, loops, etc.);
- ‘pós-condições’ definem um conjunto de pós-condições a serem verificadas no final da atividade, como valores de estado final;
- ‘exceções’ permitem a definição de mecanismos de tratamento de exceção.

Operações funcionais, usadas no comportamento da empresa, são unidades de funcionalidade. Elas não podem ser decompostas. É necessário existir no sistema ao menos uma entidade funcional capaz de fornecer estas operações funcionais. Elas são definidas no comportamento da atividade do seguinte modo:

EF.OF (parâmetro1, parâmetro2, ..., status)

onde EF é o nome da entidade funcional capaz de executar a operação funcional, OF é o nome da operação funcional requerida, e parâmetro1, parametro2, ... são parâmetros da OF. Status é um valor do tipo booleano (opcional) retornando o código de estado (OK ou não-

OK, por exemplo) para fornecer informação sobre o sucesso ou não da execução da operação funcional. Operações funcionais e seus argumentos são especificadas no construtor de entidade funcional da vista de recursos.

A sintaxe de vários elementos de comportamento de processo e comportamento de atividade são definidas em CIMOSA pela linguagem AID (AMICE Implementation Description) (CIMOSA Association, 1996).

3.4.6.2 - Vista de Informação

CIMOSA define dois principais construtores para a modelagem de informação: **objeto de empresa** e **vista de objetos**. Seus princípios são similares aos princípios de entidades estruturadas e vistas SQL. Outros construtores existem nesta vistas, mas não são abordados neste trabalho. Objetos de empresa representam entidades do mundo real da empresa, possuindo uma identidade e existência própria. Eles são caracterizados por seu ciclo de vida e são descritos por um conjunto de propriedades intrínsecas. Dois tipos de propriedades são definidos: elementos de informação e mecanismos de abstração. Elementos de informação são dados ou grupo de dados representados e contidos nos objetos de empresa. Um elemento de informação pode ser:

- um atributo definido por seu tipo de dado (são usados todos tipos de dado básicos da linguagem EXPRESS (Bouazza, 1995b); ou
- uma agregação de dados (LIST, ARRAY, SET e BAG, como definidos na linguagem EXPRESS); ou
- uma referência a um outro objeto de empresa, considerada como um atributo.

Os mecanismos de abstração são:

- a generalização, usada para definir uma classe de objeto como uma especialização de uma ou várias classes de objetos mais genéricas;
- a agregação, utilizada para definir um objeto de empresa como composto de outras classes de objetos.

Objetos de empresa em CIMOSA não possuem métodos como em estruturas orientadas a objetos. Deve-se observar que, em CIMOSA, conceito similar a método é utilizado para definir operação funcional.

Vistas de objetos são manifestações ou estados de objetos de empresa e podem ser classificadas em dois tipos: **vistas de objetos de informação** e **vistas de objetos físicos**. Vistas de objetos de informação referem-se a entidades de informação, isto é, representação de dados de objetos do mundo real (natureza de informação). Vistas de objetos físicos referem-se a entidades físicas, isto é, fazem referência a um objeto concreto (natureza física). Esta distinção diferencia o fluxo de informação e o fluxo de material em um modelo. No modelo, as vistas de objetos são constituídas de elementos de informação extraídos de objetos da empresa ou atributos derivados, ou seja, atributos calculados. Em outras palavras, uma vista de objetos é uma imagem ou aparência do estado de um ou mais objetos de empresa em um dado instante.

Exemplos de vistas de objetos são documentos, formulários, telas de computador, arquivos de dados, e também vistas SQL, utilizadas por usuários e atividades nas operações do dia-a-dia. Em termos matemáticos, uma vista de objeto pode ser definida como a projeção de um ou mais elementos de informações de objetos de empresa sobre alguns de seus elementos de informação. Na figura 3.7, OE1, OE2 e OE3 são objetos de empresa definidos por seus elementos de informação (simbolizados por 'x') e VO1, VO2, VO3 e VO4 são vistas de objetos definidos em função dos objetos de empresa anteriores. Note que neste exemplo $VO3=OE3$.

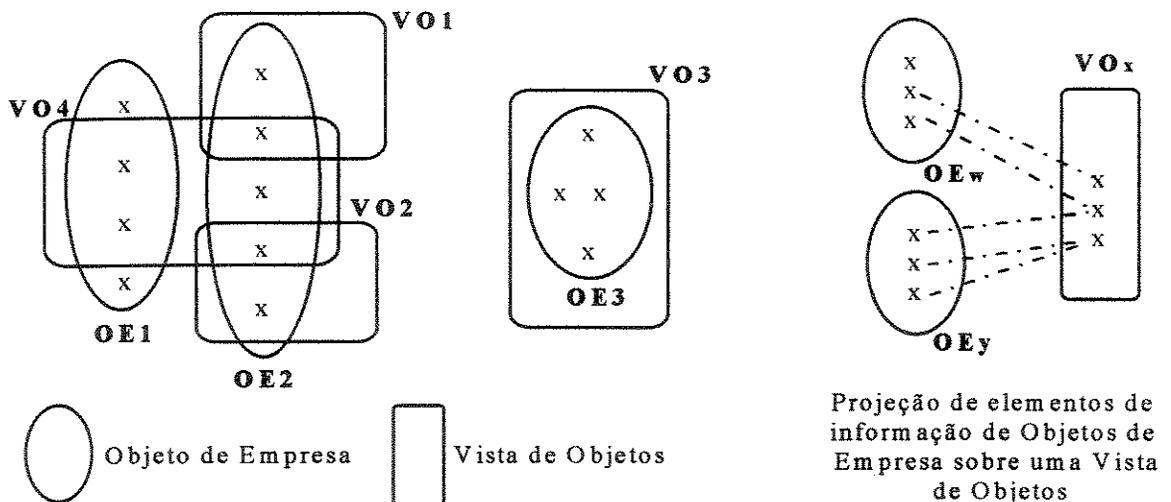


Figura 3.7 - Objetos de empresa e vistas de objeto (Vernadat, 1996).

3.4.6.3 - Vista de Recursos

Nesta vista, CIMOSA vê a empresa como um conjunto de entidades funcionais interconectadas, as quais podem enviar requisições e executar operações funcionais. CIMOSA fornece dois construtores essenciais para modelar necessidades em recursos e objetos de recursos de uma empresa: **conjunto de capacidades e recurso**. Um **conjunto de capacidades** é constituído de **elementos de capacidade**. Elementos de capacidade podem referir-se à funcionalidade de uma atividade de empresa ou de um recurso. Elementos de capacidade são definidos por um nome, um valor e possivelmente uma unidade. As unidades são aquelas do sistema internacional. O conjunto de capacidades é um construtor essencial em CIMOSA para suporte ao princípio de desacoplamento de processos e recursos. Este princípio é baseado no fato de que atividades, e portanto processos, requerem capacidades para sua execução enquanto recursos fornecem capacidades para executar operações funcionais de atividades, com a devida capacidade.

Em CIMOSA, os **recursos** são classificados em **entidades funcionais (EF)** e **componentes**. Componentes são recursos passivos (objetos que não proporcionam funcionalidades por si só). Eles precisam ser usados ou manipulados por entidades funcionais tornando-se parte de uma entidade funcional agregada. Exemplos típicos são ferramentas, equipamentos de medição e veículos dirigidos manualmente.

Entidades funcionais em CIMOSA são todos recursos ativos capazes de executar operações funcionais de uma atividade e fazer algum papel no curso do processo. Um termo similar usado em inteligência artificial é agente ou ator. Assim, uma entidade funcional é um recurso ativo dentro ou fora de uma empresa capaz de mandar, receber, processar mensagens (requisições ou dados), ou ainda armazenar informações. Ela possui algum grau de autonomia e inteligência. Em outras palavras, a entidade funcional tem capacidade de processamento para ser capaz de reagir a estímulos enviados para ela na forma de mensagens. Ela precisa ser acessada por meio de algum protocolo externo (linguagem). Entidades funcionais são capazes de fornecer capacidades através de suas operações funcionais. Operações funcionais são equivalentes à métodos de um agente ativado por mensagens. CIMOSA define três tipos fundamentais de entidades funcionais dentro de uma empresa:

- máquinas, incluindo equipamentos de manufatura (máquinas a controle numérico, robôs,

veículos auto-guiados, ou equipamentos de armazenagem automatizados) e equipamentos de informação (por exemplo: computadores, servidores de banco de dados ou impressoras compartilhadas);

- aplicativos, isto é, pacotes de software tais como sistemas CAD, sistemas MRP, sistemas de pagamentos, ou sistemas de supervisão de célula; e
- homens, sendo este o mais importante e mais difícil tipo de entidade funcional a se considerar no modelo da empresa. Ele introduz indeterminismo no modelo, porém possui a propriedade de ser capaz de resolver problemas no caso de eventos inesperados (não modelados).

Ainda, alguma combinação de entidades ou uma combinação de um recurso passivo (como uma ferramenta, um caminhão transportador, uma máquina de escrever, etc.) com uma entidade funcional, também é uma entidade funcional. Por exemplo, uma máquina operada manualmente com seu operador forma uma entidade funcional. Um pacote de software instalado em um computador é uma entidade funcional.

Assim, entidades funcionais podem se unir para formar entidades funcionais maiores e mais complexas as quais podem ser consideradas como um todo. Neste caso, faz-se necessário um equipamento de controle para acessar as funcionalidades da entidade funcional agregada. Pode-se distinguir entre agregação temporária, formando um **conjunto de recursos** (sendo exemplo, a união entre um motorista e um caminhão) e agregação permanente formando uma **célula de recursos** (sendo exemplo, uma célula de manufatura).

Sendo que as entidades funcionais podem ser acessadas por um protocolo externo e são componentes ativos, os quais podem receber e/ou mandar mensagens, elas podem interagir. Isto é ilustrado pela figura 3.8, que mostra o princípio de transação no modelo cliente/servidor como o mecanismo básico para comunicação entre entidades funcionais.

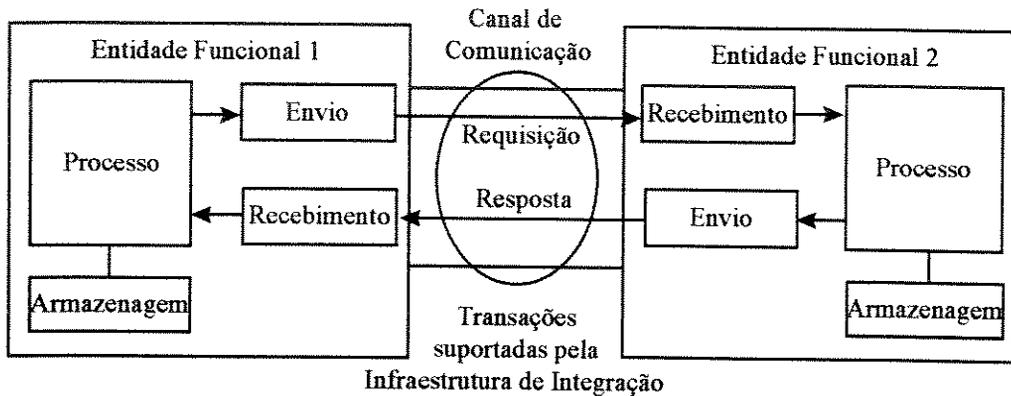


Figura 3.8 - Interações entre Entidades Funcionais (Vernadat, 1996).

Unidades de recurso representam recursos particulares, isto é, ocorrências de recursos existentes na implementação particular de um sistema. Unidades de recursos podem ser definidos como parte do modelo e utilizados como entradas de recurso de algumas classes de atividades de empresa. Neste caso, significa que todas ocorrências da classe de atividade serão executadas por esta unidade de recurso. A estrutura do construtor de uma unidade de recurso é herdada da estrutura do construtor de recurso, e são adicionadas informações relevantes como: localização, capacidade, disponibilidade na forma de um calendário, modo de alocação (FIFO, LIFO, etc.) e outras informações dependendo do tipo de recurso.

3.4.6.4 - Vista de Organização

O objetivo da vista de organização de CIMOSA é distribuir responsabilidades e autoridades sobre os vários componentes das outras vistas do modelo da empresa (especialmente atividades de empresa e recursos mas também objetos de empresa e vistas de objetos), e organizar estas responsabilidades e autoridades em níveis organizacionais de estruturas hierárquicas de organização.

Atividades de decisão envolvidas nas operações do dia-a-dia da empresa, são consideradas como parte de processos de negócios como qualquer outro tipo de atividade. Porém, decisões tomadas por atividades de decisão não modeladas no sistema, como as decisões relacionadas com a correção de situações anormais ou não previstas (tratamentos de exceção ou mecanismos de escape), são parte da vista de organização. Essas decisões são realizadas por homens que possuem o controle sobre partes relevantes do sistema.

A vista de organização CIMOSA fornece dois construtores genéricos: a **unidade de organização** e a **célula de organização**. Ela também define dois elementos de construção associados: **responsabilidade** e **autoridade**. Responsabilidade é uma atribuição fornecida a uma unidade de organização para tomar decisões e/ou ações em uma dada área de competência. Autoridade é uma atribuição fornecida a uma unidade de organização para tomar decisões sobre outras unidades de organizações.

Unidade de organização é um elemento da organização, definido por sua lista de capacidades, responsabilidades e autoridades dentro de uma estrutura de organização, associado e descrito por uma função de tomada de decisão ou solução de problemas. Correspondem a umas das entidades funcionais da empresa (geralmente homens). Seu papel é tomar ações apropriadas quando elementos do modelo sob sua responsabilidade estão em problemas. Cada unidade de organização pertence a apenas uma célula de organização. Cada unidade de organização é unicamente identificada e definida por:

- identificação da entidade funcional correspondente a unidade de organização;
- a descrição do trabalho (tomada de decisão, solução de problema, ou tarefa de gerenciamento);
- uma lista de capacidades definindo as habilidades necessárias para realizar o trabalho associado;
- a lista de responsabilidades associadas a ela;
- a lista de autoridades fornecida a ela; e
- o nome da célula de organização a que pertence.

Célula de organização é uma agregação de unidades de organização e/ou células de organização definindo uma área organizacional da estrutura de organização. Elas precisam ser unicamente identificadas. Uma célula de organização é definida por:

- a descrição da célula de organização;
- o nome do gerenciador da célula de organização ou autoridade operacional (uma pessoa entre as unidades de organização que deve supervisionar responsabilidades e autoridades de todos os outros componentes da célula;
- a lista de componentes do modelo os quais ela possui responsabilidades e autoridades (processos de domínio, atividade de empresa, recursos, objetos de empresa, etc.);

- o nível organizacional da estrutura de organização adotada (exemplo: empresa, planta, chão de fábrica, célula, estação de trabalho ou equipamento);
- os nomes das unidades de organização e/ou células de organização que fazem parte da célula de organização em questão;
- o nome da célula de organização a qual pertence;

Utilizando-se estes dois últimos construtores recursivamente, pode-se descrever uma estrutura organizacional com alguma complexidade. É necessário notar que, em um modelo de empresa particular, esses construtores definem setores reais ou partes da empresa (isto é, objetos) e não classes de objetos. Porém, podem ter autoridades e responsabilidades sobre classes de objetos (por exemplo, um tipo de atividade de empresa) ou diretamente sobre objetos (por exemplo, no caso de uma unidade de recurso).

3.4.7 - PROCESSO DE MODELAGEM

As relações entre o Ciclo de Vida de Sistema da Empresa (seção 3.4.5) e o progresso do processo de modelagem da empresa são ilustradas na figura 3.9. Iniciando com os objetivos e restrições da empresa e usando os construtores de modelagem fornecidos pela Arquitetura de Referência CIMOSA, os requisitos do sistema são definidos no Modelo de Definição de Requisitos particular (MDR). Este modelo é a base para o projeto do sistema. O projeto do sistema é representado pelo Modelo de Especificação de Projeto particular (MEP), derivando as especificações do MDR, reutilizando e adicionando novos elementos de modelagem aos construtores do MDR. O sistema operacional é construído de acordo com as especificações do MEP. A descrição do sistema operacional implementado, incluindo todas as modificações de projeto do sistema, é documentada no Modelo de Descrição da Implementação (MDI).

Para a obtenção dos modelos particulares (MDR, MEP, MDI) durante o ciclo de vida da empresa é necessária uma metodologia para caminhar através da Estrutura de Modelagem CIMOSA de modo consistente e otimizado, e aplicar seus construtores (ou seja sua linguagem) devidamente para obter modelos particulares. Assim, CIMOSA fornece a descrição de uma metodologia para modelagem chamada Processo de Modelagem CIMOSA. Nesta seção, um processo de modelagem simplificado, baseado no Processo de Modelagem

CIMOSA, será apresentado como um conjunto de sub-processos decompostos em outros sub-processos. A figura 3.10 mostra os maiores sub-processos de modelagem. Cada um desses sub-processos produzem um dos modelos (MDR, MEP, e MDI) referidos na seção anterior. Uma descrição detalhada do processo de modelagem CIMOSA é fornecida por CIMOSA Association (1996).

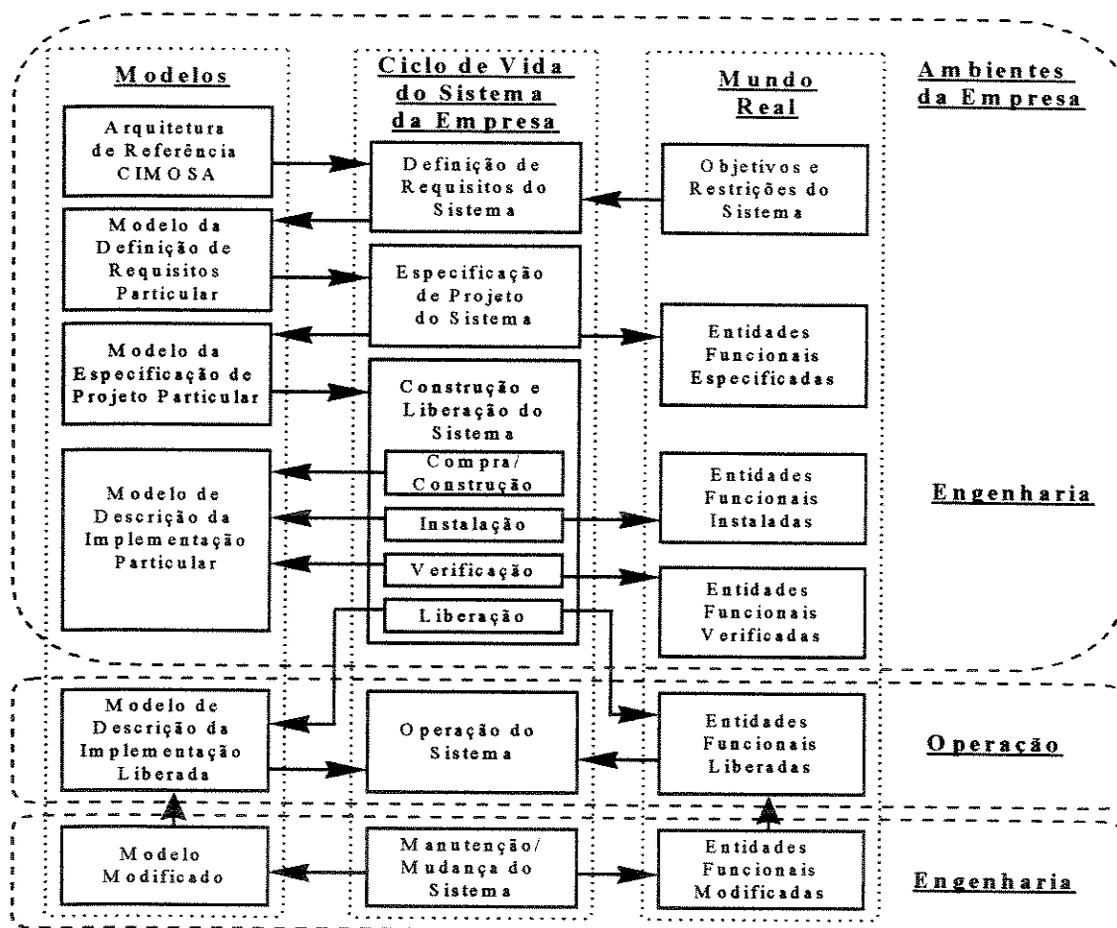


Figura 3.9 - Relações entre o Ciclo de Vida CIMOSA e modelos (Kosanke, 1995).

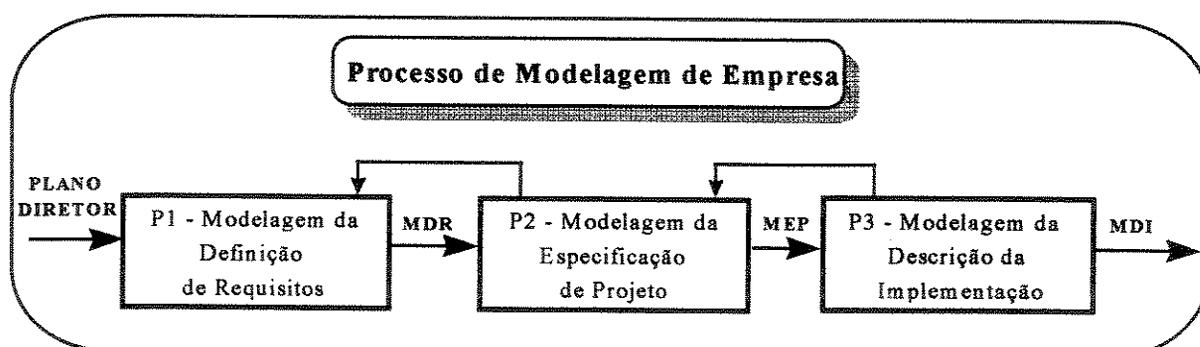


Figura 3.10 - Principais etapas do Processo de Modelagem CIMOSA.

P1 - Modelagem da Definição de Requisitos

A primeira fase de modelagem do Processo de Modelagem concerne com a definição de requisitos para a área ou parte da empresa a ser modelada (domínios de modelagem). Os requisitos do sistema são expressos em termos de construtores CIMOSA oferecidos pela Arquitetura de Referência CIMOSA. A definição dos requisitos de negócios resulta no MDR. Este modelo expressa todas as necessidades de negócios relativas a funções, informações, recursos e organização, que devem ser implementadas no sistema CIM da parte da empresa sob consideração. Este modelo define “O QUE” tem que ser feito, sem considerar restrições de implementação. Com o objetivo de controlar o processo de modelagem, Autoridades de Projeto são definidas para todos os elementos relevantes do modelo criado durante o Processo de Modelagem de Negócios CIMOSA. No primeiro nível de decomposição sete subprocessos são identificados os quais representam a tarefa global do Processo P1 (figura 3.11). O processo P1 inicia com P1.1 para a definição e estabelecimento da área de negócios a ser modelada (Estabelecimento de Domínios). As funções e seu comportamento (dinâmica ou fluxo de controle) são analisadas e documentadas nos dois seguintes processos (P1.2 e P1.3). O resultado desta modelagem são analisados e estruturados de acordo com critérios específicos em modelos de informação, de recursos e organização (P1.4, P1.5 e P1.6). Esses modelos são um subconjunto do modelo total da empresa. Porém, as três tarefas são independentes uma da outra, e as três etapas podem ser realizadas em paralelo. A tarefa final do processo P1 concerne com a consistência do MDR (P1.7). Este modelo representa o comportamento e a funcionalidade dos negócios. Uma ferramenta de suporte utilizada na modelagem deve fornecer a animação dos modelos de processo, suportando a verificação de consistência do modelo dinâmico. Cada um dos sete sub-processos identificados é brevemente descrito a seguir.

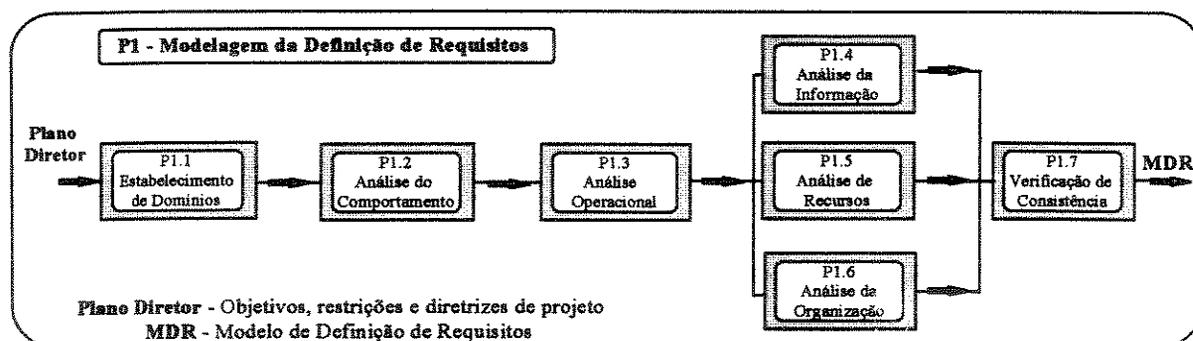


Figura 3.11 - Modelagem de Definição de Requisitos (Zelm, 1995).

P1.1 - Estabelecimento de Domínio: As áreas de negócios (Domínios) devem ser modeladas e suas vizinhanças são definidas pela identificação de entradas e saídas. Entradas e saídas de domínios são eventos disparados e/ou objetos físicos e/ou de informação (vistas de objetos), todos tendo origem e destino distintos. objetivos e restrições de domínios são derivados daqueles definidos para toda a empresa. Dependências entre entradas e saídas de domínios identificam as transformações necessárias, isto é, os diferentes processos de domínios necessários para transformá-las. Todas as partes relativas à descrição dos domínios são documentadas nos gabaritos de domínio.

P1.2 - Análise Comportamental: Cada um dos processos de domínio identificados na etapa de modelagem anterior são estruturados em processos de negócios e atividades de empresa. Esta estruturação pode ser tanto *top-down* como *bottom-up*. *Top-down* pela decomposição funcional dos processos de domínio e *bottom-up* através da agregação do conjunto de atividades de empresa identificadas em processos de negócios. O nível de detalhe do modelo do processo de domínio particular depende da intenção do modelador e seu interesse no controle do processo. Do mesmo modo, atividades de empresa devem ser definidas somente se existe uma necessidade no controle e monitoração desta sub-tarefa ou dos resultados que ela produz. Objetivos e restrições de domínio são combinados e representados como regras declarativas. Entradas e saídas, em termos de vistas de objetos, dos processos são identificadas e listadas.

P1.3 - Análise Operacional: Esta parte do Processo de Modelagem de Negócios CIMOSA diz respeito a descrição detalhada de funcionalidades (atividades de empresa) identificadas no passo anterior. CIMOSA considera a atividade de empresa como o ponto de utilização de informação e recursos e de identificação de informações na operação da empresa. Isto permite a identificação de todas as fontes e pontos de consumo de material, informação operacional e capacidades de recursos necessários. A derivação de objetivos e restrições para a atividade de empresa suporta a identificação do conjunto de capacidades necessárias para a transformação de entradas de função em saídas de função. Entradas/saídas de recursos e entradas/saídas de controle complementam a descrição da atividade de empresa fornecendo informação para a sua execução ou identificando informação criada no curso de seu processamento. Entrada de recurso é deixada vazia nesta fase de modelagem sendo que as capacidades de recursos identificam as características e necessidades funcionais em recursos.

Os estados finais fornecem informações sobre o término da atividade de empresa para o processamento do conjunto de regras de comportamento, as quais controlam a continuidade de processos de domínio.

P1.4 - Análise de Informação: Após estabelecer o comportamento e funcionalidade do processo de domínio, vista de função de CIMOSA, as informações identificadas, capacidades e aspetos organizacionais devem ser analisadas e estruturadas. As vistas de objetos (entradas e saídas das atividades de empresas) relevantes são descritas através de seus atributos. Objetos de empresas e seus relacionamentos são definidos e arranjados em estruturas hierárquicas de objetos.

P1.5 - Análise de Recursos e P1.6 - Análise da Organização: Seguindo uma análise similar são estabelecidas ambas as vista de recursos (descrição de capacidades e recursos) e vista de organização (responsabilidades e autoridades para unidades de organização e células de organização). Nestas duas vistas, estruturas hierárquicas podem ser projetadas tanto para os recursos como para a organização da empresa.

P1.7 - Verificação de Consistência: O processo de Modelagem de Requisitos da Empresa é completo com a verificação da consistência do modelo. A consistência estática do modelo (função, informação, recurso, e organização) é avaliada em função de *walk-through* estruturado, e a dinâmica do modelo é analisada através da animação do modelo.

P2 - Modelagem da Especificação de Projeto

O propósito da fase de projeto do sistema é especificar “COMO” os requisitos do sistema devem ser implementados, levando em consideração as políticas relevantes da empresa, objetivos, restrições da empresa. No curso desta fase, o Modelo de Especificação de Projeto (MEP) é iterativamente projetado e otimizado. Enquanto que o Modelo de Definição de Requisitos é produzido pelo usuário, a Modelagem da Especificação de Projeto deve ser executada por especialistas, porém, com intensa interação com esses usuários. As especificações de projeto são derivadas do MDR pelo detalhamento e acréscimo de blocos e elementos de construção. Então, os construtores de modelagem relativos a fase de definição de requisitos, não são apenas acrescidos por atributos adicionais (tempo, local, etc.), mas também incluem outros construtores de modelagem (operação funcional, entidade funcional)

e construtores de modelagem de TI (esquemas, modelo de dados, modelo de transações de dados, etc.). Os subprocessos compondo a Modelagem da Especificação de Projeto são apresentados na figura 3.12.

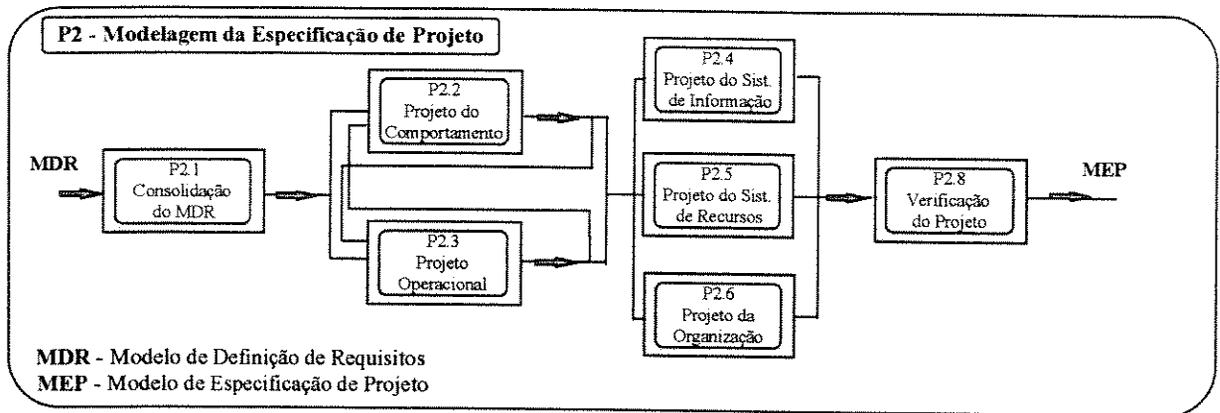


Figura 3.12 - Modelagem da Especificação de Projeto (Zelm, 1995).

P2.1 - Consolidação do MDR: O Modelo de Definição de Requisitos é revisto considerando toda a empresa e suas restrições operacionais. Por exemplo, no nível de MDR os conjuntos de capacidade podem conter redundâncias, já que esses foram definidos, negligenciando a potencial reutilização através de todos os processos de domínio identificados. Os passos de modelagem P2.2 e P2.3 são executados de modo iterativo.

P2.2 - Projeto do Comportamento: Alternativas para o comportamento de processos a nível de MDR, as quais levam aos mesmos resultados do processo de domínio são avaliadas. Para as atividades de empresa o comportamento da atividade de empresa é definido, o qual controla a execução das operações funcionais identificadas. Tempos e prioridades são adicionadas à definição de eventos.

P2.3 - Projeto Operacional: Atividades de empresas são decompostas em operações funcionais com o nível de detalhe controlado pela condição: cada operação funcional deve ser executada por uma entidade funcional. Informações sobre tempos de processamento para as atividade de empresa são fornecidas. Os passos de modelagem P2.4, P2.5 e P2.7 também são realizados de modo iterativo.

P2.4 - Projeto do Sistema de Informação: As vistas de objetos identificadas nas diferentes entradas e saídas das atividades de empresa são a base para o modelo de informação. As

vistas de objetos definidas pelos usuários são preservadas. Partindo das vistas de objetos são derivados os esquemas de informação (esquemas conceituais e externos). A parte de projeto da TI (tecnologia de Informação) As especificações de projeto são derivadas do MDR particular pelo detalhamento e acréscimo de blocos de construção genérico.

P2.5 - Projeto do Sistema de Recursos: O projeto de sistemas de recursos considera os recursos de manufatura e de TI. Os diferentes Recursos preenchendo as Capabilidades Requeridas são identificados e estruturados em termos de entidades funcionais que satisfazem a lista de operações funcionais identificadas no MDR. O projeto do sistema de recursos também inclui avaliação e definição de alternativas de recursos, sua distribuição espacial, capacidades necessárias, a definição de estruturas de gerenciamento de recursos (hierarquias, redes, etc.) em termos de células lógicas e físicas.

P2.6 - Projeto da Organização: As responsabilidades/autorizações operacionais (unidades de organização) identificadas são consolidadas e as estruturas organizacionais necessárias (hierarquias, redes, etc.) são definidas como células de organização (departamentos, divisões, células, etc.).

P2.7 - Verificação de Projeto: O Modelo de Especificação de Projeto é validado e verificado através de simulação, usando diferentes cenários de testes representando operações particulares da empresa.

P3 - Descrição da Implementação

A fase de construção e liberação do sistema é relativa à implementação do sistema da empresa. Isto envolve essencialmente a provisão de recursos (reutilização, compra ou construção), instalação, integração e testes no ambiente de engenharia de empresas. O MEP é atualizado em função de modificações do projeto durante o processo de Modelagem da Descrição da Implementação (MDI). Estas modificações são registradas no conjunto de construtores de modelagem já definidos ao nível de Modelagem da Especificação de Projeto. Ao nível de MDI, não são fornecidos mais construtores de modelagem de negócios, mas somente construtores de modelagem de TI. Os subprocessos definidos para a Modelagem da Descrição da Implementação são ilustrados pela figura 3.13.

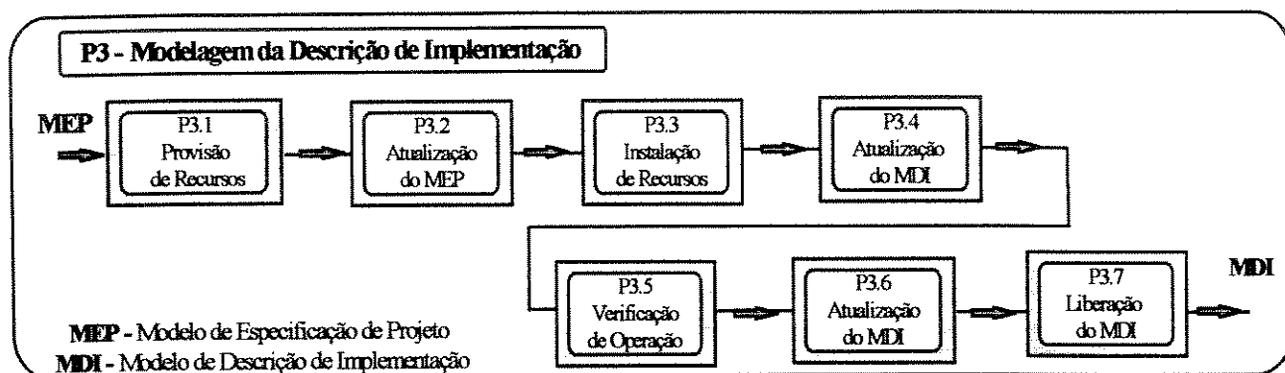


Figura 3.13 - Modelagem da Descrição de Implementação (Zelm, 1995).

P3.1 - Provisão de Recursos: Seguindo o Modelo de Especificação de Projeto os recursos disponíveis em estoque e/ou no mercado são identificados, avaliados e os inexistentes são construídos de acordo com as especificações de projeto.

P3.2 - Atualização do MEP: Todas as modificações das especificações dos recursos selecionados são registradas nos construtores de modelagem (gabaritos) relativos. O MEP torna-se então o MDI.

P3.3 - Instalação de Recursos: Os recursos são instalados seguindo a especificação de projeto em termos de localização física e interconexões logísticas.

P3.4 - Atualizações do MDI: Modificações na instalação dos recursos selecionados durante a especificação de projeto são registrados no modelo. Também, qualquer outra modificação do MEP é registrada.

P3.5 - Verificação da Operação: A operação da empresa é validada e verificada, através de simulações de modelos, e execução da operação seguindo os diferentes cenários identificados na especificação de projeto, e modificados de acordo com as atualizações feitas no curso da implementação do sistema.

P3.6 - Atualização do MDI: Todas as modificações do modelo ocorridas na fase de verificação são registradas no MDI.

P3.7 Liberação do MDI: O MDI é liberado para operação da empresa e para o uso no controle e monitoração de funções, conforme os objetivos de projeto.

3.4.8 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE CIMOSA

Comparado com outros métodos de modelagem e integração CIM, as principais vantagens de CIMOSA são (Vernadat, 1996):

- cobre adequadamente os aspectos funcionais e comportamentais de sistemas CIM.
- suporta a descrição da especificação de projeto e implementação do sistema de acordo com os requisitos de usuários (processo de derivação);
- restringe o número de blocos de construções possíveis, forçando vendedores fornecer componentes padrões;
- está em linha com os padrões internacionais em desenvolvimento para CIM (STEP, OSI, MAP, ENV 12 204);

Ainda, CIMOSA fornece:

- o princípio de economia de esforço de projeto, através de seu processo de particularização (do genérico ao particular, conforme o cubo CIMOSA) e da reutilização de modelos parciais através de uma biblioteca de modelos parciais na arquitetura de referência (por exemplo fornecidos por fornecedores de sistemas CIM);
- o princípio de módulos padrões com representação uniforme de dados e funções como também interfaces padrões para simples conexões (sistema “plug and play”) por meio de uma plataforma de integração interoperável, chamada de Infraestrutura de Integração CIMOSA;
- o princípio de modelagem de toda a empresa por meio de quatro vistas integradas;
- o princípio de integração baseada em modelos por meio de um modelo de implementação executável;
- CIMOSA proporciona um método de modelagem que satisfaz os princípios de generalidade, reusabilidade, decomposição funcional, separação de funcionalidade e comportamento, separação de processos e recursos, e conformidade todos juntos.

3.5 - CONCLUSÕES

Neste capítulo foram apresentados conceitos de modelagem e integração de empresas. Através de um estudo de trabalhos que analisam e comparam métodos de modelagem atualmente existentes ou em desenvolvimento, concluiu-se que a linguagem CIMOSA se

mostra a mais adequada para descrever de maneira completa sistemas de gestão da produção de empresas de manufatura. Foi também realizada uma apresentação da Arquitetura CIMOSA e sua linguagem de modelagem. No capítulo seguinte, são descritos o projeto PIPEFA e os principais componentes do seu sistema de produção.

Capítulo 4

PROJETO E COMPOSIÇÃO DE PIPEFA

Este capítulo tem por objetivo descrever o projeto *Plataforma Industrial para Pesquisa Ensino e Formação em Automação* (PIPEFA) e os principais componentes do Sistema de Produção PIPEFA: o Ambiente de Planejamento, a Célula de Montagem PIPEFA e o Ambiente de Integração PIPEFA.

4.1 - PROJETO PIPEFA

O Laboratório de Automação Integrada e Robótica (LAR) da UNICAMP associado com o Instituto de Automação da Fundação CTI (Centro Tecnológico para a Informática) estão desenvolvendo o Projeto PIPEFA, cujo objetivo é a cooperação com a indústria, pesquisa, ensino e desenvolvimento nas áreas de automação industrial e gerenciamento da produção.

Na tentativa de fornecer recursos para desenvolvimentos e pesquisas aplicadas à área de automação de manufatura, tornam-se necessários esforços no sentido da montagem de um ambiente que retrate os possíveis problemas encontrados num sistema real de produção. Esforços semelhantes ocorrem no LIISI (Laboratoire d'Ingénierie Intégrée des Systèmes Industriels) (Frachet, 1995), Universidade de São Carlos, Departamento de Mecatrônica da USP (Universidade de São Paulo) e outros. O esforço está no sentido de montar uma plataforma para formação, pesquisa e desenvolvimento na área de automação industrial que tenha baixo custo operacional, e que emule todas as 'áreas' e características de um sistema de produção discreta (Campos, 96; Campos, 97).

O Projeto PIPEFA objetiva permitir a procura de soluções complementares, a integração de dois diferentes grupos de pesquisa e a realização de um trabalho na área de integração e automação industrial, que considere desde do projeto e implantação de um sistema automático de manufatura à sua integração com os aplicativos mais modernos de planejamento e controle da produção, além de permitir desenvolvimentos em outras áreas como integração de empresas e planejamento cooperativo (Carvalho, 1997).

O Sistema de Produção PIPEFA (SPP) pode ser descrito por três maiores componentes: um Ambiente de Planejamento, uma célula de montagem (relativa ao sistema físico com sua capacidade de produção e seus objetivos) e uma infraestrutura de integração (para possibilitar a comunicação e integração entre as diversas entidades funcionais dos sistemas anteriormente citados). A célula de montagem e o seu sistema de supervisão de produção e de processo estão sendo instalados na UNICAMP, enquanto que a estrutura de planejamento e controle da produção relacionados com os níveis superiores de decisões estão sendo instalados na Fundação CTI. A integração entre o sistema de produção e o ambiente para planejamento, que estão situados em instituições diferentes será realizada através da Internet, a qual faz parte da infraestrutura de integração.

4.2 - HIERARQUIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE PIPEFA

A hierarquia apresentada no capítulo 2 segue o enfoque MRP-II tradicional. Este enfoque é insuficiente para tratar o problema de planejamento da produção em termos de ensino, treinamento e pesquisa, objetivo da PIPEFA, principalmente no que se refere ao tratamento das capacidades, otimização da produção e políticas de reação a desvios de objetivos de produção.

Com o intuito de cobrir todas as atividades de apoio ao planejamento da produção da PIPEFA é apresentada nesta seção a proposta de uma nova hierarquia de planejamento da produção aplicada ao S. P. PIPEFA que cobre desde o planejamento estratégico até a liberação da produção. Considera também o reescalonamento da produção, necessário quando da ocorrência de desvios de demanda ou comportamento aleatório do sistema produtivo (quebra de máquina, falta de pessoal, etc.). Esta hierarquia contempla os software PPA, RETRA e PRODCON, desenvolvidos pelo Instituto de Automação da Fundação CTI e

o SYCORO em desenvolvimento pela Universidade de Metz, França e formam o Ambiente de Planejamento PIPEFA. Estes serão descritos em detalhe a seguir.

4.2.1 PROGRAMA DE PLANEJAMENTO AGREGADO (PPA)

O Programa de Planejamento Agregado é um software de suporte ao planejamento estratégico. No método em que se baseia este programa, o sistema de produção é representado por um modelo estocástico com agregação dos recursos industriais em uma máquina equivalente, a qual está associada uma capacidade e um custo por unidade de produção e de estoque. Produtos finais são agregados em famílias. A demanda esperada para cada família de produto é representada como a soma de duas componentes: ordens conhecidas e ordens previstas, como mostrado na figura 4.1. Como observado nesta figura, o grau de incerteza sobre a demanda esperada aumenta a medida que esta se distancia do ponto inicial do planejamento. Então para melhor representar o comportamento da demanda esperada para este horizonte de planejamento é necessário a utilização de modelos estocásticos. Os recursos de produção e de matéria-prima neste horizonte de planejamento também estão associados a um grau de incerteza que deve ser considerado.

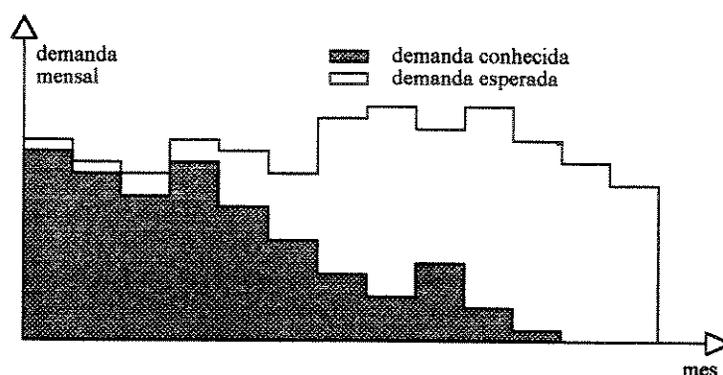


Figura 4.1 - Demanda mensal.

O modelo estocástico representa uma visão geral da corporação que deve refletir uma parte substancial do negócio e mostrar tendências ao longo do tempo. Cada tendência gera um cenário e o conjunto de cenários estabelece um corredor no qual o planejamento da produção deve estar situado. Derivado do modelo de otimização, o corredor fornece importantes orientações e sensibilidade decisória acerca do comportamento do sistema real.

O problema estocástico é formulado como um problema linear-quadrático de controle ótimo estocástico com restrições de capacidade (Silva Filho, 1995). Assim, através deste programa, pode-se obter informações que ajudem a determinar planos de produção e de estoques agregados, em termos de famílias ou de tipos de produtos (Bitran, 1982), fixando metas para o nível de planejamento inferior.

4.2.2 - RETRA

As práticas industriais (MRP II, JIT) são largamente empregadas no planejamento tático da produção dos sistemas de manufatura. Contudo a cada dia cresce a necessidade de melhorá-las e supri-las de mecanismos que, entre outros fatores, considerem principalmente a questão da capacidade associada a uma visão temporal do problema. Ou seja, que procurem fazer uma alocação ótima em um sistema capacitado antecipando ou retardando no tempo o atendimento à uma demanda preestabelecida. O caminho é então a integração das práticas industriais com a otimização.

Neste sentido, e também com o objetivo de desagregar as metas fornecidas pelo nível superior de planejamento, uma interface entre o planejamento agregado e o planejamento de necessidades é implementada. Isto é realizado através do programa de otimização RETRA, que realiza a decomposição temporal e espacial das metas agregadas estabelecidas pelo planejamento agregado. A decomposição temporal desagrega o período do plano agregado em períodos menores e as famílias de produtos em subconjuntos estabelecendo um plano de produção que satisfaça os requisitos de data de entrega e não viole capacidades.

Um caminho para modelar e resolver este tipo de problema passa pela observação que uma cadeia de produção pode ser vista como um fluxo de peças, em trajetórias pré-definidas, através de máquinas equivalentes e unidades de estocagem, até se tornarem produto final. No sentido de representar um sistema de produção é utilizada a árvore básica de produção contendo todas os estágios significativos de produção (figura 4.2). Esta árvore deve ser replicada em um número de segmentos proporcional à discretização para a representação do problema no tempo. O resultado deste procedimento é chamado árvore de produção replicada (Scudero, 1986), apresentado na figura 4.3. Deste enfoque resulta um modelo de fluxo em redes a ser resolvido como sugerido por Carvalho (1994) e Fernandes (1995), pelo

algoritmo RETRA que aproveita a estrutura especial do problema. Esta estrutura é de fluxo em redes, um problema particular de programação linear, muito conveniente para este nível de planejamento por sua eficiência computacional, facilidade de análise paramétrica e de sensibilidade.

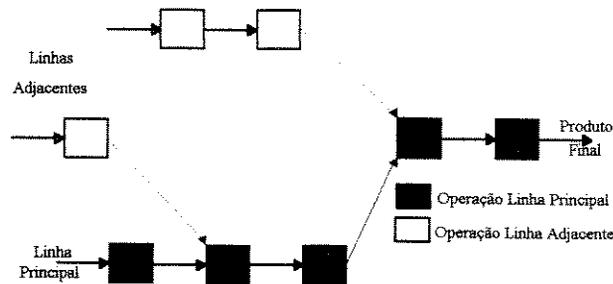
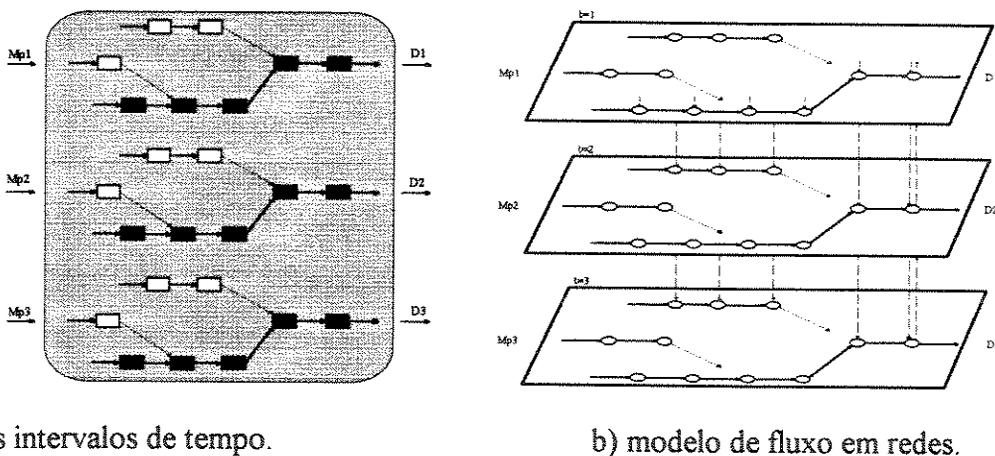


Figura 4.2 - Representação de uma cadeia de produção.



a) Três intervalos de tempo.

b) modelo de fluxo em redes.

Figura 4.3 - Cadeia de produção estendida no tempo.

Durante procedimento de planejamento utilizando o programa RETRA, custos são associados à matéria-prima, à produção, ao armazenamento e às atividades de montagem. Lucros são associados a cada unidade de demanda suprida. Pode haver atendimento parcial ou total da demanda dependendo dos objetivos do sistema de produção. Ordens em atraso são permitidas até determinado nível sendo alocado um fator de penalidade a cada unidade de demanda não entregue em dia. Este módulo permite que vários cenários sejam simulados. A informação de custos relativos auxilia na identificação de oportunidades de expansões de aumento ou diminuição de mão de obra, etc.. O RETRA fornece soluções otimizadas em termos de quantidade atendida ou atendida com atraso para cada família de produtos além da taxa de aproveitamento de máquinas, por períodos.

Então, o RETRA ajuda no planejamento das necessidades de recursos (expansão de capacidades) e determina planos de produção e estoques em termos de datas compra e de entrega de subconjuntos. Este plano deve ser detalhado em termos de itens pelo sistema de informações PRODCON.

4.2.3 - PRODCON

O PRODCON é um sistema de informações utilizado no planejamento de recursos e é baseado no MRP II (seção 2.5.4). No ambiente de planejamento o PRODCON deve detalhar os resultados recebidos do RETRA (plano de produção por famílias) detalhando as árvores de produto e determinando as datas de necessidades (fabricação ou compra) de todos os itens que compõem o produto final. Além da explosão da árvore de produtos e cálculo de necessidades de materiais, o PRODCON possui várias outras funções como o planejamento de capacidades, o controle da produção e a emissão de ordens.

Então, o PRODCON gera a nível de empresa um plano de compras e um plano de produção constituídos de ordens de fabricação, em termos de itens componentes com relativas datas de início e fim para cada suposta fábrica da empresa.

4.2.4 - SYCORO

4.2.4.1 - INTRODUÇÃO

As técnicas para suporte ao planejamento apresentado nas seções anteriores tratam dos aspectos de planejamento da produção de longo e médio prazo. A etapa de planejamento seguinte consiste em distribuir as ordens de fabricação, definidas no plano de produção, aos recursos de chão de fábrica gerando o programa de produção para o curto prazo. O programa de produção é um conjunto de ordens de operações alocadas a células ou estações de trabalho.

Na produção por lotes de peças discretas (contexto de aplicação de PIPEFA), o planejamento da produção (determinação de datas de início e fim de operações) torna-se complexo, envolvendo muitas variáveis e sendo sujeito a perturbações. Conseguir-se êxito na determinação de apenas uma parte do plano previsto. Atualmente, os sistemas de gestão da

produção suportados por computador são organizados em torno das funções de planejamento e controle, e não tratam de maneira satisfatória as perturbações que porventura venham ocorrer quando da implementação da produção. Então, torna-se necessário um sistema de suporte à programação da produção que reaja aos desvios ou mudanças de objetivos e integre o conhecimento relacionado com o planejamento e com o chão de fábrica, facilitando a distribuição das operações aos recursos de produção.

O sistema de supervisão da produção da PIPEFA deve ser implementado utilizando SYCORO. O SYCORO (Système de Conduite Reactive par Objectives) é um sistema de supervisão e controle da produção baseado em sistemas multi-especialista, que visa tratar das perturbações do sistema de produção integrando as funções diretamente ligadas com o chão de fábrica (programação, liberação, supervisão e controle da produção) com o planejamento e as atividades de suporte (transporte, manutenção, controle de qualidade e estoque), através de uma base de conhecimento da empresa (Youssef, 1998). A posição de SYCORO (figura 4.4), entre as atividades do sistema físico e as de planejamento da produção, facilita a reação às perturbações do sistema físico (quebra de máquina, falta de uma ferramenta, falta de matéria-prima, etc.) e também com relação às perturbações de pedidos de clientes (pedido urgente, pedido modificado, pedido anulado, etc.). Esse sistema está em fase de desenvolvimento no LIGPM (Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique) da Universidade de Metz, França.

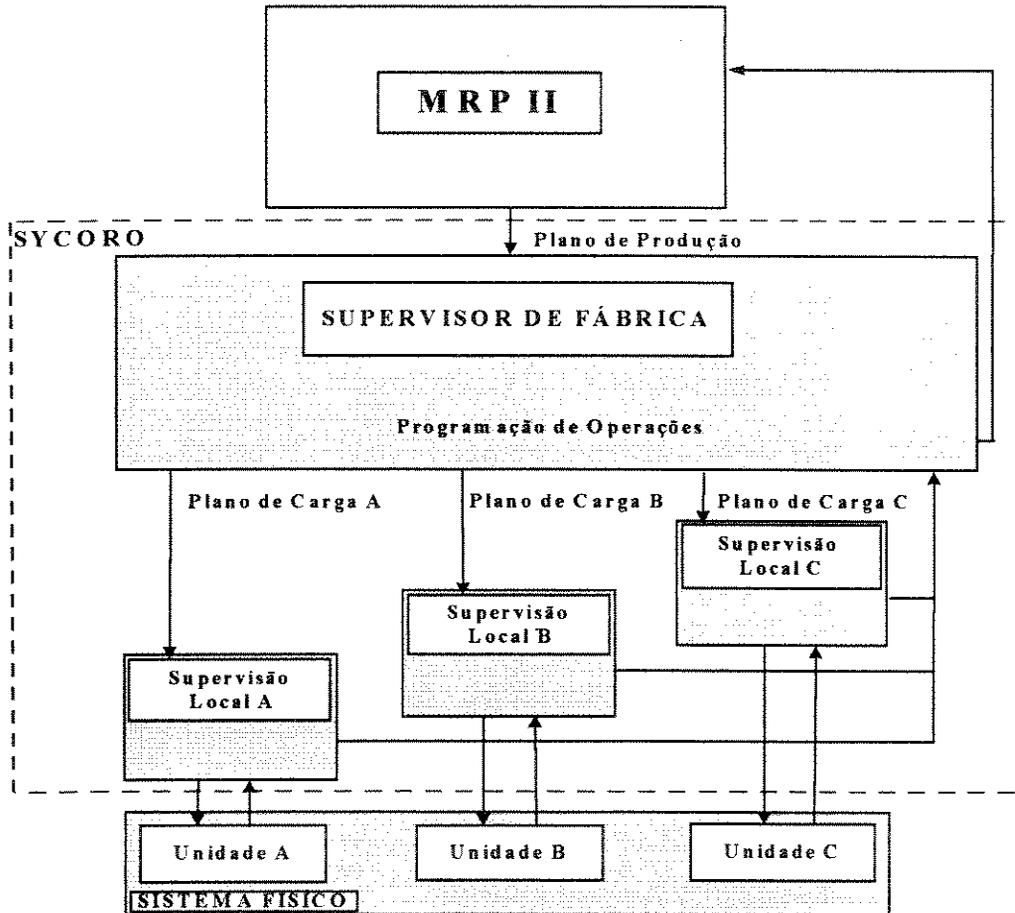


Figura 4.4 - Arquitetura de SYCORO.

4.2.4.2 - ARQUITETURA DO SYCORO

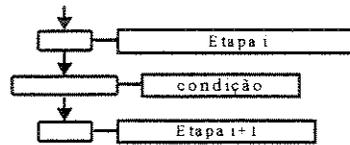
O SYCORO pretende tratar as questões relativas à programação integrada com a supervisão e controle da produção para que, durante a distribuição e liberação da produção, a supervisão tenha uma maior liberdade de decisão, possibilitando otimizar seus próprios critérios. Assim, o risco de divergência dos planos com a realidade do sistema físico de produção é mínimo, já que essas funções se encontram próximas das informações que descrevem de modo mais preciso o estado do chão de fábrica.

A arquitetura de implantação do SYCORO supõe uma estrutura hierárquica para a empresa e propõe tratar questões relacionadas com a programação ao nível de fábrica, e com a liberação, supervisão e controle da produção nos nível de célula. Assim, o SYCORO associa um sistema de supervisão e controle da produção para cada fábrica (Supervisor de Fábrica) e um sistema de supervisão e controle da produção para cada unidade de produção

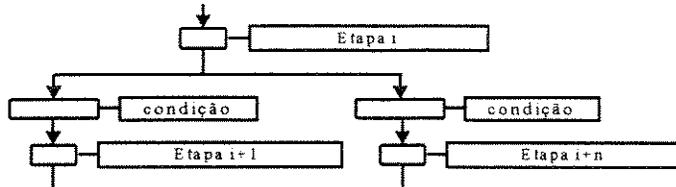
da fábrica (Supervisor Local). A unidade de produção pode ser definida como uma célula ou um agrupamento de máquinas por processos. O papel do Supervisor de Fábrica é de gerenciar as restrições e conflitos globais, como por exemplo o cumprimento de prazos de pedidos, a gerência de pedidos urgentes/modificados/anulados, distribuição/redistribuição de tarefas do plano de produção, equilíbrio/reequilíbrio de carga, etc.. Ele assegura uma visão global das unidades de produção. As unidades ficam encarregadas da seqüência final, liberação, supervisão, e controle da produção, e reação às perturbações do sistema físico. Para realizar estas atividades, o SYCORO armazena e manipula o conhecimento relativo aos produtos, processos, recursos e objetivos de produção (planos de produção).

4.2.4.3- MODELAGEM DO CONHECIMENTO ATRAVÉS DE REDES

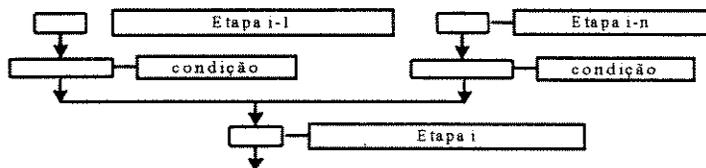
Este trabalho assume que as informações caracterizando processos de montagem (relacionado com as árvores de produtos), processos de fabricação e roteiros de fabricação podem ser estruturadas em função de etapas de processos seqüenciais. Para modelar o conhecimento relativo aos produtos, processos e recursos, o SYCORO utiliza um modelo de rede baseado no modelo etapa-transição, como Grafcef ou Redes de Petri (DiCesari, 1993). Regras de progressão por uma rede definem as possíveis seqüências representadas pela rede. Resumidamente, algumas regras e a sintaxe definindo seqüências são apresentadas na figura 4.5. Outras regras devem ser aplicadas.



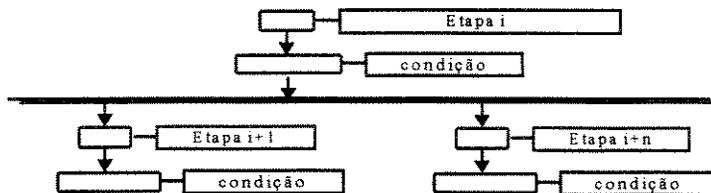
R1 - Progressão Linear: A progressão da seqüência é da Etapa i para a Etapa $i+1$



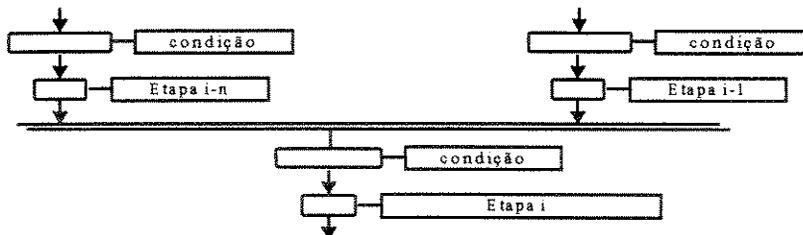
R2 - Progressão Divergente do tipo OU Exclusivo: A progressão é da Etapa i para uma das Etapas



R3 - Progressão Convergente do tipo OU: A progressão é de uma das Etapas para a Etapa i



R4 - Progressão em Paralelo ou E: A progressão é da Etapa i para todas Etapas seguintes



R5 - Progressão em Paralelo ou E: A progressão é das Etapas anteriores para a Etapa i

Figura 4.5 - Regras de progressão para o modelo Etapa-Transição.

Parte do conhecimento utilizado pelo sistema pode ser classificado em:

- conhecimento associado ao produto: representado pelo conjunto de árvores de produto (CAP(π));
- conhecimento associado ao processo: representado pelo conjunto de planos de processos (CPP(CAP(π))), figura 4.6); e
- conhecimento associado aos recursos: representado pelo conjunto de roteiros de fabricação para cada plano de processo do produto (CRF(CPP(CAP(π))), figura 4.7).

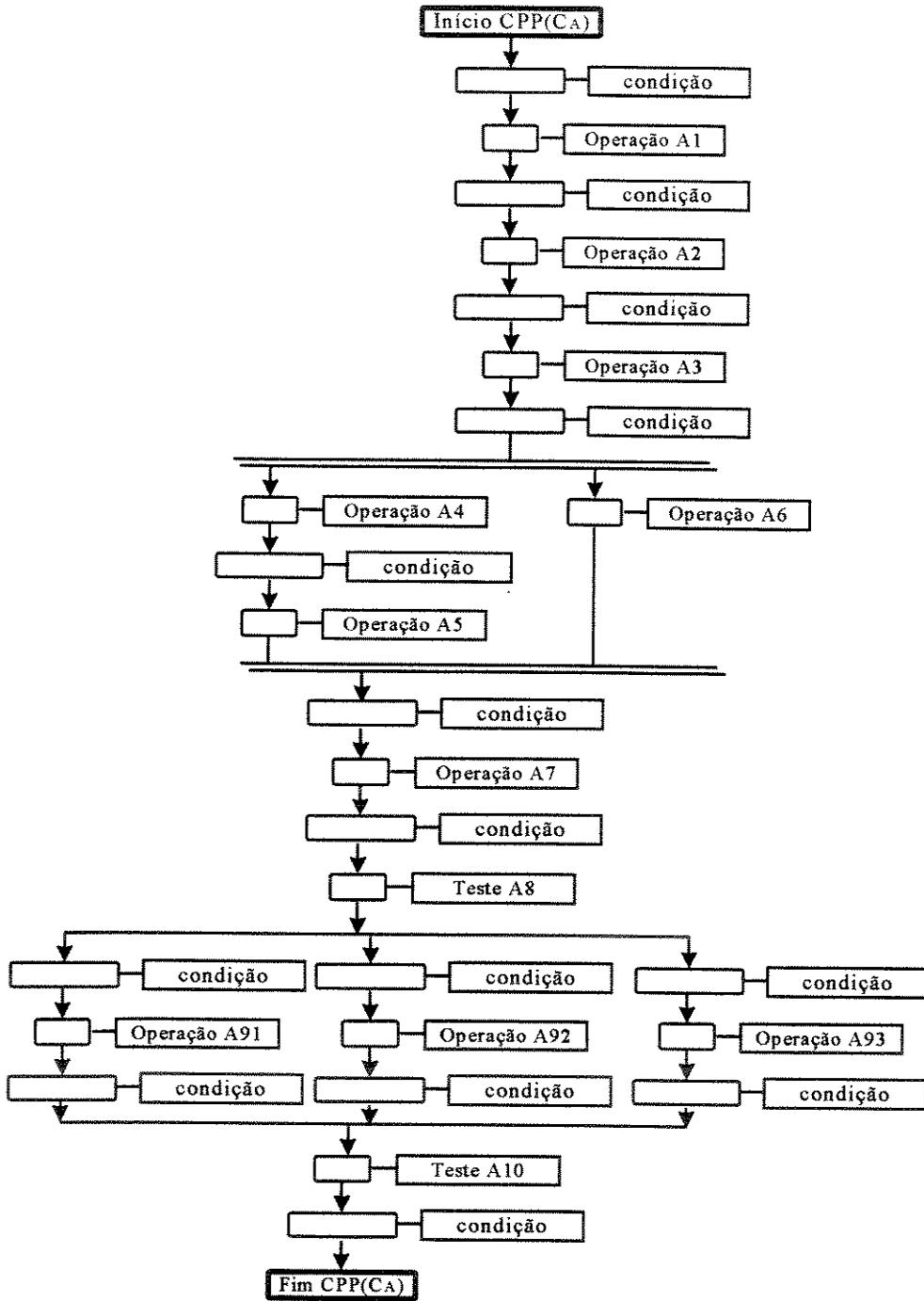


Figura 4.6 - Representação de um Conjunto de Planos de Processo (CPP(CA)).

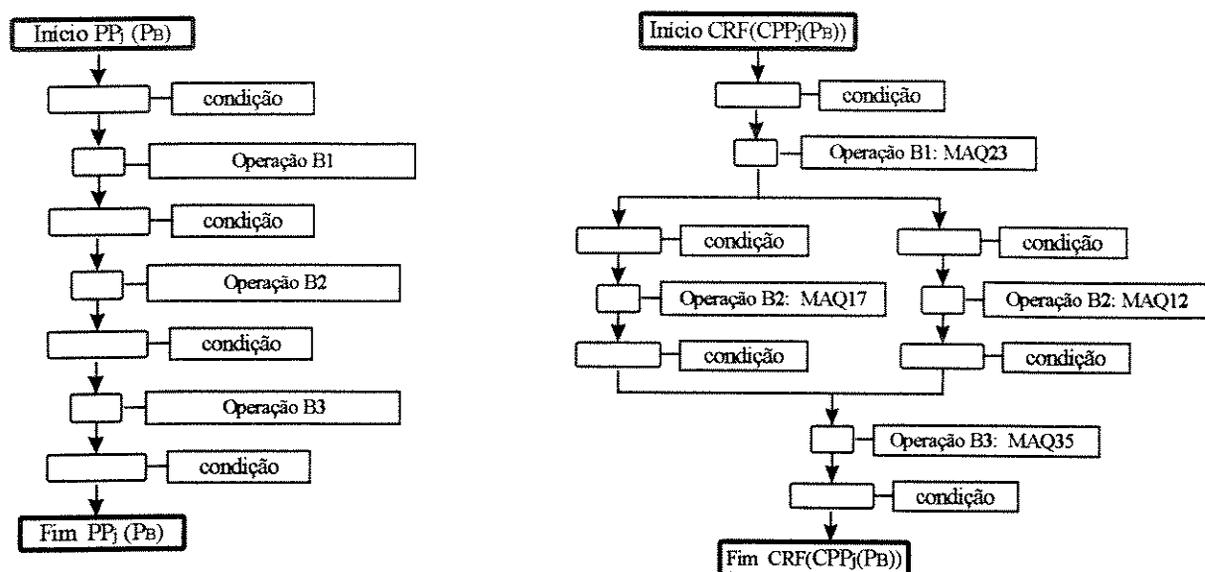


Figura 4.7 - Representação de um Conjunto de Roteiros de Fabricação relativo a um Plano de Processo j de produto B (CRF(CPP $_j$ (pB))).

Basicamente, nas etapas são relacionados os parâmetros caracterizando componentes de produtos (no caso de árvores de produto), parâmetros de processo (no caso de planos de processos), e disponibilidade de máquina (no caso de roteiros de fabricação). Então, através da base conhecimento, o sistema SYCORO deverá manipular os dados do sistema físico e de gestão de produção para coordenar as atividades de produção. Por exemplo, pode-se obter árvores de produtos, planos de processos e/ou roteiros de fabricação alternativos para resolver problemas relativos à alocação de recursos através de planos de processos e/ou roteiros alternativos e reagir às perturbações do sistema de produção. Por exemplo, as possíveis seqüências de operações caracterizando planos de processos alternativos obtidas através da rede da figura 4.6 seriam:

- ⇒ Plano de Processo 1: Operações A1, A2, A3, (A4, A5 e A6), A7, A8, A91, e A10;
- ⇒ Plano de Processo 2: Operações A1, A2, A3, (A4, A5 e A6), A7, A8, A92, e A10;
- ⇒ Plano de Processo 3: Operações A1, A2, A3, (A4, A5 e A6), A7, A8, A93, e A10.

A figura 4.7 caracteriza o conjunto de roteiros de fabricação relativo a um plano de processo de um “Produto B” e fornece as seguinte seqüências:

- ⇒ Roteiro 1: Máquinas Maq23, Maq17, Maq35;
- ⇒ Roteiro 2: Máquinas Maq23, Maq12, Maq35.

Estas seqüências podem ser restringidas por condições associadas às transições (condições restringindo componentes de árvores de produtos, operações de plano de processos ou restrições de máquinas). O conhecimento representados pelas redes são implementadas através de regras de produção. O conjunto de regras de produção formam a base de conhecimento da empresa.

4.2.4.4 - GESTÃO E NÍVEIS DE REATIVIDADE

O sistema SYCORO gerencia a produção baseando-se em um plano de objetivos, estabelecido a partir da elaboração periódica do plano de produção (resultante do planejamento através do MRPII) ou a partir de alguma perturbação. O plano de objetivos reúne o conjunto de operações de produção, relativos aos planos de processo (CPPj(ci)) utilizadas na elaboração do plano de produção em questão. Definido o plano de objetivos, a etapa seguinte consiste em distribuir as operações entre as diferentes estações de trabalho, reunidas nas unidades de produção.

A distribuição das operações é feita da seguinte forma (figura 4.8): o sistema supervisor de fábrica envia o plano de objetivos às unidades de produção. O supervisor local determina, em função das capacidades e disponibilidades de seus recursos, o conjunto de operações que elas podem efetuar dentre aquelas do plano de objetivos, enviando-o para o supervisor de fábrica. Após ter recebido as propostas das unidades, o supervisor de fábrica analisa-as e faz a alocação das operações em função de várias heurísticas (critérios), utilizando-se do conhecimento armazenado no conjunto de roteiros (CRF(CPP(CAP(pi)))), resultando em um Plano de Carga (conjunto de operações) para cada unidade de produção (PC(ui)). O conjunto desses planos constitui o Programa de Produção, o qual deve ser gerenciado.

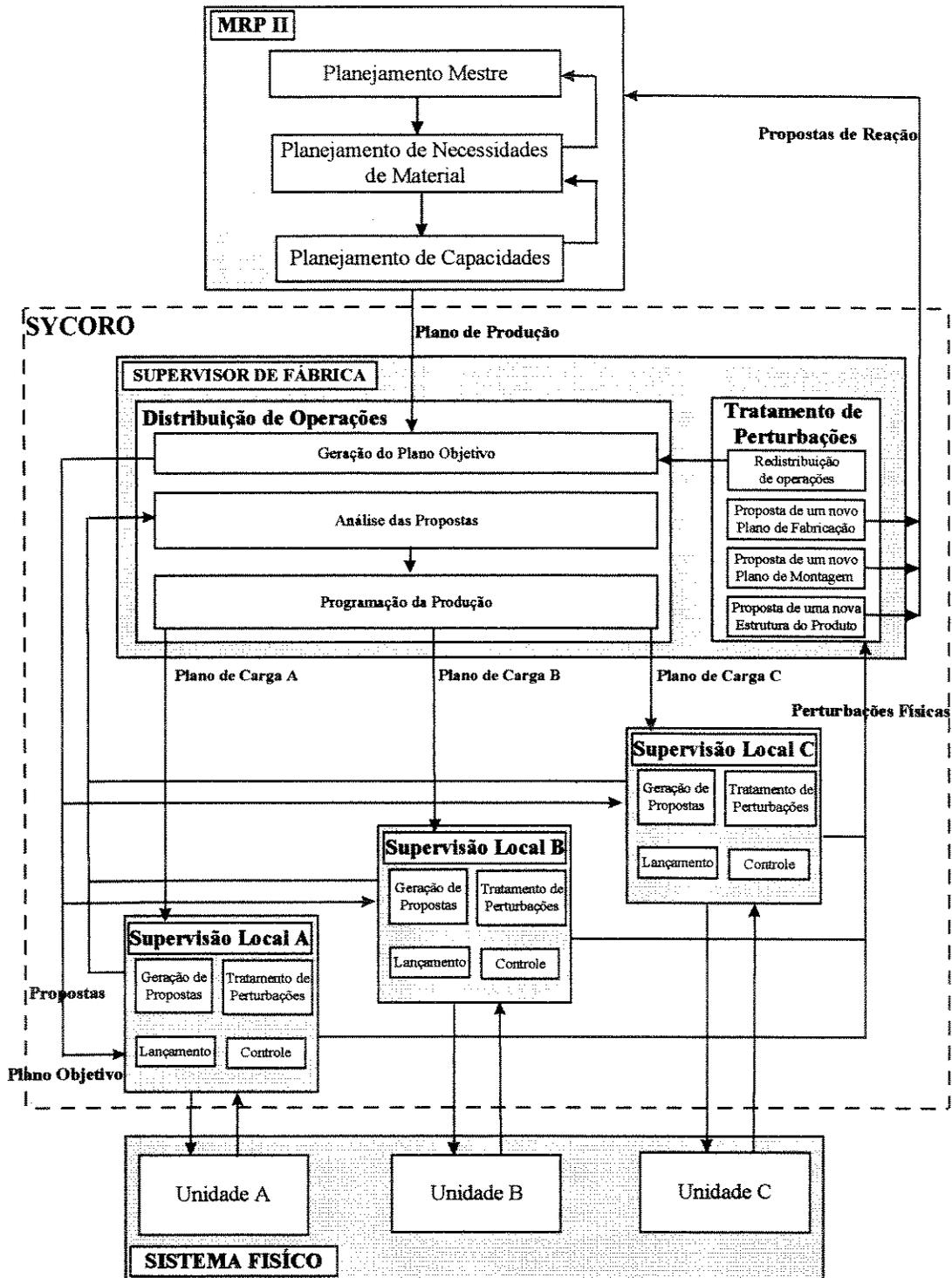


Figura 4.8 - Fluxo de informações para reações.

Tendo terminado a programação da produção, o supervisor de fábrica envia esses planos aos diferentes sistemas de supervisão das unidades. Agora, fica a cargo do sistema de supervisão local sequenciar, liberar e controlar as operações alocadas à sua unidade, administrando as possíveis perturbações.

O sistema SYCORO pretende tratar de dois tipos de perturbação:

- perturbações nas ordens de fabricação, tais como: mudança de cor de um item, aumento de potência do motor de um sistema, modificação da data de entrega, modificação da quantidade de produto, pedido urgente, pedido anulado, etc.;
- perturbações do sistema físico, tais como: máquina em funcionamento degradado ou quebrada, ferramenta quebrada, falta de matéria-prima ou dispositivos de fabricação, operador ausente ou acidentado, problemas no transporte, etc..

Por exemplo, após a ocorrência de uma perturbação afetando uma operação alocada a uma estação de trabalho, o respectivo supervisor local pode definir uma operação de manutenção com o objetivo de colocar o sistema em condições normais de funcionamento. Dependendo do tempo dessa operação de manutenção, o supervisor local pode alterar o plano de operações de fabricação da estação de trabalho em questão, adiando os tempos previstos para as operações a ela alocadas. Ou a supervisão local pode realocar a operação afetada para uma outra estação de trabalho similar dentro da mesma unidade, alterando os planos de operações de fabricação de outra estação de trabalho, porém não alterando o plano de carga da unidade, isto é, sem necessitar uma reprogramação.

Se uma solução não é possível ao nível de unidade, a reação fica a cargo do supervisor de fábrica que passa a fixar novamente os objetivos de produção e estabelece uma redistribuição das operações. Em função da pesquisa de roteiros alternativos especificados no conjunto de roteiros (CRF(CPP(CAP(pi)))) são analisadas propostas enviadas pelas unidades e especificada uma possível solução em reação à perturbação em questão (reprogramação).

Caso não se encontre uma solução pode-se propor um outro plano de processo (CPP(CAP(pi))). Se mesmo assim não for encontrada uma solução, pode-se procurá-la no conjunto de árvore de produto CAP(pi). Não encontrando solução, o problema deve ser tratado a nível comercial. Pode-se definir um espaço virtual de pesquisa de solução representado pela figura 4.9.

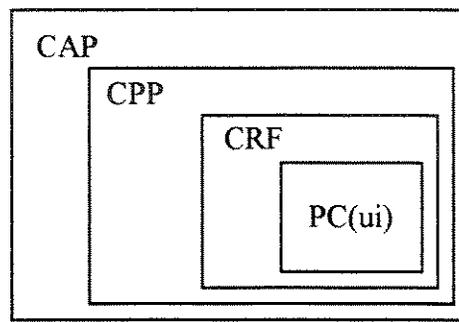


Figura 4.9 - Espaço virtual de pesquisa.

Desde a aparição de uma perturbação é necessário identificá-la e definir qual o tipo de reação que deve ser implementada. Pode-se definir os seguintes níveis de reação em relação às perturbação:

1. a não interferência nos planos: a perturbação é mínima e não força a modificação do plano atual, não necessitando de reação;
2. intervenção a nível de unidade de produção: com a identificação de uma perturbação em uma operação sendo efetuada através de um recurso de uma unidade, a supervisão local dessa unidade fornece uma solução;
3. intervenção a nível de fábrica: caso a unidade não consiga solucionar os problemas gerados pela perturbação, a responsabilidade passa a ser da supervisão de fábrica, através da realocação de recursos (reprogramação de operações);
4. modificação de um plano de processo: possivelmente requerendo modificações no plano de produção e conseqüentemente no plano de objetivos;
5. modificação afetando a árvore de produto: também requerendo modificações no plano de produção e conseqüentemente no plano de objetivos;
6. impossibilidade de tratar a perturbação: a resolução fica a cargo de uma negociação envolvendo o serviço comercial.

É necessário destacar que o sistema SYCORO não é responsável pelo planejamento da produção, mas ele pode contribuir na sua elaboração, propondo soluções e disponibilizando informações e conhecimento.

4.2.4.5 - ARQUITETURA LÓGICA DE SYCORO

A arquitetura lógica de SYCORO, é caracterizada por uma hierarquia e a distribuição de tarefas de controle e de conhecimento entre os atores (agentes ou ainda entidades funcionais), como os supervisores de fábrica e supervisores locais de unidades, utilizando-se do conceito de sistemas multi-especialistas. Para a implantação do sistema SYCORO faz-se uso do modelo *Blackboard* (Youssef, 1998) e do sistema gerador de sistemas multi-especialista ATOME, desenvolvido pela Universidade de Nancy, França. A figura 4.10 representa a arquitetura lógica do sistema e mostra as relações do sistema com as funções externas, o banco de dados e supervisores humanos. *Blackboards* são bancos de dados permitindo armazenar de maneira organizada os diferentes fatos e hipóteses, gerados durante a resolução de um problema. Eles podem ser considerados como uma memória temporária de trabalho.

O sistema SYCORO pode ser visto como uma cooperação entre várias fontes de conhecimento e sua arquitetura hierárquica é composta de três níveis:

- *Estratégia*: fornece um controle geral do problema, coordenando *Tarefas* e se apoiando em “resumos” das informações dos *Blackboards*;
- *Tarefas*: fornecem controles locais em função de eventos vindos dos *Blackboards*. Para isso elas reúnem e coordenam um conjunto de *especialistas*. Em SYCORO, uma *tarefa* é associada ao supervisor de fábrica e também a cada supervisor local.
- *Especialistas*: são módulos inteligentes, especialistas em um sub-função particular. O papel de um especialista é o de resolver um sub-problema particular analisando as informações dos *Blackboards*.

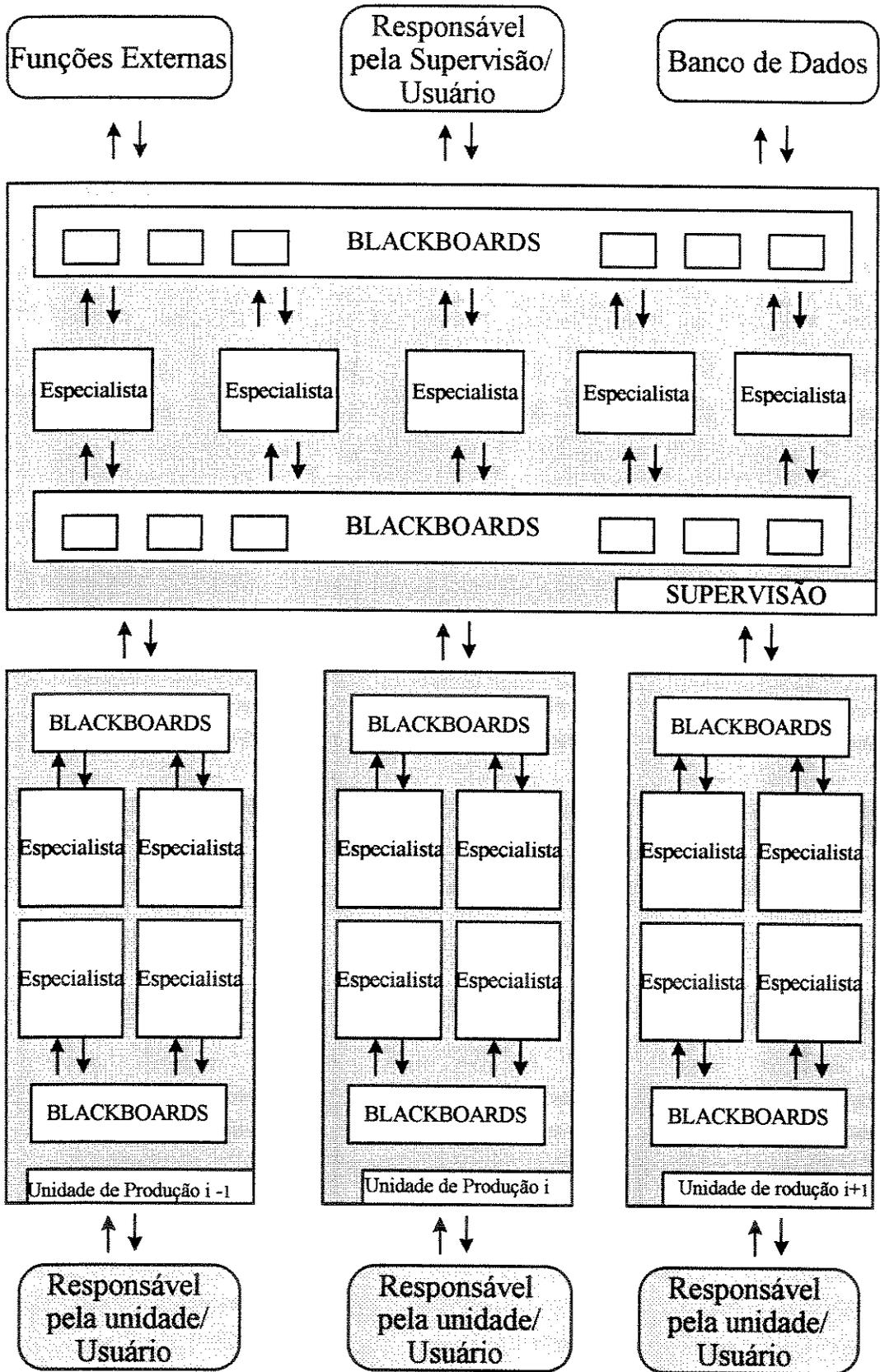


Figura 4.10 - Arquitetura lógica do sistema.

4.3 - CÉLULA DE MONTAGEM PIPEFA

A célula de montagem PIPEFA considera os principais elementos de um Sistema Automatizado de Produção (SAP), tais como carregamento/descarregamento, transporte de material, execução de operações, armazenagem intermediária, controle de qualidade, supervisão e controle de processos. O SAP executa as operações descritas anteriormente de maneira totalmente realista com relação a Parte de Comando (PC), fazendo uso de componentes e sistemas de controle industriais, como por exemplo controladores programáveis (CLP). Ao mesmo tempo, seu projeto é suficientemente próximo à realidade com relação a Parte Operativa (PO) (utilizando atuadores elétricos, pneumáticos, hidráulicos, etc.) de um SAP, de maneira a validar uma arquitetura que permita um diálogo concreto com o meio industrial. Inicialmente a plataforma está composta de quatro postos (dois postos de montagem, um posto de inspeção e um posto de carregamento e descarregamento) possuindo um CLP para cada posto, sendo que um sistema de transferência interliga mecanicamente os postos. Um computador dedicado à supervisão da célula e uma rede de comunicação proporcionam a integração lógica (figura 4.11). Nesta célula pode ser simulada a confecção de um produto genérico constituído de placas padrão como base, com a montagem de cubos em diversas posições (placas e cubos LEGO[®]). Dependendo do número e posição dos cubos montados nestas placas, os produtos finais são considerados diferentes (figura 4.12). A utilização da placa padrão, ao mesmo tempo que permite a simulação de um problema real, torna-o facilmente desmontável e reutilizável, fazendo com que a plataforma não tenha gastos com insumo. Outras células similares podem ser simuladas. Assim, temos alguma complexidade relacionada com o gerenciamento de produtos, equipamentos e processos, criando um cenário propício para a aplicação de conceitos e ferramentas na área de planejamento e controle da produção (Campos, 1995).

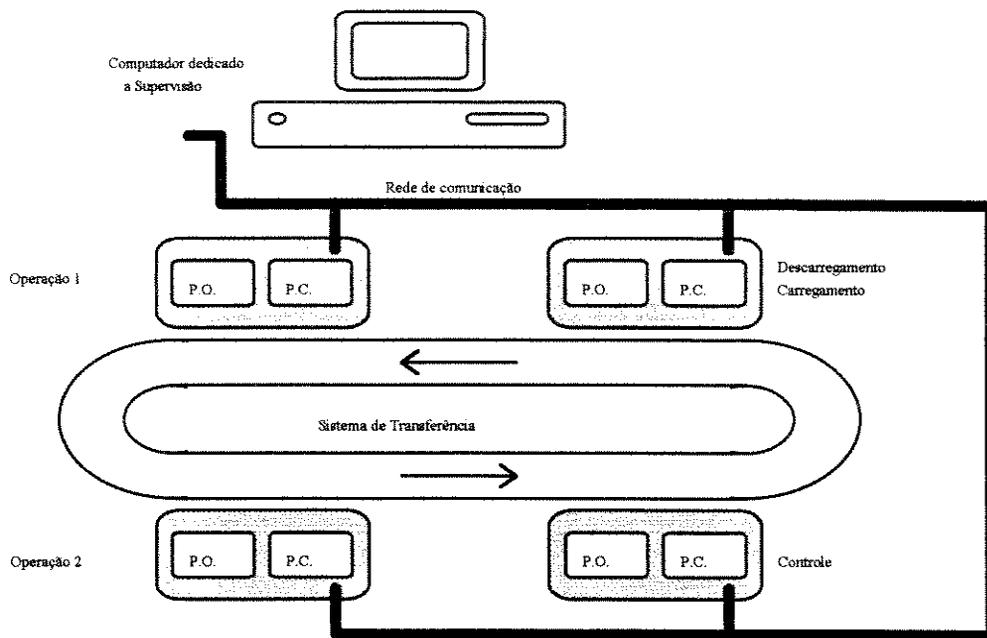


Figura 4.11- Estrutura da célula de montagem do sistema de produção de PIPEFA.

Código do Produto	Tipo de Montagem
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
.....
18	
.....
25	
26	

Figura 4.12 - Possíveis montagens e códigos.

A seguir é apresentada uma descrição dos principais componentes da célula de montagem:

Sistema de Transferência: constituído por uma esteira comandada por um controlador programável, é responsável pela integração mecânica dos postos existentes na célula. O seu funcionamento estará baseado nas informações de cada posto, fornecidas ao sistema de supervisão, o qual tomará decisões de parada, carga e descarga de placas, baseadas em um programa de produção.

Posto de Carga e Descarga: as duas operações básicas executadas por este posto são: **carregamento** de placas no sistema de transferência de acordo com as ordens de produção previamente estabelecidas. Inicialmente, as placas ficam disponíveis em um armazém, possuindo um código identificador associado a cada produto; **descarregamento** de placas montadas do sistema de transferência para um estoque intermediário, assim que estas estiverem posicionadas em frente ao posto. Estas placas terão passado pelos postos de montagem e de inspeção e são identificadas pelo seu código.

Posto de Montagem: dois postos realizam operações de montagem e desmontagem dos cubos na placa de base, em função da ordem de produção. Os cubos são montados segundo o tipo de produto associado ao código fixado em cada placa e possuem três posições possíveis para montagem: lateral esquerda, central e lateral direita (figura 4.13). Atualmente a célula esta projetada com dois postos de montagens, um para montagens na posição central (Posto de Montagem Central) e outro para montagens nas posições laterais (Posto de Montagem Lateral).

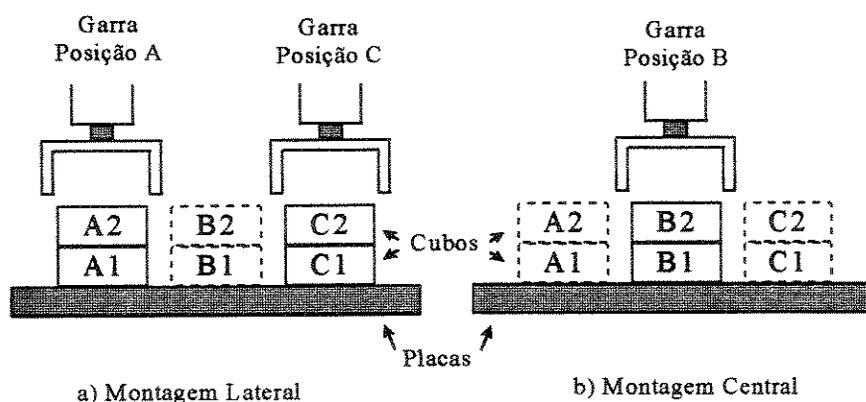


Figura 4.13 - Posto de Montagem Lateral e Posto de Montagem Central.

Posto de Inspeção: O posto de inspeção realiza a verificação da qualidade do produto. Ele deve decidir se uma placa segue os padrões de qualidade ou não. Este posto é muito importante para a supervisão e a gestão da produção. O sistema de supervisão, a partir de estatísticas dinâmicas, pode saber se um posto de montagem apresentou bom desempenho ou não e atuar no sentido de corrigir distorções, quando as estatísticas indicarem níveis de qualidade abaixo do desejado. A verificação da qualidade de montagem do produto será efetuada através de transdutores a fibras ópticas que acusam existência de montagens incorretas, isto é, acusa a presença ou não de cubos na posição e quantidade corretas. Futuramente, todo posto de controle poderá ser realizado através de um sistema multi-mídia.

Controladores Programáveis: Cada posto possui um controlador lógico programável de pequeno porte fazendo comunicação com o sistema de supervisão, referindo-se a Parte de Comando de cada posto.

Sistema de Supervisão de Processo: A supervisão de processo realiza o acompanhamento em tempo real de variáveis e estados representativos das operações em curso no chão da fábrica, com a finalidade de tomar decisões de operação, otimizar processos e criar históricos. Está sendo utilizado o sistema de supervisão comercial WISCON[®] com capacidade para ser configurado eficientemente e permitir comunicação à distância com o nível hierárquico superior. Os controladores programáveis são responsáveis pela aquisição dos dados da plataforma, a serem repassados ao sistema de supervisão de processo para proceder a integração da plataforma. A supervisão de processo atua de maneira automática ou de forma cooperativa com o operador que pode interferir no sistema através de uma interface.

Além da função de supervisão da célula, as operações humanas relacionadas com a célula de montagem são:

- transporte e estoque de matéria-prima e abastecimento de placas no Posto de Carregamento e cubos nos Postos de Montagem;
- transporte de produtos finais (placas montadas) do Posto de Descarregamento para estocagem;
- manutenções e intervenções na célula.

4.4 - AMBIENTE DE INTEGRAÇÃO DA PIPEFA

Este ambiente é o responsável pelo armazenamento, transferência e processamento integrado de informações. Organizado em dois níveis compostos por serviços específicos, conforme mostrado na figura 4.14, ele baseia-se na conceituação proposta por Vernadat (1996). Também constitui objeto de estudo ao longo do Projeto PIPEFA (Araújo, 1997). Os níveis são os seguintes:

- Aplicativos – Este nível é composto por um conjunto de programas relacionados com as áreas de Planejamento e Controle da Produção e Chão de Fábrica. Eles realizam o monitoramento e controle das operações de fabricação e oferecem o suporte a tomada de decisão para o Planejamento da Produção. Os aplicativos são os seguintes: PPA, RETRA, PRODCON, SYCORO, Simulador ASIM e Servidores de WEB, programas específicos dos CLPs e de Teleconferência, Telesupervisão e Sistema de Supervisão.
- Plataforma de Integração – É um ambiente de *hardware* e *software* oferecendo serviços que habilitam interoperabilidade e *interworking* de entidades funcionais num meio heterogêneo (Vernadat, 1996). Este nível contém serviços que permitem a integração dos aplicativos do nível anterior e deles com as máquinas e pessoas presentes no sistema de produção. Ele é composto por duas subcamadas: a de Serviços Básicos de Tecnologia de Informação e a de *Middleware*. Como mostrado na figura 4.14, essas subcamadas não são claramente definidas devido aos requisitos dos sistemas operacionais e aplicativos utilizados. Isto ocorre devido a opção por utilizar produtos comerciais os quais são integrados por intermédio de *drivers* específicos. A primeira subcamada é composta pelos sistemas operacionais Windows NT, OS/2 e pelos protocolos de comunicação TCP/IP e proprietários dos equipamentos específicos (CLPs, robô, etc.). A subcamada de *middleware* inclui o acesso a Base de Dados segundo a linguagem SQL e os *drivers* que possibilitam o acesso aos diferentes sistemas operacionais.

Esse ambiente está sendo implementado utilizando recursos de Tecnologia de Informação dos parceiros do referido projeto. A figura 4.15 mostra um diagrama esquemático da estrutura de comunicação/processamento desse ambiente. Essa estrutura baseia-se numa topologia em barramento sendo constituída por estações e redes locais que tomam parte nas plantas dos parceiros e que também estão conectadas a Internet. Ela

propicia o controle local dos recursos de manufatura e permite a execução do planejamento e controle *off line* da produção.

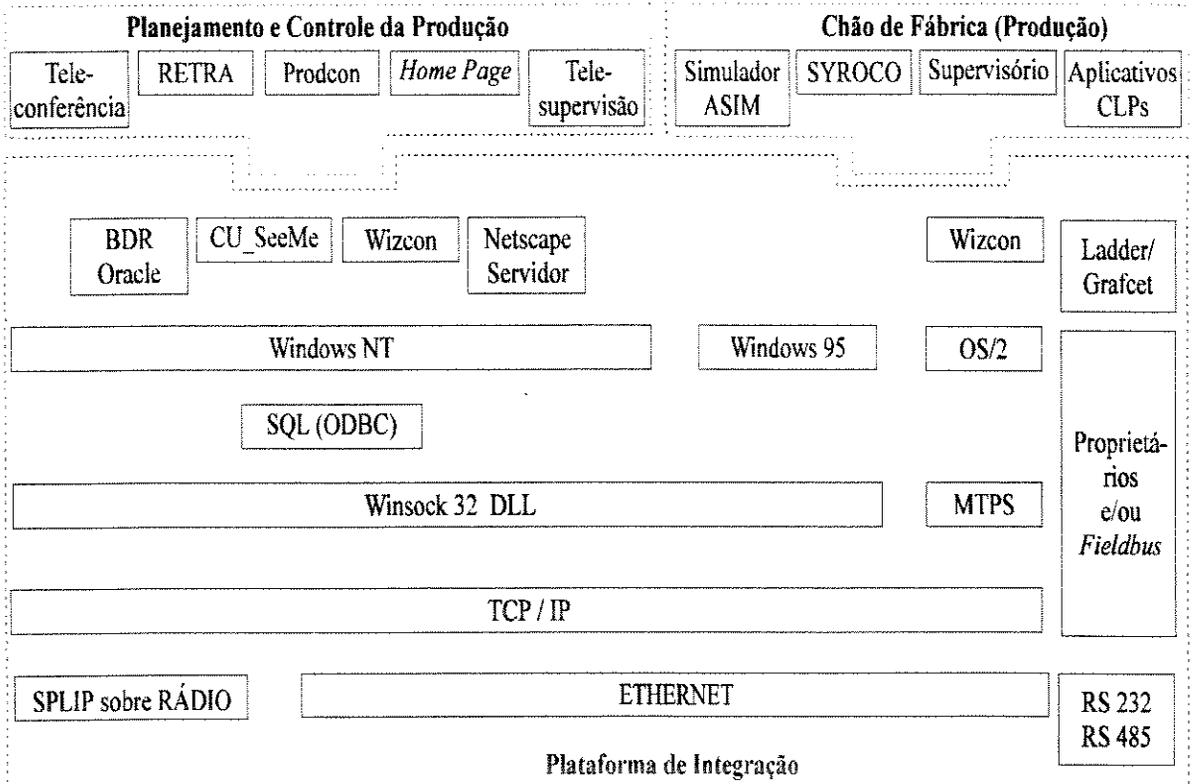


Figura 4.14 - Ambiente de Integração PIPEFA.

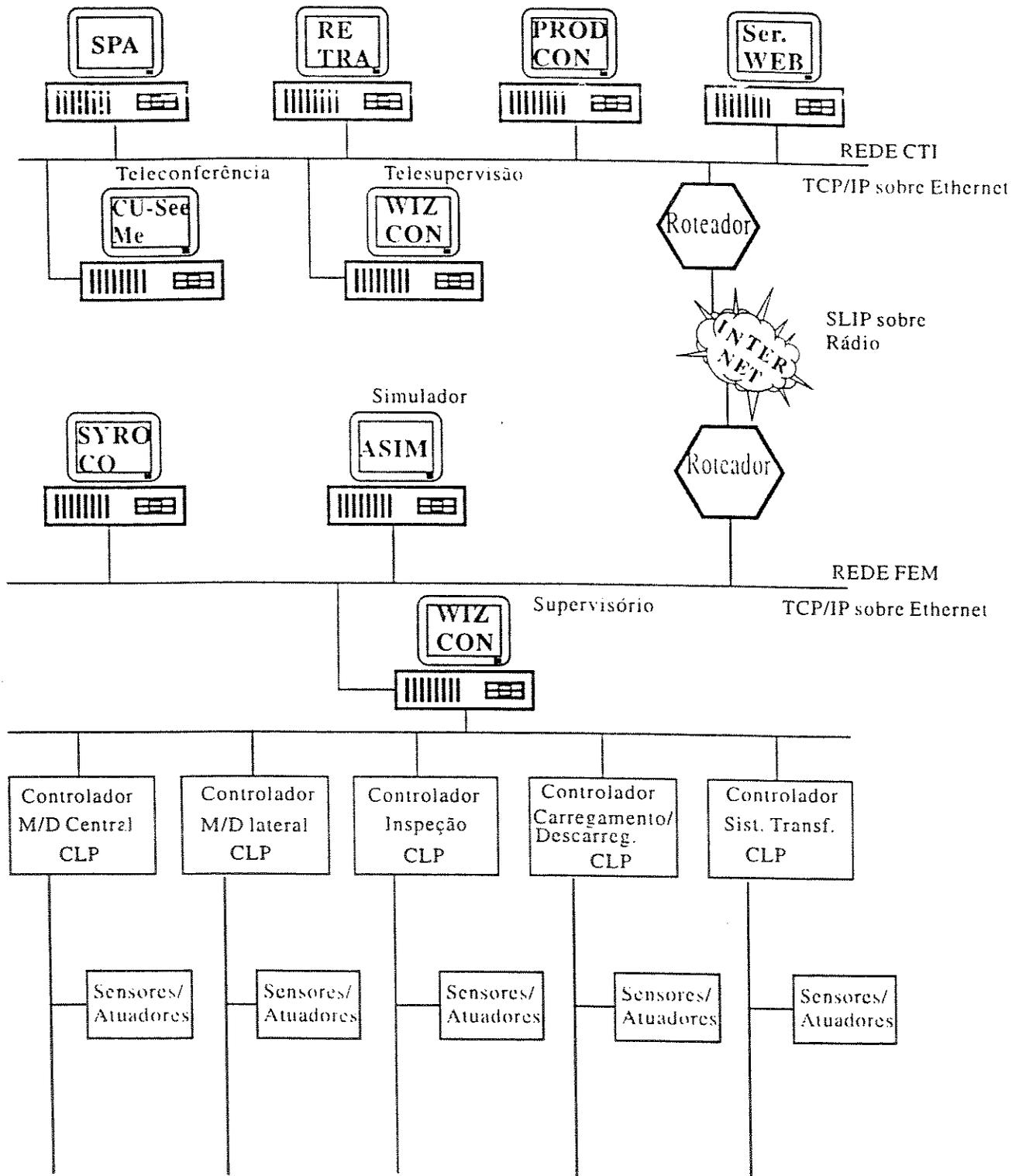


Figura 4.15 - Estrutura de Comunicação e Processamento.

4.5 - CONCLUSÕES

Este capítulo descreveu o Projeto PIPEFA e os três principais componentes do seu sistema de produção: o Ambiente de Planejamento, a Célula de Montagem e um Ambiente de Integração. As ferramentas computacionais do Ambiente de Planejamento devem fornecer suporte aos processos de decisão de cada nível.

O projeto e integração desses componentes e processos são similares aos vários aspectos de integração de uma empresa real envolvendo: a integração física, a integração de aplicativos e a integração de processos de negócios. A integração física e de aplicativos é obtida através da tecnologia de informação. A integração dos processos de negócios da empresa é considerada ser obtida através de sua modelagem.

No capítulo seguinte são aplicados conceitos para a modelagem da estrutura hierárquica de planejamento e controle da produção. Também é modelado o processo de montagem da célula de PIPEFA. É mostrado que a linguagem de modelagem CIMOSA é capaz de proporcionar um modelo central da empresa e que pode-se derivar desse modelo central outros modelos de sistemas com propósitos específicos.

Capítulo 5

METODOLOGIAS E MODELOS

Neste capítulo é apresentada a modelagem dos principais processos referentes a estrutura de planejamento e controle do Sistema de Produção PIPEFA e sua célula de montagem descrita no capítulo anterior, utilizando a linguagem CIMOSA. Posteriormente é mostrado que através desse modelo pode-se derivar modelos de propósitos específicos para sistemas que suportam a gestão de produção.

5.1 - INTRODUÇÃO

Um modelo de empresa deve descrever todos os seus aspectos essenciais e ser um modelo central a partir do qual pode-se derivar outros modelos de sistemas CIM com propósitos específicos (Vernadat, 1997). Seguindo este princípio, neste capítulo é apresentada a modelagem do Sistema de Produção PIPEFA (SPP) utilizando a linguagem CIMOSA, seguida da derivação de um esquema de banco de dados para PIPEFA e a construção de redes de processos para construção da base de conhecimento a serem utilizados na Gestão da Produção de PIPEFA. Assim, neste trabalho são considerados vários modelos:

1. Modelo de Definição de Requisitos PIPEFA
2. Modelo de Especificação de Projeto PIPEFA
3. Esquema Conceitual de Banco de Dados PIPEFA
4. Redes de Processos

É claro que outros modelos podem ser derivados, como por exemplo modelos para simulações (visando vários tipos de análises) e programas de supervisão de célula.

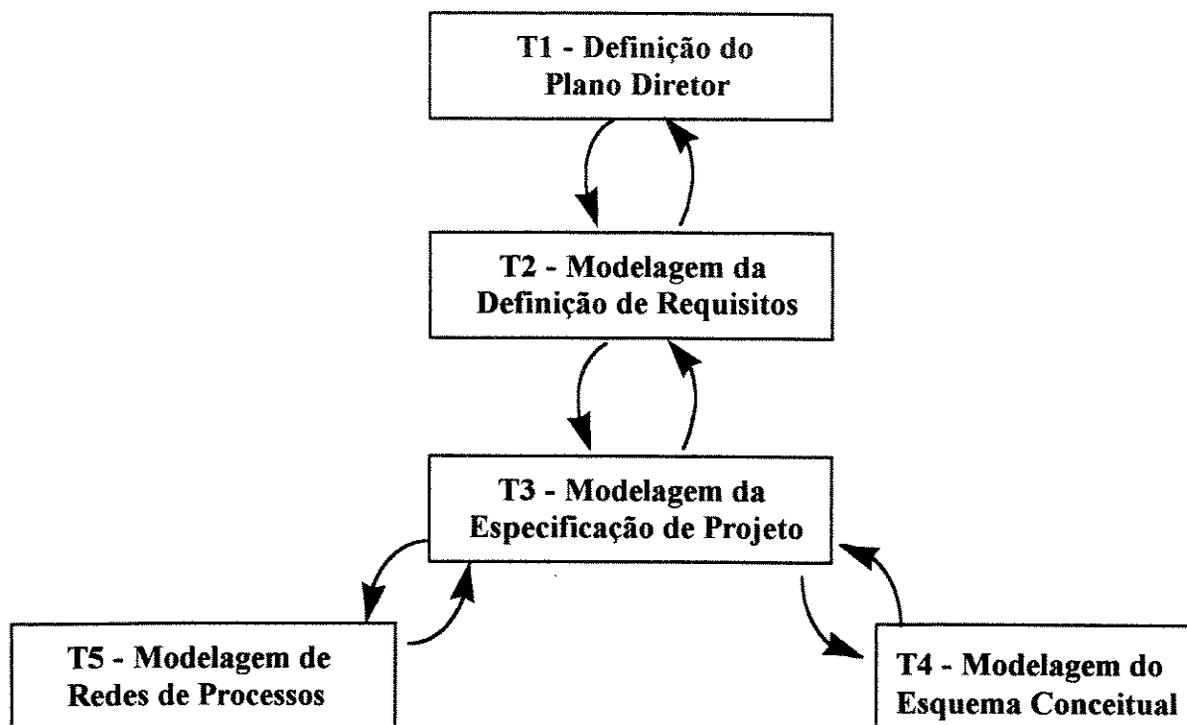


Figura 5.1 - Tarefas de modelagem.

Este trabalho pode ser dividido em tarefas, sendo a primeira, a definição do Plano Diretor de projeto do SPP, e as outras correspondendo à derivação de cada um dos modelos anteriormente citados. É importante salientar que essas tarefas são iterativas (como demonstrado pelas setas da figura 5.1). Alterações e detalhamento em um modelo levam a alterações e detalhamento em outro, enriquecendo-os e mantendo-os consistentes. Assim, a metodologia geral pode ser descrita como sendo composta de 5 tarefas:

1 - Definição do Plano Diretor para o SPP : define os objetivos, restrições e linhas gerais de projeto;

2 - Modelagem da Definição de Requisitos do SPP: considerando o Plano Diretor, na tarefa de modelagem dos requisitos do SPP é utilizada a linguagem de modelagem CIMOSA, baseando-se no Processo de Modelagem de Definição de Requisitos CIMOSA. Tem como resultado o Modelo de Definição de Requisitos PIPEFA;

3 - Modelagem da Especificação de Projeto do SPP: baseado no Processo de Modelagem de Especificação de Projeto CIMOSA, é realizada a modelagem da especificação do projeto do SPP utilizando a linguagem de modelagem CIMOSA. Resulta no Modelo de Especificação de Projeto PIPEFA;

4 - Modelagem do Esquema Conceitual para o Banco de Dados do SPP: derivação do esquema conceitual do banco de dados de PIPEFA utilizando a linguagem de modelagem de dados EXPRESS.

5 - Modelagem de Redes de Processos: descrição de redes de processos para a construção de uma base de conhecimento para implementação do Sistema de Supervisão SYCORO na estrutura de planejamento de PIPEFA.

A seguir estas tarefas são descritas com mais detalhes.

5.2 - DEFINIÇÃO DO PLANO DIRETOR DE PIPEFA

O objetivo desta tarefa constitui-se na definição do Plano Diretor do SPP, isto é, definição dos objetivos, restrições e linhas gerais do projeto do SPP. O Plano Diretor foi elaborado através de reuniões entre pesquisadores de grupo de pesquisa envolvendo o LAR/FEM/UNICAMP e o IA/CTI.

Os objetivos definidos para o projeto são:

1. Proporcionar um ambiente para o ensino, pesquisa e desenvolvimento nas áreas de automação e integração de empresas de manufatura, possibilitando o estudo de conceitos CIM, empresa estendida ou cooperativa, e outros conceitos relacionados;
2. Contemplar de forma mais realista possível, os três subsistemas de um Sistema de Produção: o Sistema Físico, o Sistema de Decisão e o Sistema de Informação;
3. Utilização de componentes comerciais e os desenvolvidos em trabalhos acadêmicos;
4. Estrutura física modular para testes de vários componentes e *layout*;
5. Flexibilidade para emprego de várias estruturas de controle;
6. Projeto baseado no conceito de sistemas abertos;

As restrições do projeto são:

1. A plataforma deverá ter um baixo custo de construção, operacional e de manutenção;
2. O sistema físico deverá ser de pequeno porte.

As linhas gerais de projeto do S. P. PIPEFA são aquelas descritas no capítulo 4.

5.3 - MODELAGEM DA DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DE PIPEFA

Considerando o Plano Diretor, o objetivo desta tarefa é derivar o Modelo de Definição de Requisitos PIPEFA. A linguagem de modelagem utilizada é CIMOSA e o método empregado é baseado no Processo de Modelagem de Definição de Requisitos CIMOSA (seção 3.4.6).

O número de gabaritos e figuras para apresentar é muito grande e o modelo obtido nesta tarefa (domínios, processos, vistas de objetos,...) é detalhado e acrescido de construtores na tarefa seguinte e portanto mais completos. Assim, a modelagem do sistema será apresentada na seção seguinte através do Modelo de Especificação de Projeto PIPEFA, evitando repetições e proporcionando uma leitura mais sintética.

5.4 - MODELAGEM DA ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO DE PIPEFA

Considerando o Modelo de Definição de Requisitos PIPEFA, o objetivo desta tarefa é a derivação do Modelo de Especificação de Projeto PIPEFA. É utilizada a linguagem de modelagem CIMOSA. O método empregado tem como base o Processo de Modelagem de Especificação de Projeto CIMOSA (seção 3.4.7).

Os domínios identificados pelo processo de modelagem do sistema de produção PIPEFA foram (figura 5.2):

DM-01 Planejamento_Controlo_Producao (gabarito 1, Anexo B);

DM-02 Supervisao_Fabrica (gabarito 2);

DM-03 Supervisao_Unidade (gabarito 3);

DM-04 Manufatura (gabarito 4);

DM-05 Gestao_Materiais;

DM-06 Gestao_Recurros;

DM-07 Vendas;

DM-08 Projeto;

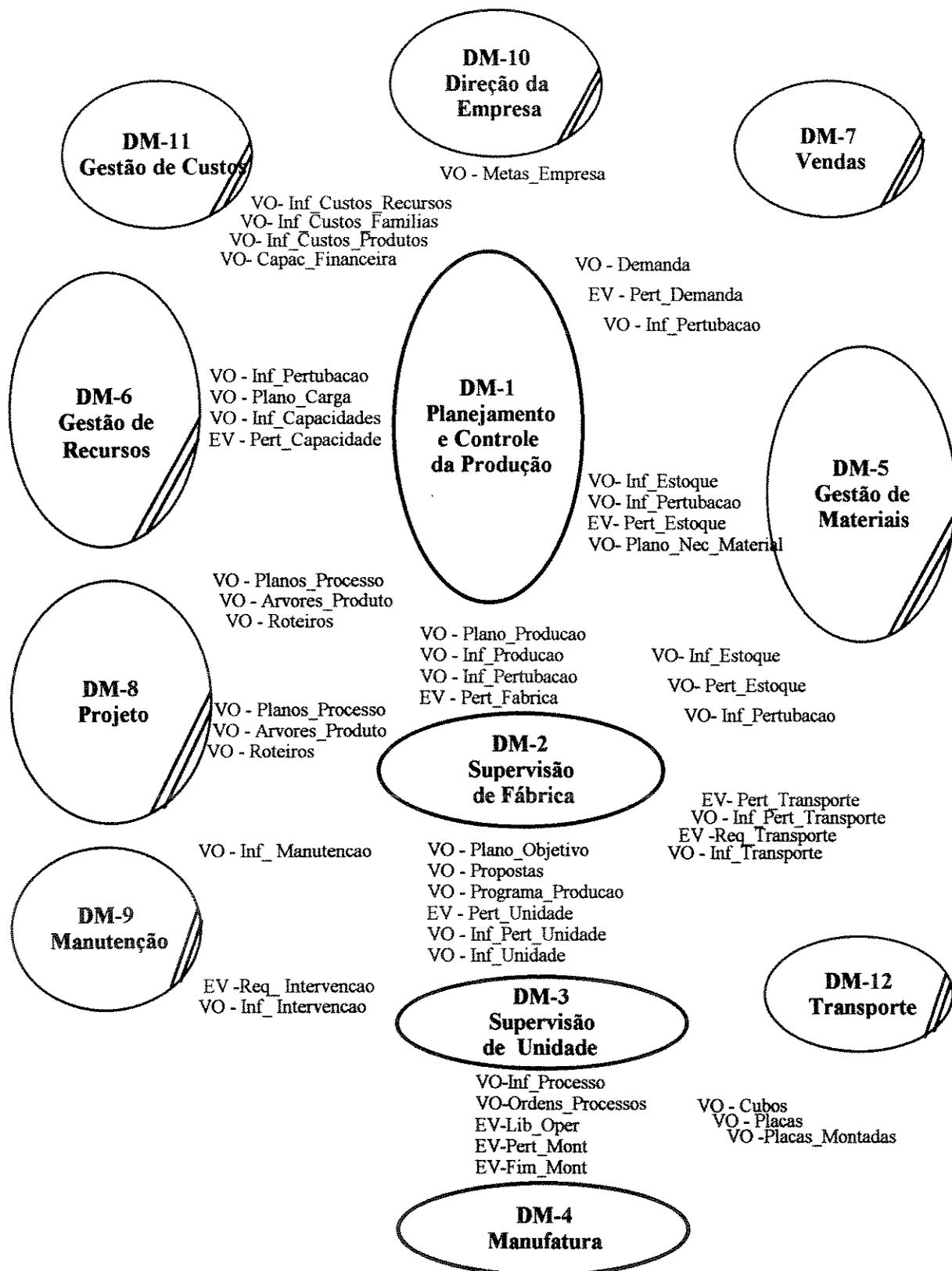


Figura 5.2 - Principais domínios e relacionamentos de domínios identificados.

DM-09 Manutencao;

DM-10 Direcao_Empresa;

DM-11 Gestao_Custos;

DM-12 Transporte.

Os domínios modelados e analisados (domínios CIMOSA) são os de planejamento e controle da produção, supervisão de fábrica, supervisão de unidade, e manufatura. Os outros são domínios considerados não-CIMOSA e portanto não são modelados. Os domínios e processos modelados são descritos através de seus gabaritos auto explicativos (Anexo B), fornecendo uma descrição geral do sistema. Um exemplo de relacionamento de domínio é fornecido pelo Gabarito 5. Os domínios e respectivos processos identificados são :

DM1 - Planejamento_Control_Produção

PD-1 Planejamento_Agregado (gabarito 6)

PD-2 Planejamento_Recursos (gabarito 7)

PD-3 Tratamento_Pert_Emp (gabarito 9)

PD-4 Controle_Produção (gabarito 8)

DM2 - Supervisao_Fabrica

PD-5 Programacao_Producao (gabarito 11)

PD-6 Controle_Fabrica (gabarito 10)

PD-7 Tratamento_Pert_Fab (gabarito 12)

DM3 - Supervisao_Unidade

PD-8 Lancamento (gabarito 14)

PD-9 Tratamento_Pert_Unid (gabarito 15)

PD-10 Controle_Unidade (gabarito 13)

DM4 - Manufatura

PD-11 Controle_Montagem

PD-12 Montagem (gabarito 16)

Os principais processos definindo a estrutura de planejamento do SPP, descrita no capítulo anterior, foram modelados visando o controle e reação em três níveis: empresa, fábrica, e unidade de produção. Para se chegar a um sistema reativo (isto é, um sistema que tenha capacidade de adaptar-se a novas condições e assim eliminar ou minimizar uma perturbação ocorrida na produção) foram modelados três tipos de processos em cada nível, referentes a: (i) planejamento, (ii) controle da produção e (iii) tratamento de perturbações (figura 5.3). Os processos de planejamento (planejamento agregado e planejamento de recursos no nível de empresa, programação da produção no nível de fábrica e liberação no nível de unidade) devem definir planos para o nível abaixo. Os processos de controle monitoram os dados de produção comparando-os com o plano de cada nível. Caso seja detectada a ocorrência de alguma perturbação, o processo de controle informa o processo de tratamento de perturbação do seu nível que deve propor soluções que eliminem ou minimizem as conseqüências da perturbação. Geralmente, essas soluções implicam na revisão dos planos. Caso esse processo não consiga solucionar os problemas no seu nível ele deve enviar uma mensagem para o processo de tratamento de perturbação do nível superior. Esta coordenação e integração é atingida através de eventos e vistas de objetos de informação relativas a ordens de produção e relatórios de produção.

Nível de Empresa

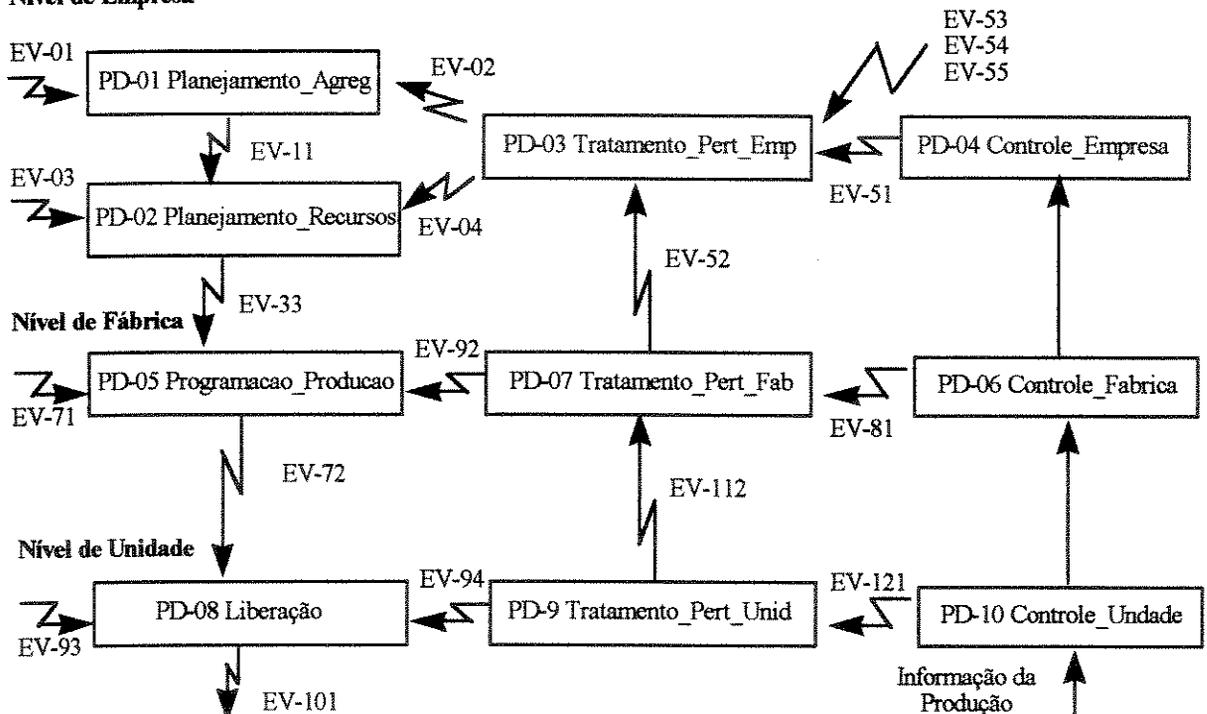


Figura 5.3 - Coordenação entre os processos de planejamento, controle e reação.

As figuras 5.4 e 5.5 mostram os processos, seus principais resultados na forma de vistas de objetos e os eventos que desencadeiam esses processos.

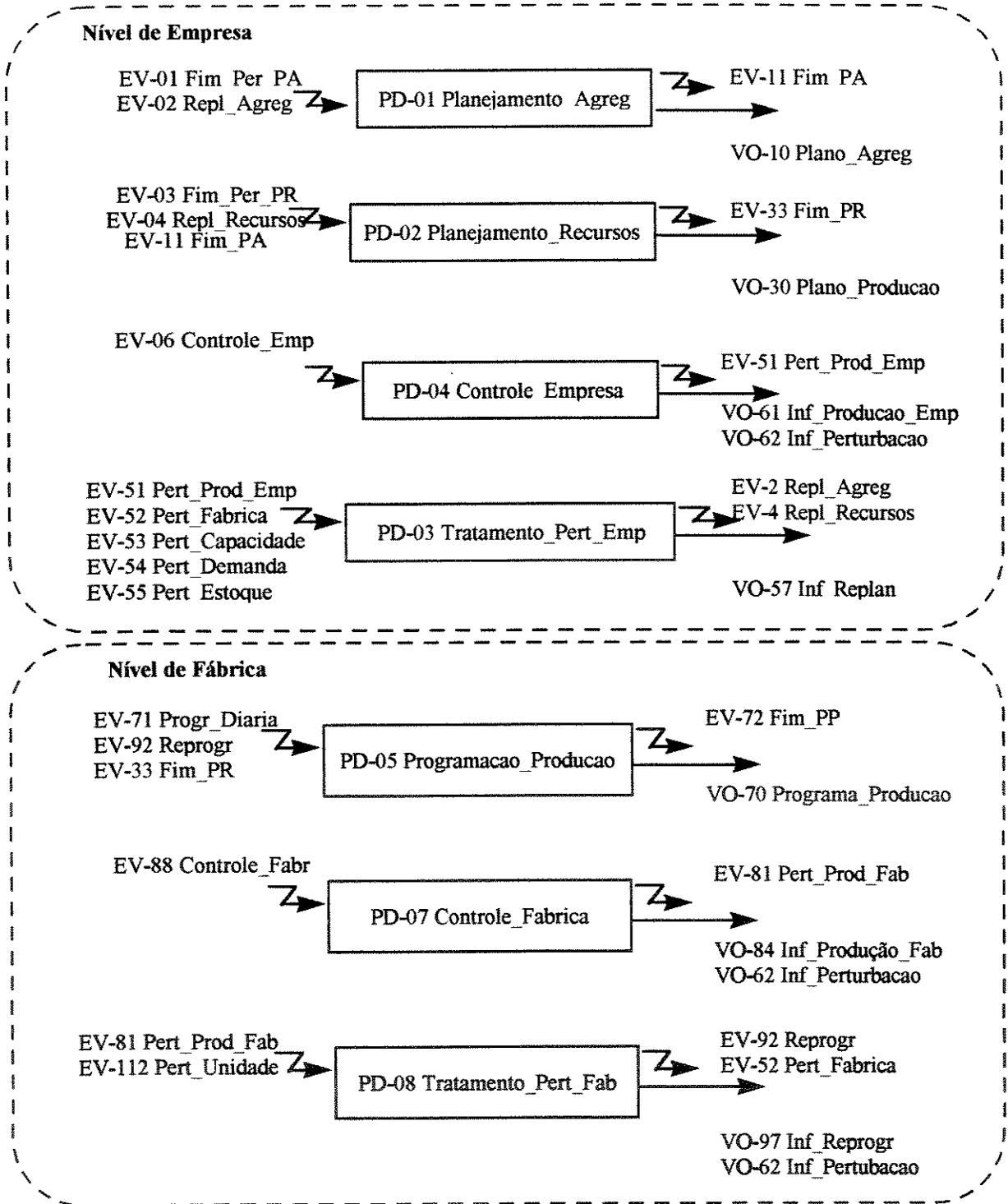


Figura 5.4 - Processos de domínios e eventos envolvidos nos níveis de empresa e fábrica.

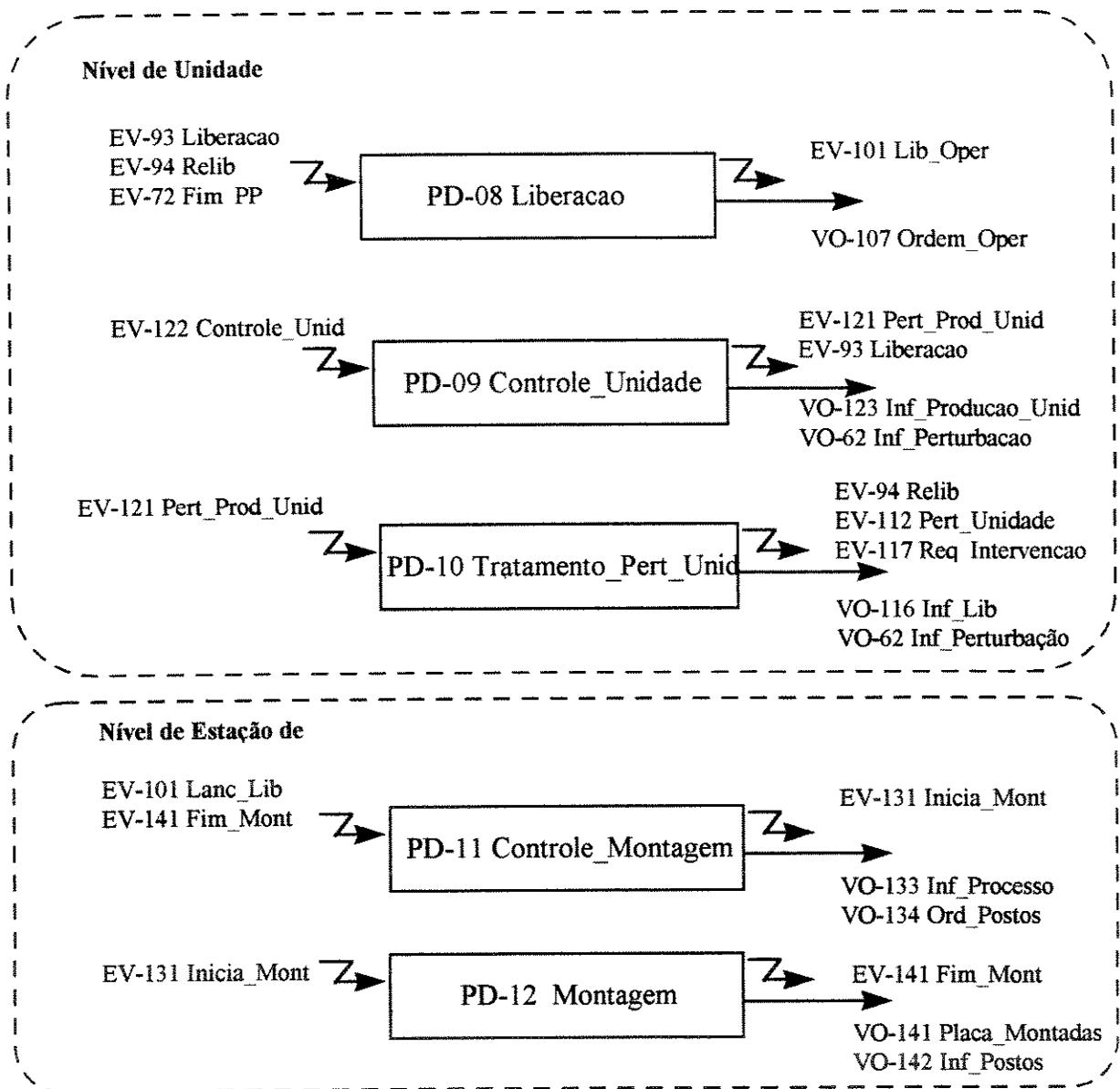


Figura 5.5 - Processos de domínios e eventos envolvidos no estrutura de Planejamento e Controle (nível de fábrica e estação de trabalho).

As figuras seguintes (5.6 a 5.11) ilustram os modelos gráficos referentes a alguns processos e atividades modeladas e correspondem a gabaritos do Anexo B. Nos modelos gráficos de processos pode-se observar o encadeamento de atividades definido pelos estados finais dessas atividades. No detalhamento das atividades pode-se identificar suas entradas e saídas (isto é, as vistas de objetos relacionadas). Para ajudar na documentação dos modelos foi utilizado o software CIMTOOL®.

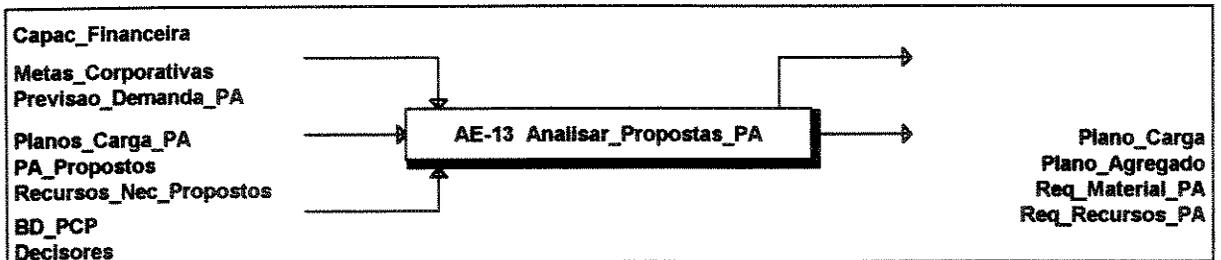
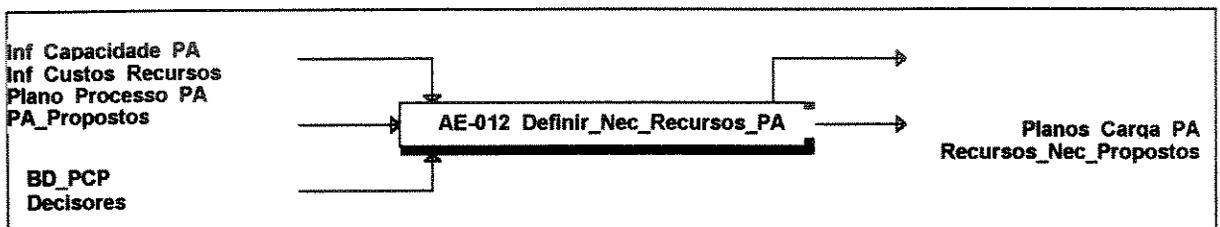
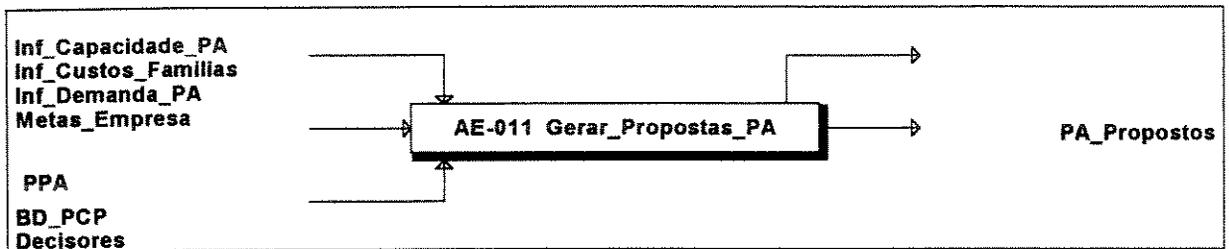
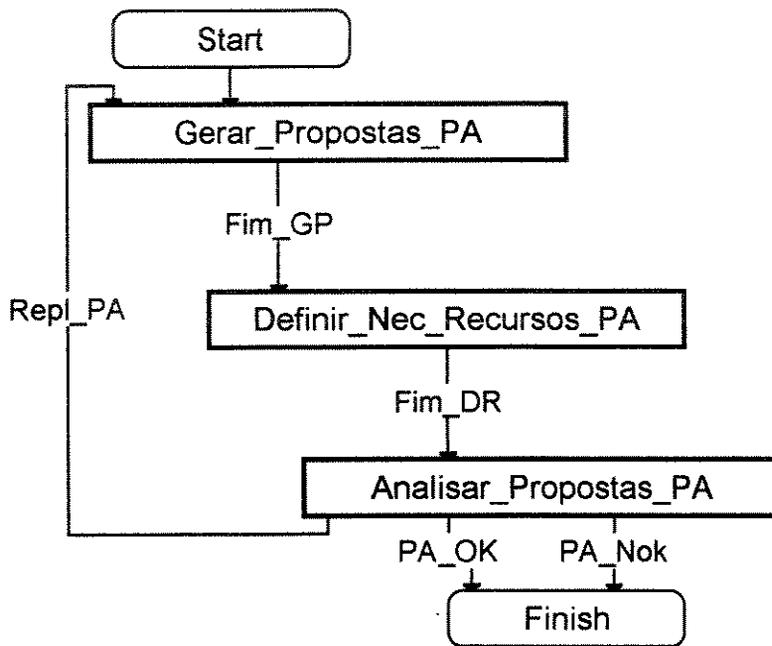


Figura 5.6 - Atividades do processo Planejamento_Agregado.

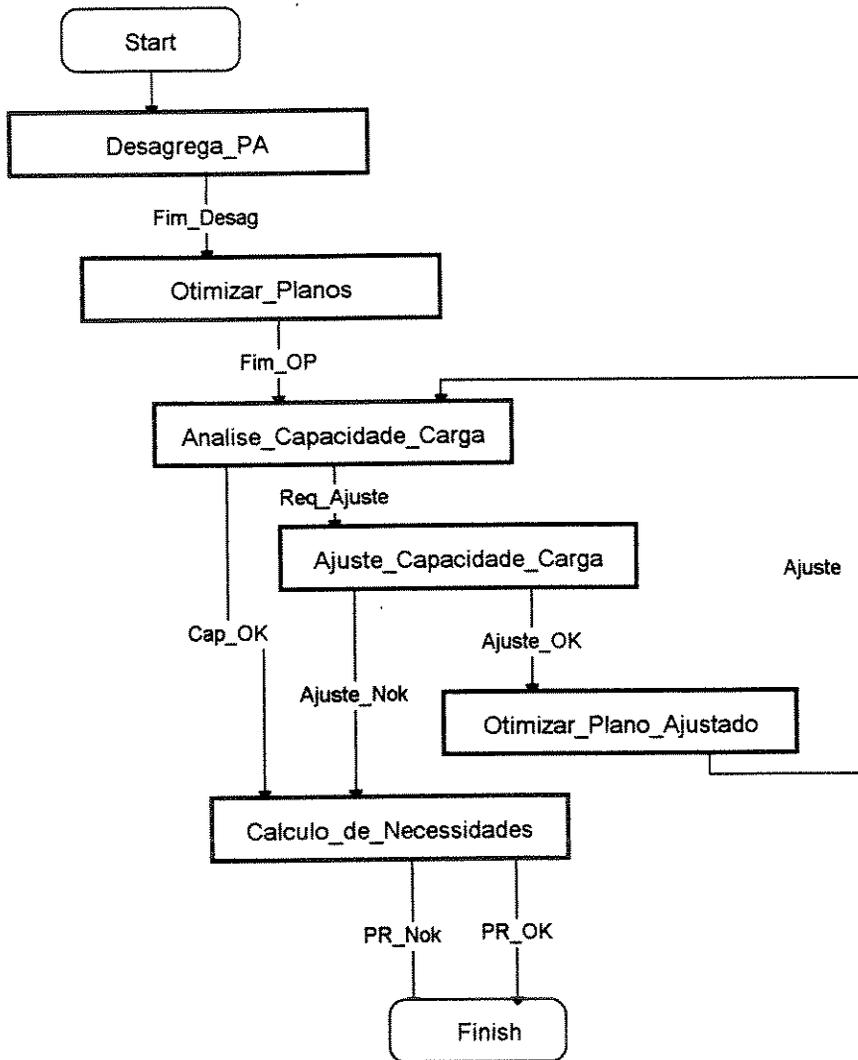


Figura 5.7 - Processo de domínio Planejamento_Recursos.

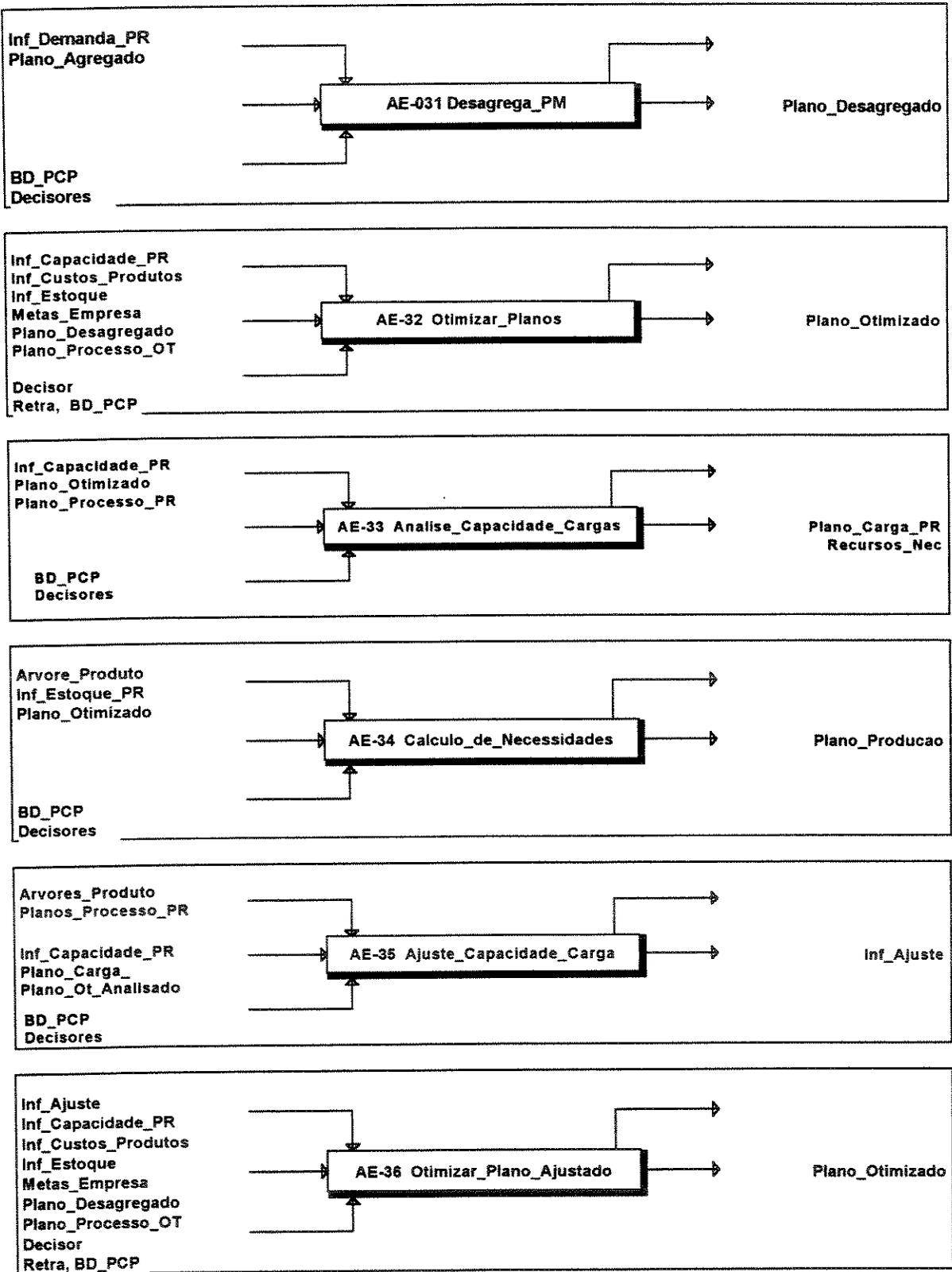


Figura 5.8 - Atividades do processo de domínio Planejamento_Recursos.

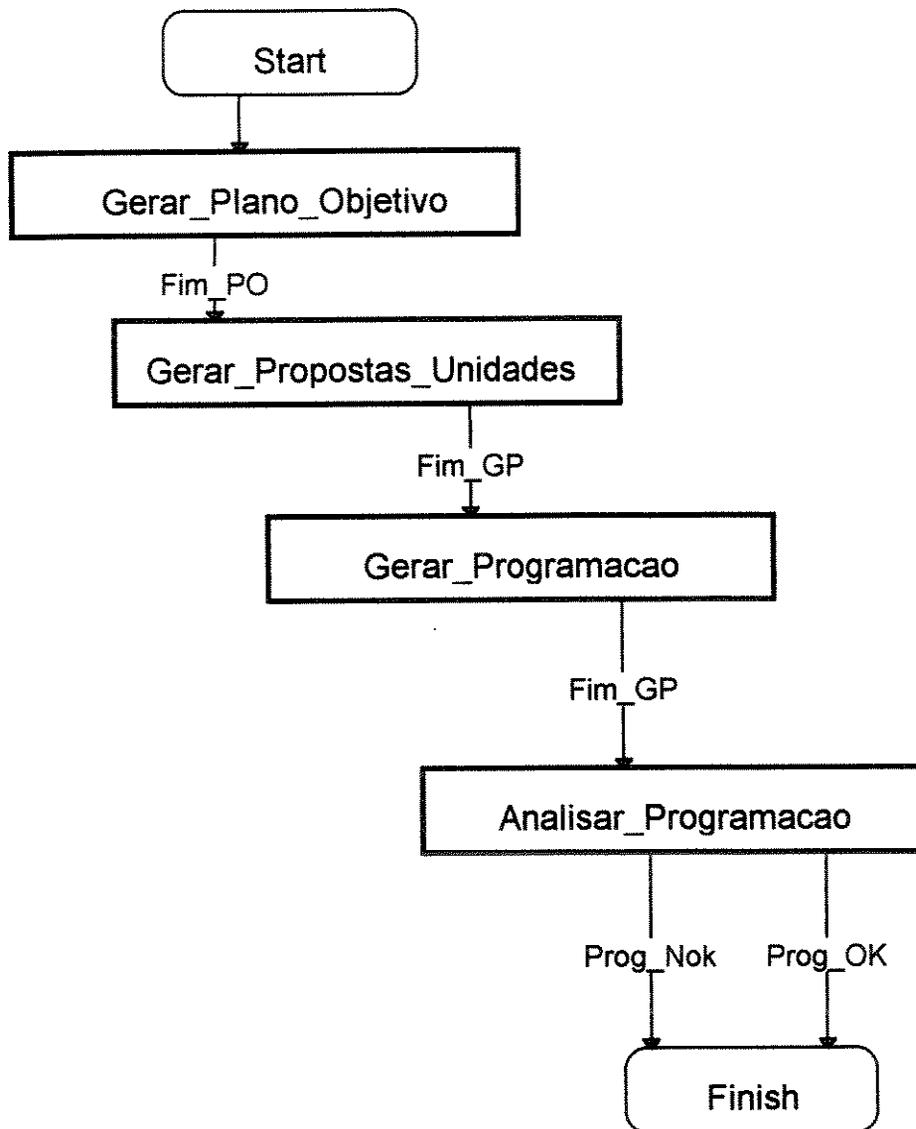


Figura 5.9 - Processo de domínio Programacao_Producao.

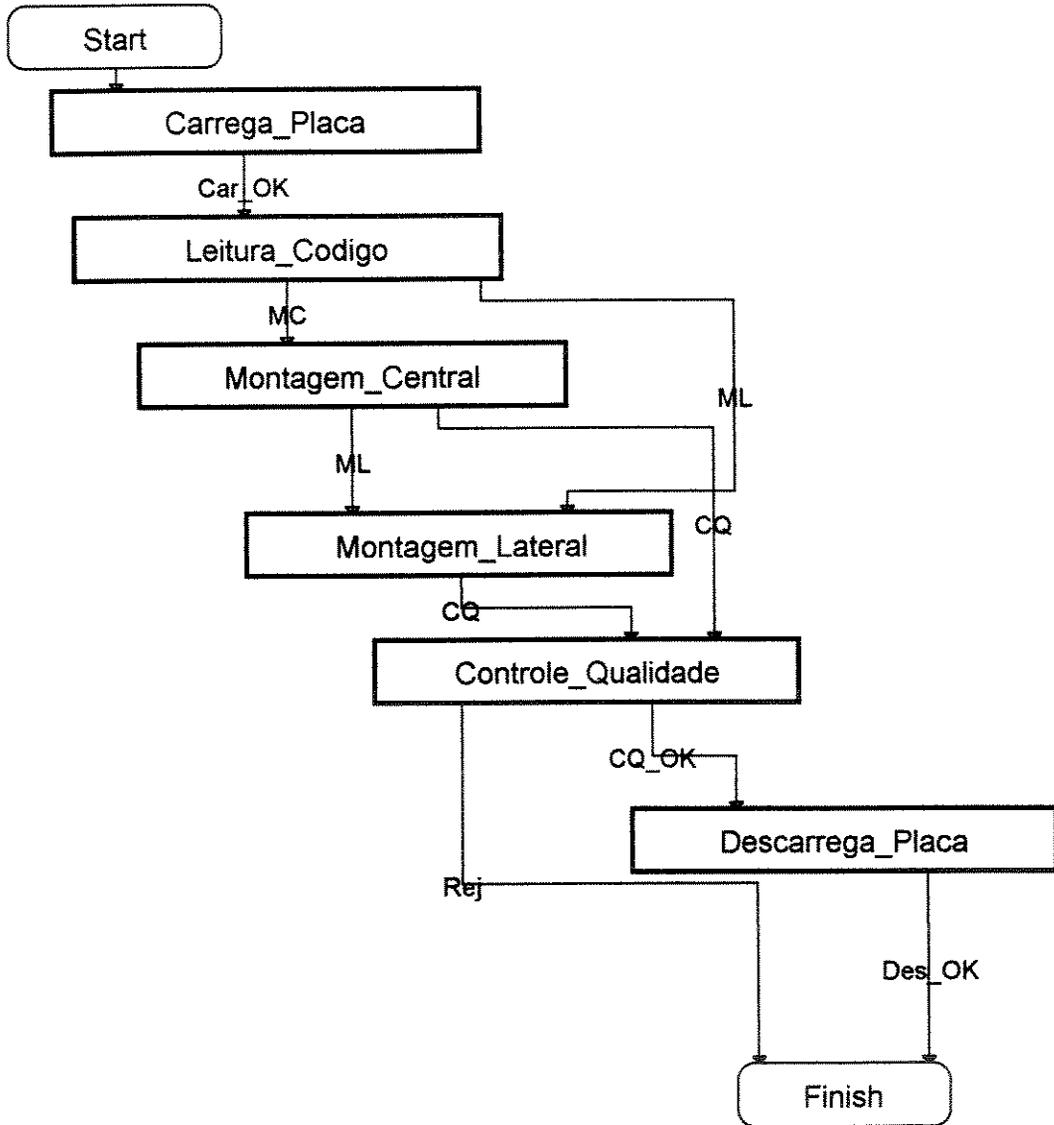


Figura 5.10 - Processo de domínio Montagem

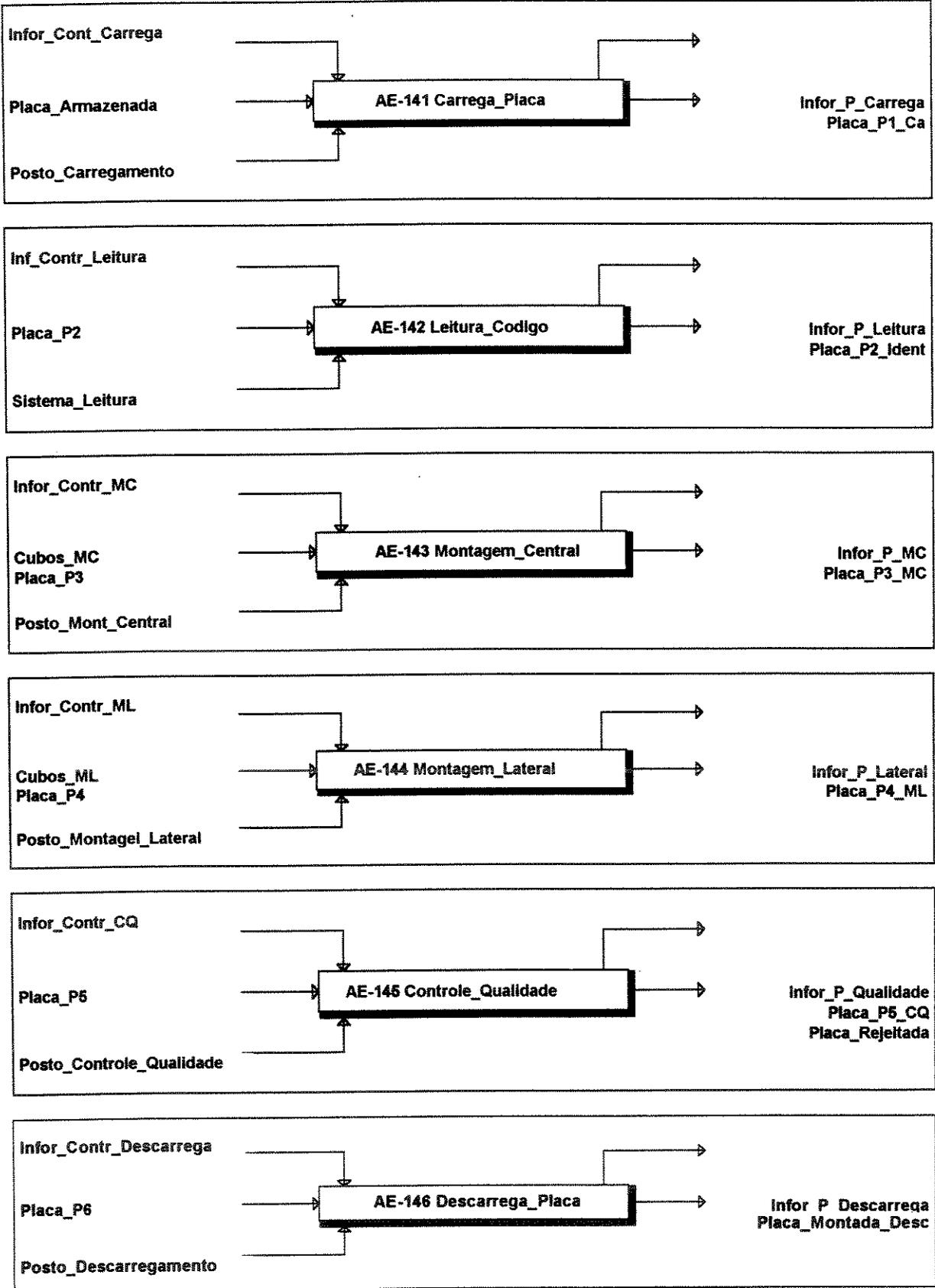


Figura 5.11 - Atividades do processo de domínio Montagem.

No anexo B são apresentados exemplos de gabaritos para os construtores de Atividade de Empresa, Vista de Objetos, Objeto de Empresa, Conjunto de Capabilidades, Recursos, Unidade de Organização e Célula de Organização.

Apresentados os principais processos e atividades relativas a estrutura hierárquica de planejamento e controle da produção de PIPEFA e o processo de montagem da célula de montagem PIPEFA, nas duas próximas seções são descritas a derivação de outros modelos para construção de sistemas CIM.

5.5 - DERIVAÇÃO DE ESQUEMA CONCEITUAL PARA O BANCO DE DADOS

Nesta seção é descrita a derivação do esquema conceitual do banco de dados de PIPEFA através do Modelo de Especificação de Projeto, utilizando a linguagem de modelagem de dados EXPRESS.

Um banco de dados pode ser definido como um conjunto de dados armazenados para o suporte às várias atividades de um sistema. No seu projeto pode-se considerar três fases, correspondendo a três diferentes modelos como proposto por Berio (1995) (seção A.12, Anexo A). Na fase de definição de requisitos a linguagem de modelagem utilizada deve ser próxima da linguagem dos usuários. A segunda fase consiste em projetar o esquema conceitual de dados. Um esquema conceitual de dados é uma descrição canônica da estrutura de banco de dados expresso por um modelo de dados ou linguagem formal. Na terceira fase, o esquema conceitual de dados é transformado em um esquema interno, utilizando o modelo de implementação específico do sistema de gerenciamento de banco de dados a ser usado (Scheer, 1989). A figura 5.12 descreve relações entre essas fases e modelos. Este procedimento é similar ao sugerido pelo processo de modelagem CIMOSA.

Neste trabalho, a linguagem de modelagem usada para descrever o esquema conceitual de banco de dados é EXPRESS (seção A.13, Anexo A). Ela permite que se faça uma relação direta entre os objetos de empresa (construtor de CIMOSA) modelados na tarefa anterior com entidades (construtor 'entity') do esquema conceitual, descritas em EXPRESS. Cada elemento de informação desses objetos de empresa deriva um atributo da entidade correspondente. Isto é facilitado porque CIMOSA utiliza os tipos de dados definidos por EXPRESS para seus

elementos de informação. No caso do elemento de informação fazer referência a um outro objeto de empresa, o atributo deve fazer referência a entidade correspondente a esse objeto. Assim uma estrutura inicial para o esquema conceitual de banco de dados é obtida facilmente. Após a obtenção da estrutura inicial, outras entidades e atributos podem ser modificados ou criados em função de outras necessidades, e com isso otimizar o esquema.

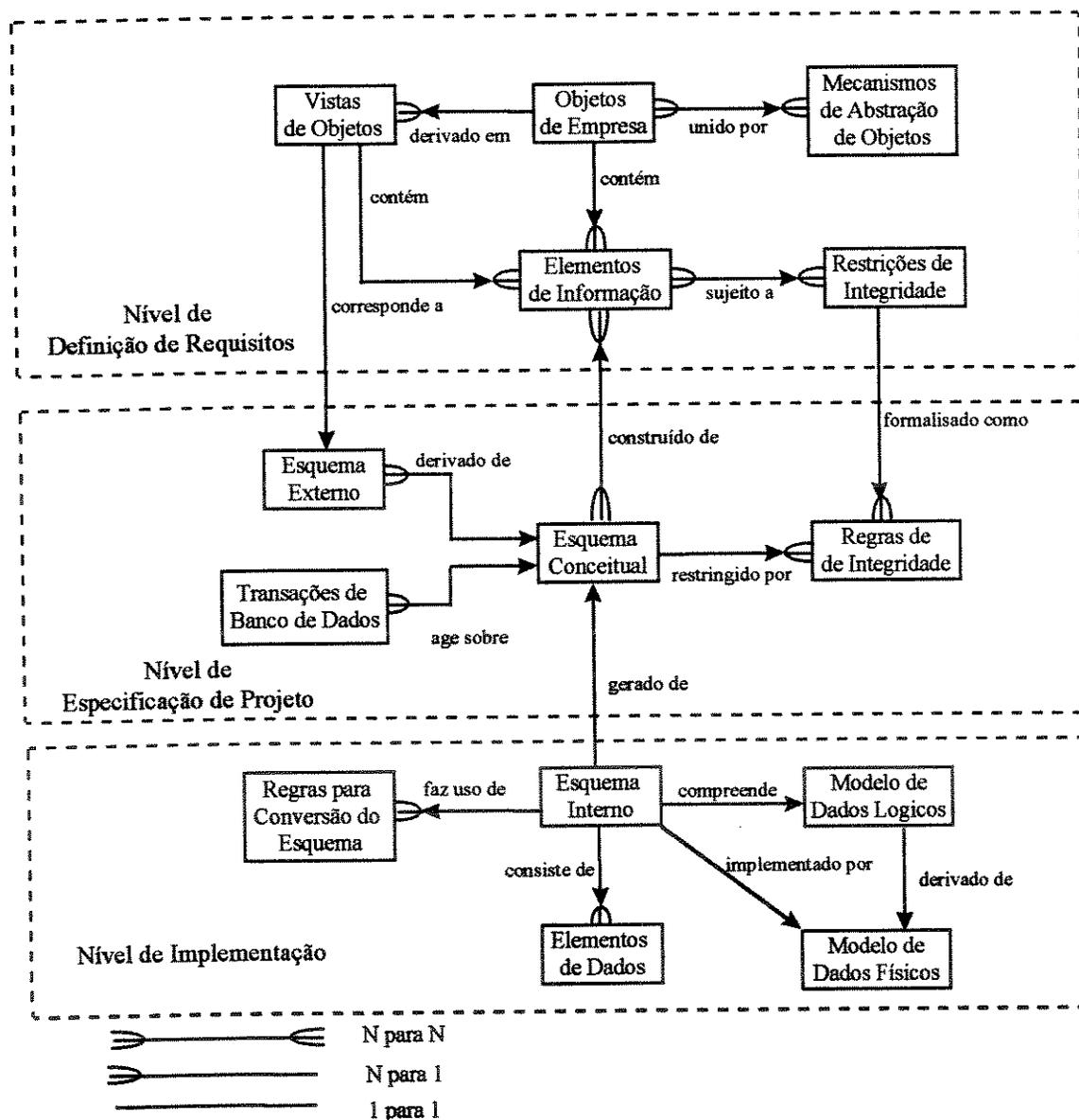


Figura 5.12 Relações entre fases e construtores no projeto de banco de dados.

A seguir é ilustrado o exemplo de uma entidade descrita na linguagem EXPRESS, derivada do objeto de empresa TIPO_ITEM (Gabarito 22):

ENTITY TIPO_ITEM

```
Cod_T_Item:          STRING[8];
Nome_T_Item:         STRING[15];
Arvore_Prod:         ARVORE_PRODUTO;
Plan_Processo:       PLANO_PROCESSO;
Desenhos:            LIST OF [1:N] DESENHO;
Preco_T_Item:        MONEY;
Prazo_Entrega:       INTEGER;
Cor_Item:            STRING[10];
Tamanho_Item:        STRING[10];
Material_item:       STRING[10];
Qualidade_Item:      STRING[10];
Estoque:             ESTOQUE;
END_ENTITY;
```

A figura 5.13 apresenta as principais entidades do esquema conceitual de dados para o sistema de produção PIPEFA na forma gráfica (EXPRESS_G) (Bouazza, 1995). Este esquema de dados pode ser mais detalhado.

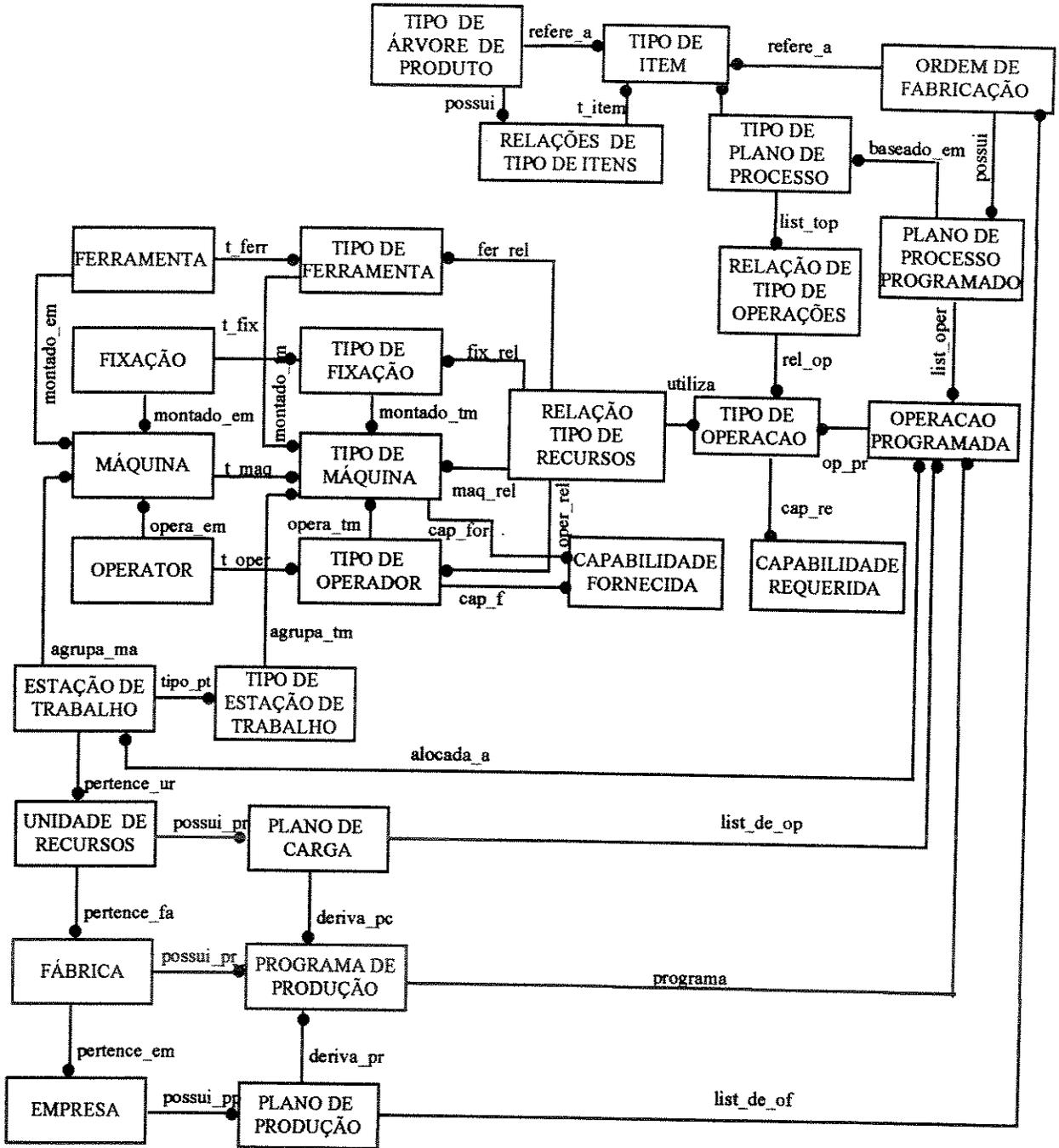


Figura 5.13 Esquema conceitual de banco de dados derivado.

5.6 - MODELAGEM DE REDES DE PROCESSO

Como apresentado na seção 4.2.4, o sistema multi-especialista SYCORO utiliza-se de uma base de conhecimento relativa aos produtos, processos, recursos e objetivos de produção para a supervisão e controle da produção de fábrica, sendo que parte deste conhecimento pode ser modelado através de redes de processos. Um dos especialistas do supervisor de fábrica de SYCORO (figura 4.13) tem a função de pesquisar possíveis árvores de produtos, planos de processos e roteiros de fabricação alternativos através dessas redes, como soluções para perturbações (figura 4.11).

Nesta tarefa é descrita a derivação de redes de processos utilizando os objetos de empresas obtidos durante a modelagem do SPP através da linguagem CIMOSA. As redes de processos obtidas devem ser utilizadas na construção de uma base de conhecimento, vindo-se uma proposta para implementação do sistema de supervisão SYCORO na estrutura de gestão da produção de PIPEFA.

Basicamente, nas etapas de uma rede de processo são especificados parâmetros definindo: tipos de itens componentes no caso de árvores de produto; tipos de operações no caso de planos de processos; e disponibilidade de recursos no caso de roteiros de fabricação. As condições das transições são definidas através de funções lógicas (do tipo E, OU, Negação, etc.) envolvendo esses parâmetros e restringindo as seqüências de etapas. Por exemplo, os valores podem ser definidos como um valor simples ($Par_i = Valor$) e sua unidade, um intervalo de valores $Par_i = [Valor_min: Valor_max]$ e sua unidade, ou um conjunto de valores $Par_i = \{Valor1, Valor2, \dots, ValorN\}$. Uma etapa é considerada válida se as condições anteriores a essa etapa forem satisfeitas.

A seguir são demonstrados exemplos de derivação de redes de processos relativos a conjunto de árvores de processo, conjunto de planos de processos e conjunto de roteiros de fabricação, baseado em cenários para o SPP, mostrando a necessidade de um modelo de empresa que formalize o conhecimento, possibilitando a construção de outros modelos.

5.6.1 - DERIVAÇÃO DE CONJUNTO DE ÁRVORES DE PRODUTO

Em uma rede de processo relativa ao conjunto de árvore de produto, as etapas referem-se aos tipos de itens compondo as árvores de produto. Em cada etapa são definidos parâmetros caracterizando os tipos de itens e sua disponibilidade em estoque. As condições das transições impõem restrições em função de especificações de pedidos de cliente e o período em que os itens devem estar disponíveis. Tanto a estrutura da rede como também os parâmetros envolvidos nas etapas e transições podem ser obtidos de objetos de empresa modelados (figura 5.14).

Conjunto de Árvores de Produto

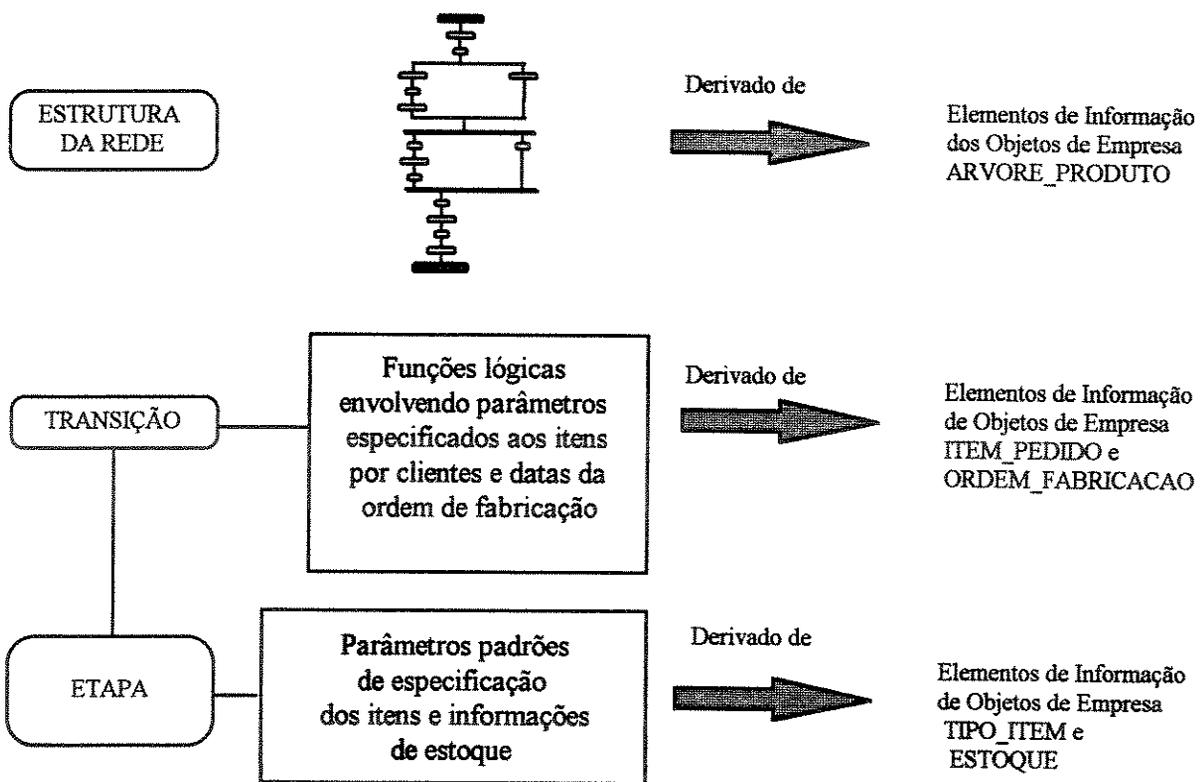


Figura 5.14 - Derivação de redes de processo para conjunto de árvore de produto.

Para esta demonstração, são considerados os produtos com cubos nas posições A, B e C, possíveis de serem montadas pela célula de montagem PIPEFA. Assim a estrutura da rede de processo representando suas árvores de produto possíveis (figura 5.15) são derivadas dos objetos de empresa ARVORE_PRODUTO. Os parâmetros e valores das etapas da rede são

derivados dos objetos de empresa TIPO_ITEM (Gabarito 22) e ESTOQUE. Os parâmetros e valores envolvidos nas condições das transições são derivados dos objetos de empresa ITEM_PEDIDO e ORDEM_FABRICACAO.

A figura 5.16 ilustra a validação de etapas para compor uma árvore de produto (etapas e transições marcadas na rede da figura 5.15). Supõe-se que o produto pedido pelo cliente deva ser montado com um cubo A com as seguintes características :

Cod_Item : 10

Nome: Cubo_A

Cor_Item: Amarela

Tamanho_Item: 20x10x10

Material_Item: PVC ou Plástico

Qualidade_Item: Alta ou Média

Precisao_Montagem: precisão entre 0.5 e 0.8 mm

Quantidade: 100

As condições para as transições do exemplo, são todas iguais. Considerando as especificações do cliente que influenciam na escolha do tipo de componente a ser montado (cor, tamanho, material, qualidade de acabamento) e supondo a ordem de fabricação para o dia 10/03/98, a condição pode ser expressa:

T14 = T17 = T21 = [(Cor_Item=amarelo) E (Tamanho_Item=20x10x10) E
(Material_Item={Plastico, PVC}) E (Qualidade_Item = {Alta, Média}) E (Estoque(10/03/98) >=100)]

Em função das condições impostas e os dados das etapas da figura 5.16, a etapa 11 correspondendo ao tipo de item 'Cubo_A1' é validada. No caso de mais de uma seqüência de etapas válidas caracterizando mais de uma árvore de produto, são avaliados outros critérios (como por exemplo custos) para escolha da melhor alternativa.

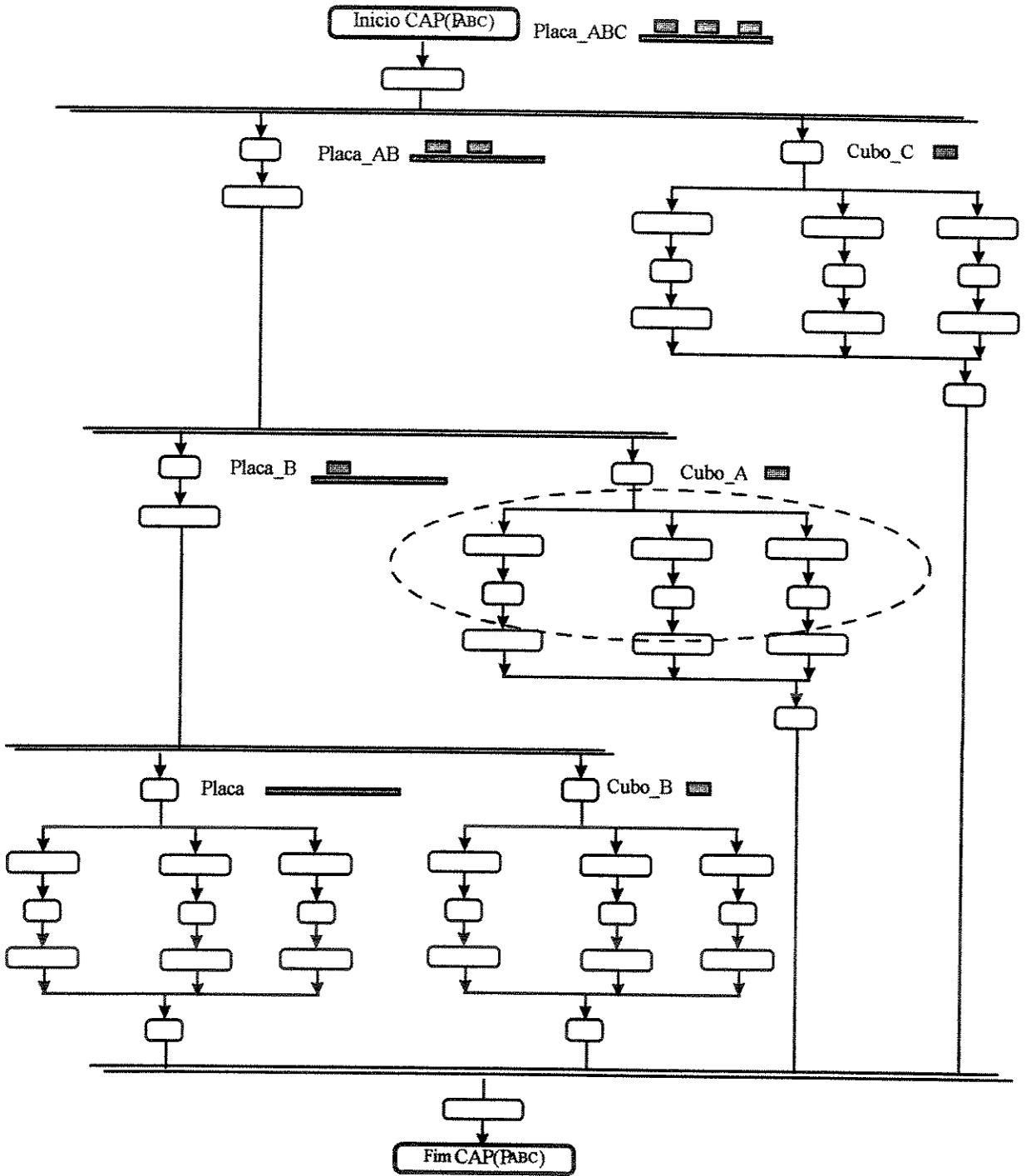


Figura 5. 15 - Conjunto de árvores de produto para os itens.

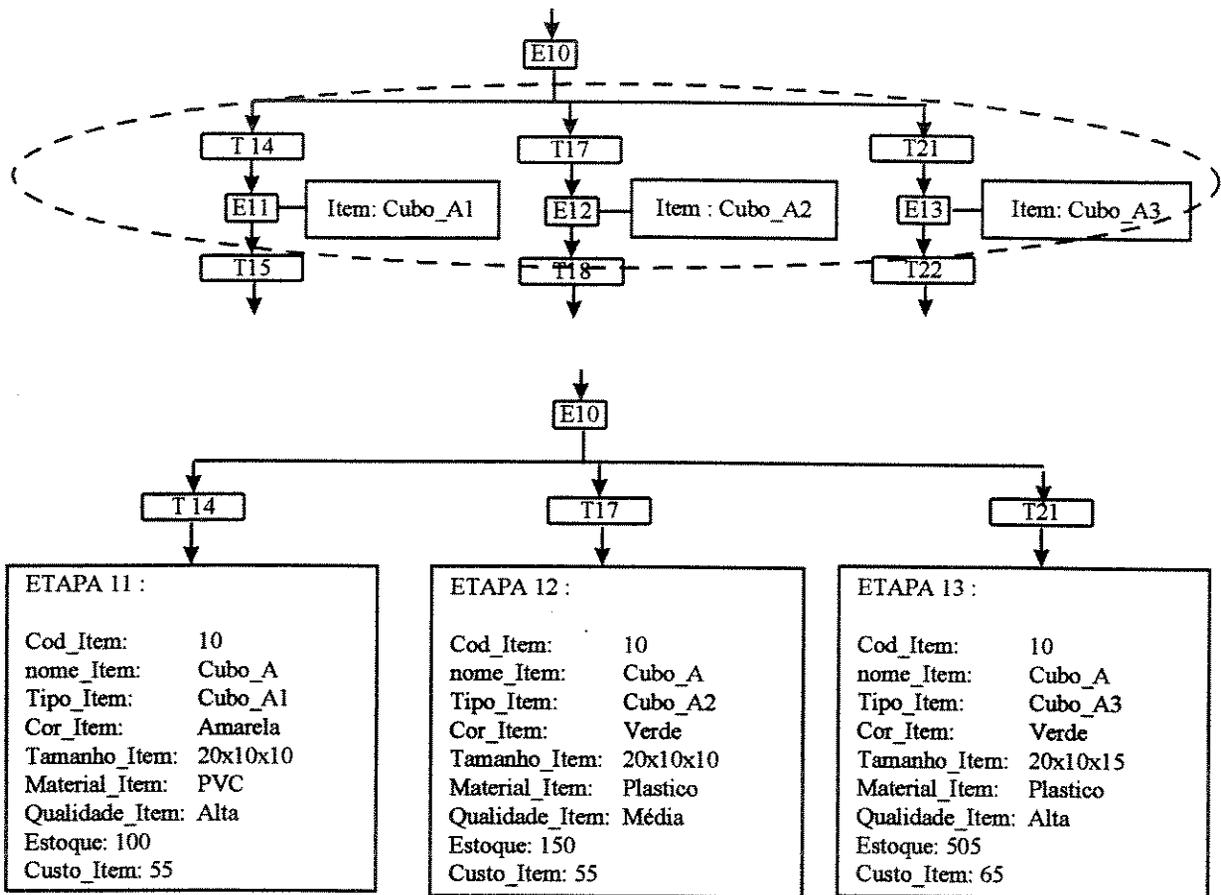


Figura 5.16 - Exemplo de etapas para a rede de processo para o conjunto de árvores de produto.

5.6.2 - DERIVAÇÃO DE CONJUNTO DE PLANOS DE PROCESSO

Em uma rede de processo relativa ao conjunto de planos de processo, as etapas referem-se a tipos de operações compondo os planos de processos. Para cada etapa é necessário definir parâmetros caracterizando os tipos de operações. As transições impõem restrições às operações especificadas em função dos itens pedidos a serem fabricados. Como anteriormente, a estrutura e os parâmetros envolvidos podem ser definidos através do modelo do SPP modelado através de linguagem CIMOSA.

A estrutura da rede de processo representando planos de processo é derivada das redes de processos de árvore de produto para o item final a ser montado e objetos de empresa TIPO_OPERACAO. Os parâmetros e valores das etapas da rede também são derivados dos objetos de empresa TIPO_OPERACAO, como suas capacidades, tipos de recursos utilizados,

tempos operatórios, custos e outros. Os parâmetros envolvidos nas condições das transições são derivados dos elementos de informações de objetos de empresa ITEM_PEDIDO que influenciam na escolha do tipo de operação (figura 5.17).

Conjunto de Plano de Processo

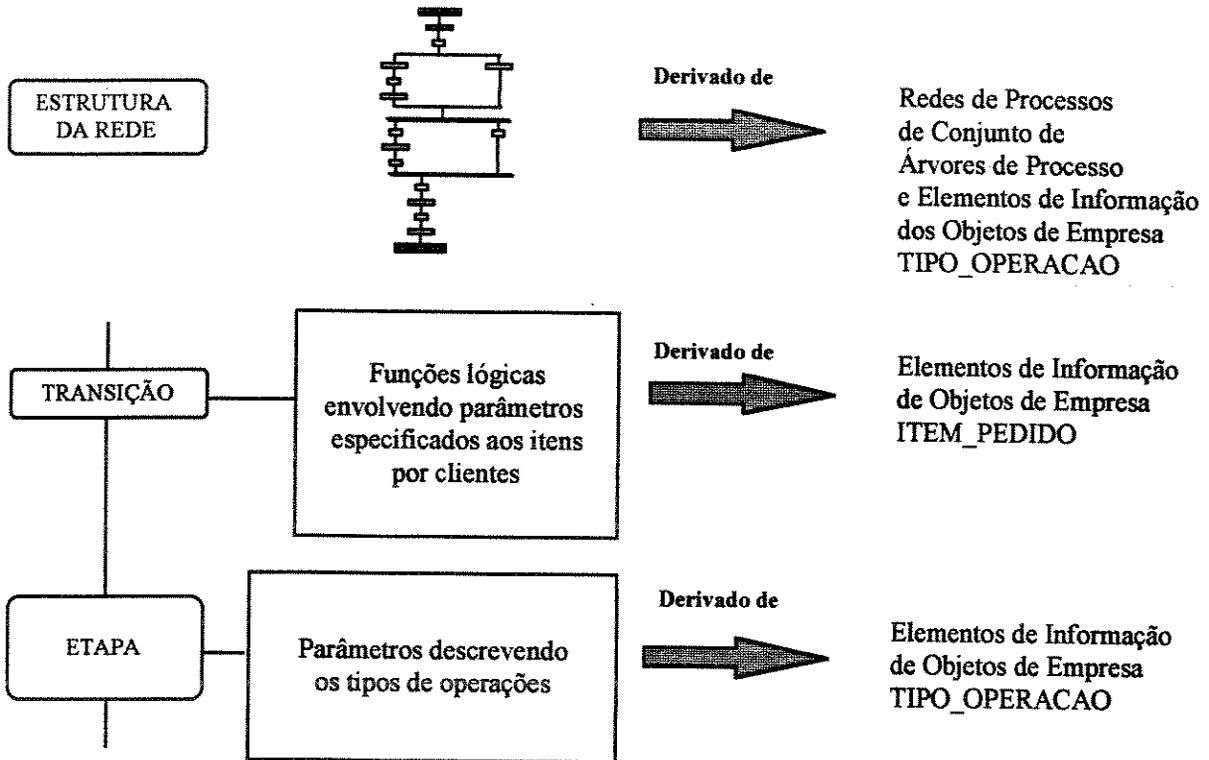


Figura 5.17 - Derivação do conjunto de planos de processo.

As operações possíveis de serem realizadas pela célula de montagem PIPEFA são: montagem na posição A, montagem na posição B, montagem na posição C. É suposto existir a possibilidade de montagem através de operadores, robôs e postos de montagem da célula de montagem caracterizando os tipos de montagem manual, automática por robôs e automática por máquina. Assim, o conjunto de planos de processo para os produtos fabricados pelo SPP pode ser representado pela rede da figura 5.18. Um exemplo do processo de determinação de etapas válidas para compor planos de processo é dado na figura 5.19. Supõe-se que as características do produto influenciando as operações de montagem são:

Cod_Operação : 32

Nome_Operação: Monta_Cubo_A

Material_Item: Plastico ou PVC

Qualidade_Item: Alta ou Média

Precisao_Mont: precisão entre 0.5 e 0.8 mm

As condições para as transições tomadas como exemplo são iguais:

$T32 = T40 = T48 = [(Precisao_Mont=[0.5:0.8]) \text{ E } (Material_Item=\{Plastico, PVC\}) \text{ E } (Qualidade_Item = \{Alta, Média\})]$

Em função das condições impostas e as especificações dos itens as etapas (tipos de operações) validadas são referentes à operação através de máquina (posto de montagem lateral) e através de robôs (a operação manual não fornece a precisão requerida, invalidando a etapa).

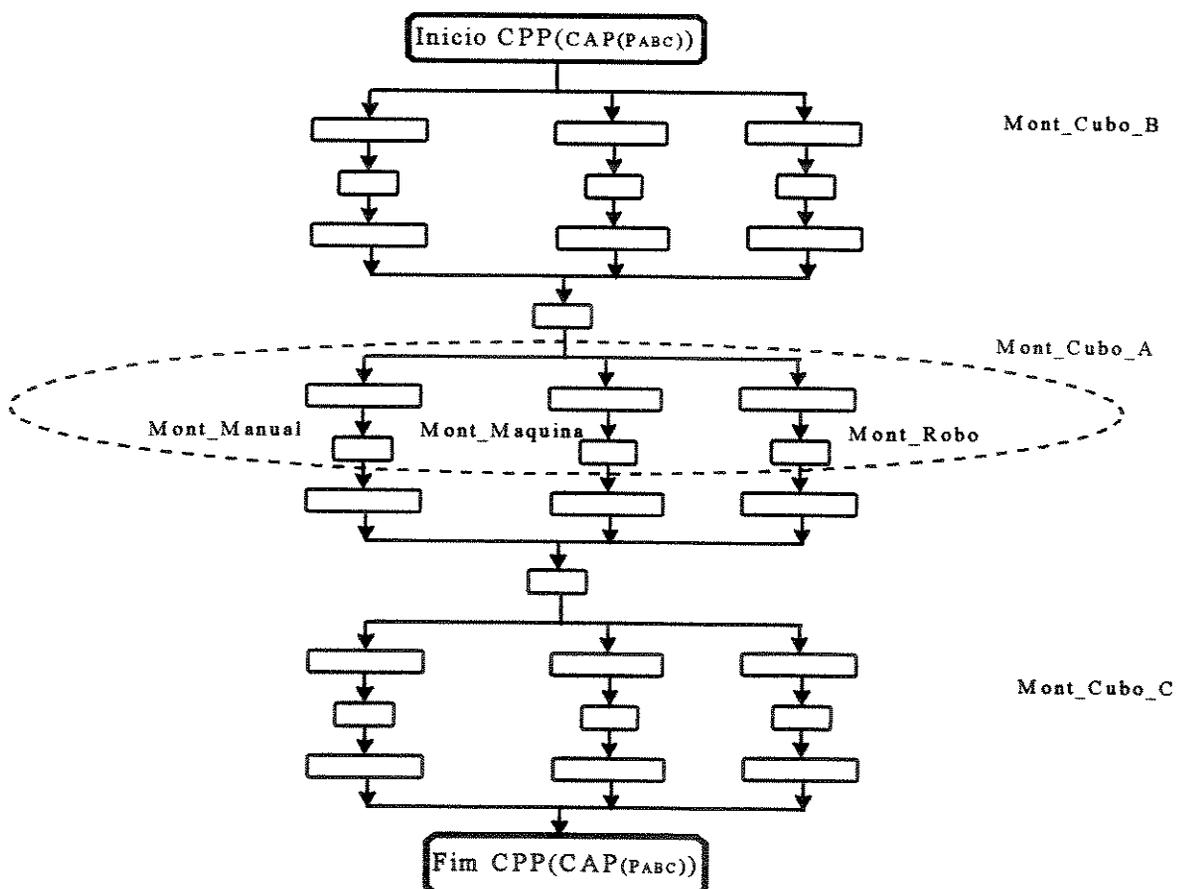


Figura 5.18 - Rede de processo para o conjunto de Planos de Processos.

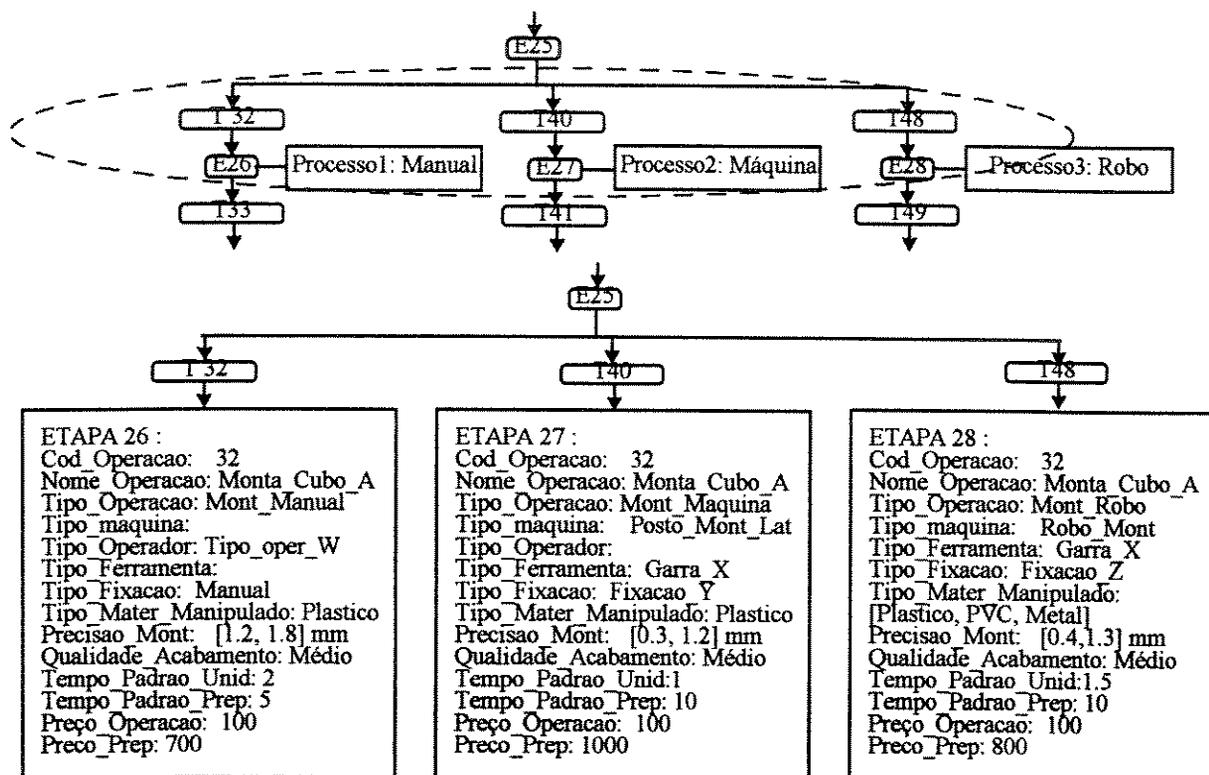


Figura 5.19 - Exemplo de etapas para a rede de processo de conjunto de planos de processos.

5.6.3 - DERIVAÇÃO DE CONJUNTO DE ROTEIROS DE FABRICAÇÃO

Em uma rede de processo relativa ao conjunto de roteiros de fabricação, as informações das etapas referem-se a disponibilidade de recursos existentes no chão de fábrica. As transições impõem restrições temporais para as operações. Neste caso, a estrutura da rede de processo representando roteiros de fabricação é derivada das redes de processos referentes a planos de processos e dos objetos de empresa RECURSO_MANUFATURA. Os parâmetros das etapas da rede referem-se a disponibilidade dos recursos derivados dos objetos de empresa PLANO_CARGA, fornecendo os períodos de tempo livres para alocação de operações. Os parâmetros envolvidos nas funções impondo condições para a validação das etapas são derivadas do objeto de empresa ORDEM_FABRICACAO que define o período em que a ordem deve ser realizada (figura 5.20).

Na figura 5.21 são supostos como recursos possíveis de realizar os tipos de operações definidas no exemplo anterior, um posto de montagem lateral e dois robôs (Robo_1 e Robo_2).

Conjunto de Roteiros de Fabricação

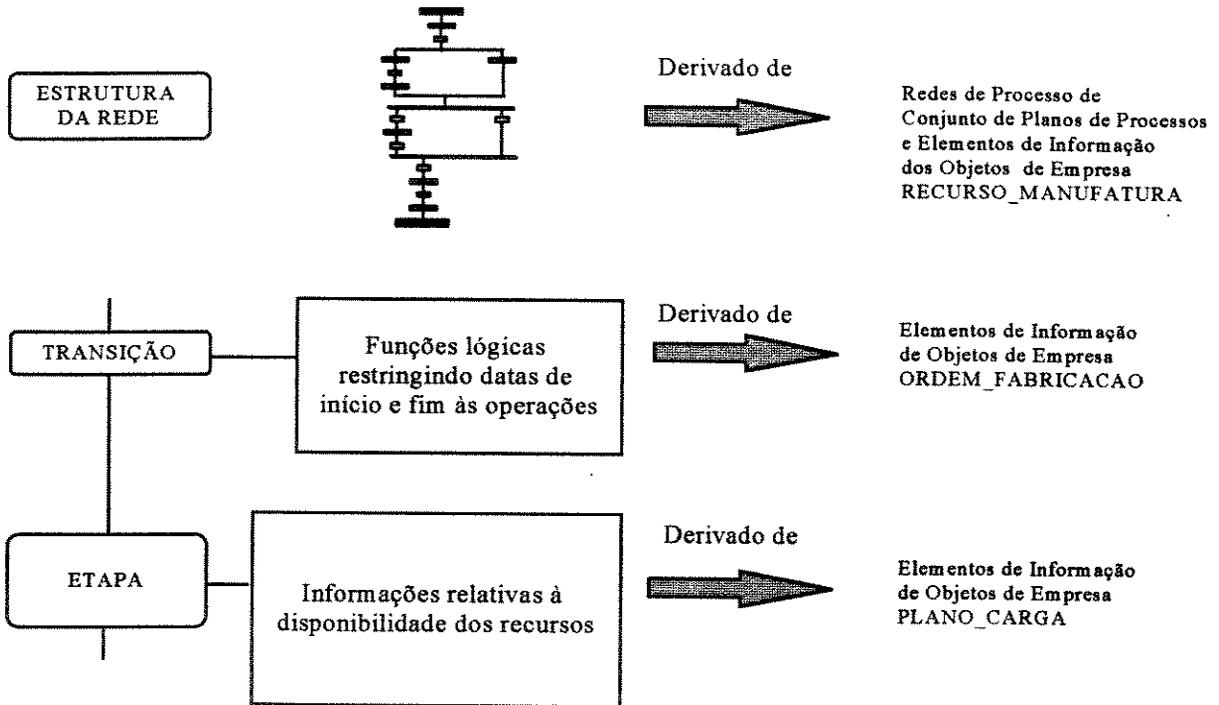


Figura 5.20 - Derivação do conjunto de roteiro de fabricação.

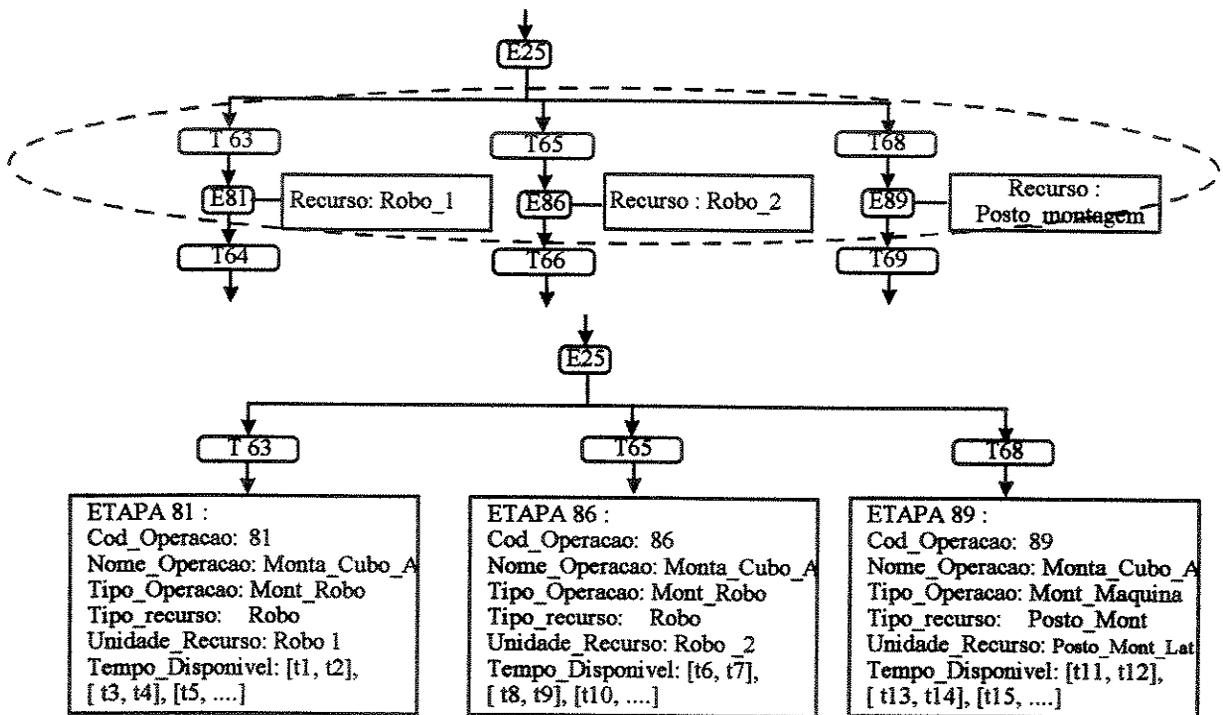


Figura 5.21 - Exemplo de etapas para redes de processos de conjunto de roteiros de fabricação.

Estas regras de derivação devem servir para a construção da base de conhecimento para o sistema de supervisão de PIPEFA. Assim, SYCORO poderá ser testado e avaliado (algoritmos, interfaces, regras de controle, etc.).

5.7 CONCLUSÕES

Neste capítulo a estrutura de planejamento e controle visando a gestão da produção do SPP foi modelada. A linguagem baseada em processos dirigidos por eventos de CIMOSA mostrou-se adequada ao projeto desse sistema. A capacidade de descrição da linguagem CIMOSA através da derivação de modelos com propósitos específicos. Uma estrutura inicial para o esquema conceitual de dados de PIPEFA foi obtida e deve ser detalhada para implementação do seu sistema de informação. As redes de processos propostas devem ser utilizadas na construção de uma base de conhecimento para suporte a atividades de SYCORO.

Para a implementação, é necessária a revisão dos modelos por especialistas, garantindo consistência e considerando os detalhes de implementação, como mostra a figura 5.22. Ela também ilustra a possibilidade de se derivar outros modelos como para simulações ou para a construção do programa de controle da célula de montagem de PIPEFA.

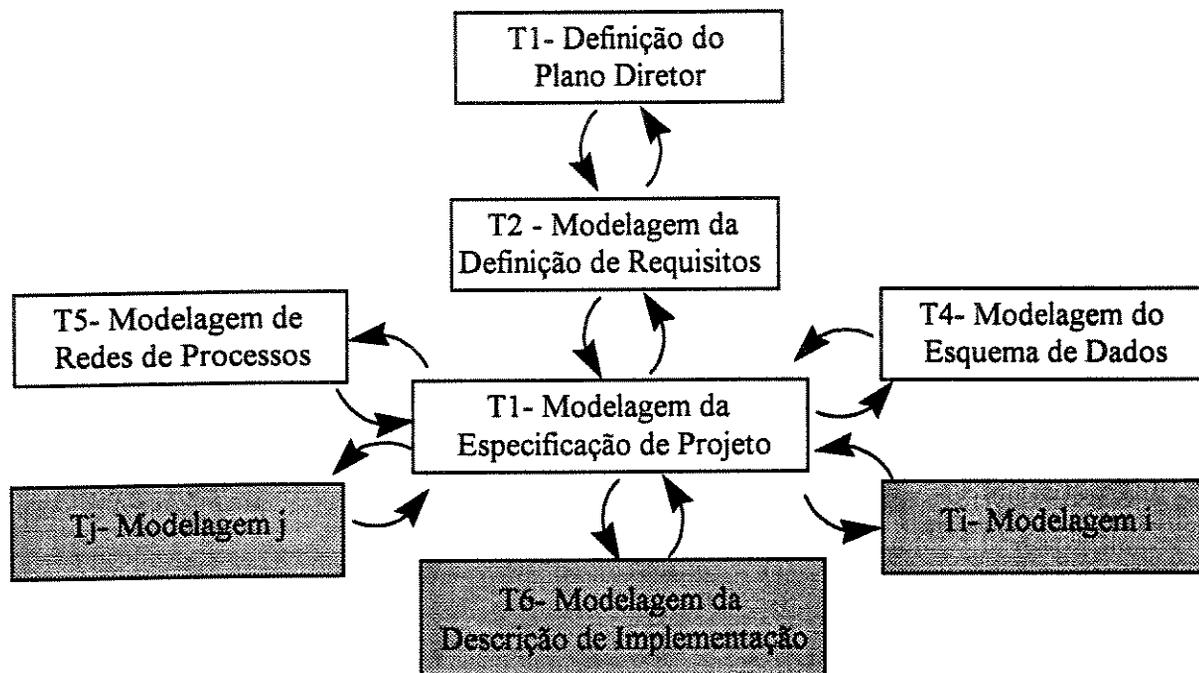


Figura 5.22 - Tarefas complementares às tarefas do trabalho apresentado.

Capítulo 6

Conclusões e Perspectivas

Este trabalho teve dois maiores objetivos: (i) o estudo e análise de conceitos e metodologias para a modelagem e integração de empresas e (ii) a modelagem e projeto de uma estrutura hierárquica a ser implementada no Sistema de Produção PIPEFA.

Uma hierarquia de planejamento, definindo recursos computacionais para cada nível foi proposta. No planejamento agregado o programa PPA, baseado em um modelo estocástico, fornece informações sobre o volume da produção futura. Para o planejamento de recursos da empresa, o programa RETRA otimiza a produção, considerando a demanda, a capacidade e custos de produção. O PRODCON detalha e documenta o plano obtido neste nível. No curto prazo, SYCORO programa e controla a produção da fábrica e unidades de produção através do conhecimento de produtos, processos e estado dos recursos de chão de fábrica.

Através do estudo e análise de conceitos de modelagem e integração de empresas constatou-se existir, ou estar em desenvolvimento, uma grande variedade de metodologias e linguagens. Dentre elas, a Arquitetura CIMOSA tem contribuído fortemente para os organismos de normalização internacionais. A linguagem fornecida por CIMOSA foi utilizada neste trabalho e se mostrou muito dependente de uma ferramenta computacional devido a sua complexidade. Porém, se mostrou completa e foi adequada para a descrição de sistemas de produção fornecendo construtores para a modelagem de aspectos relativos as funções, informações, recursos e organização.

Através do Modelo de Especificação de Projeto obtido com a linguagem CIMOSA, pôde-se derivar a estrutura básica de um esquema conceitual de dados. Também foi possível derivar redes de processos para a construção da base de conhecimento a ser utilizada pelo sistema SYCORO. Com estas atividades verificou-se a importância de formalizar o conhecimento da empresa em um modelo central, desde o pedido de clientes até o estado do chão de fábrica. Esta formalização deve ser realizada através de uma linguagem que seja capaz de modelar aspectos essenciais do sistema e que seja processável computacionalmente para que se possa derivar automaticamente outros modelos de sistemas com propósitos específicos. Este é um dos objetivos de CIMOSA.

Com este trabalho várias perspectivas surgem. Baseados no Modelo de Especificação de Projeto de PIPEFA, os seus componentes (o Ambiente de Planejamento e a Célula de Montagem) devem ser integradas através de seu Ambiente de Integração. Para esta integração, o modelo conceitual de dados obtido deve ser implementado em um sistema de gerenciamento de banco de dados. As redes de processos devem ser utilizadas para a construção da base de conhecimento do sistema SYCORO.

O estudo e a experiência obtida com este trabalho fornecem subsídios para o desenvolvimento de um programa de suporte à modelagem que forneça documentação e testes de consistência de modelos e converta automaticamente os construtores da linguagem CIMOSA em um modelo de experimentação como Rede de Petri, ou em uma linguagem de modelagem de dados como EXPRESS.

Referências Bibliográficas

Aguiar, M. W. C., Rapid prototyping of integrated manufacturing systems by accomplishing model-enactment, em *Integrated Manufacturing Systems Engeneering*, Chapman and Hall, Londres, 1995, p. 62-83.

AMICE, *CIMOSA: Open System Archicteture for CIM*, 2nd revised and extended version, Spring-Verlag, Berlin, 1993.

Arabatzis, T., Aluminium casting traceability suported by CIMOSA, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 191-202, 1995.

Araújo, O. F. N., *Proposta para utilização de Rede de Comunicação em uma célula - aquisição e atuação*, Campinas, SP, UNICAMP, 1997. Tese (Mestrado)

Artiba, A., An architecture of an multi-model system for planning and scheduling, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1996.

Bastos, R. M., *Sistemas de planejamento das necessidades de materiais e dos recursos de manutatura: MRP e MRP II*, Porto Alegre, RS, UFRG, 1988. 141 p. , Tese.

Berio G., Di Leva A., Giolito and Vernadat F. : The M*-OBJECT Methodology for information system design in CIM environments, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cibernetics*, v. 25, n. 1, Janeiro, 1995.

Bitran, G.R; Haas E.A. and Hax, A.C., Hierarchical production planning: a two-stage system, *Operations Research*, v. 30. n. 2, p. 232-251, 1982.

Bouazza M. *La norme STEP : principes, formalismes et mise en oeuvre*, Paris, Hermès, 1995a.

Bouazza M., *Le langage EXPRESS*, Paris: Hermès, 1995b.

Burbidge, J. L., *Planejamento e controle da produção*, Tradução por Luiz Henrique da Silva Cruz, São Paulo, Atlas, 1983, 556 p.

Campos, R., Rosário, J.M., Carvalho, M.F.: 'Aplicação de conceitos de gestão da produção em uma plataforma automatizada', *Anais do COBEM-CIDIM/95*, Belo Horizonte, dezembro de 1995.

Campos R., PIPEFA: Composição e gestão da produção, *Anais do Congresso Brasileiro de Automática*, São Paulo, setembro de 1996.

Campos R., Rosário, J.M., Carvalho, M.F., Desenvolvimento de um sistema de informação para PIPEFA, *Anais do COBEM-CIDIM/97*, Bauru, dezembro, 1997.

Carvalho M. F. H., Campos, R., An hierarchy for cooperative enterprise, *IFAC/IFIP Conference on Management and Control of Production and Logistics*, Campinas, Brasil, 1997, p. 420-425.

Carvalho, M.F., Fernandes, C.A.O, Silva Filho, O.S., Opera - optimal production environment for resource allocation, *Productions Management Methods - IFIP Trans.* Noth- Holland, 1994, p. 279-287.

CEN, An evaluation of CIM modeling constructs. Evaluation report of constructs for views according to ENV 40 003, *Computer Integrated Manufacturing*, v. 24 (2-3), p. 159-236, 1994.

CEN, *ENV 12204: Computer Integrated Manufacturing. Constructs for Enterprise Modelling*, CEN, CENELEC, Bruxelas, Dezembro, 1995.

CIMOSA Association, *CIMOSA technical baseline*, CIMOSA Association, Stockholmerst 7, D-70731, Boblingen, Germany, 1996.

DiCesare, F., Harhalakis, G., Proth, J. J., Silva, M., Vernadat, F. B., *Practice of petri nets in manufacturing*, Londres, Chapman & Hall, 1993.

Didic, M. M., Open engineering and operational environment for CIMOSA, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 167-178, 1995.

Doumeingts, G., *GIM, GRAI, integrated methodology - a methodology for designing CIM systems*, versão 1.0, Relatório LAP/GRAI, Universidade de Bordeaux I, França, 1992.

Doumeingts, G., *La gestion de production assisté par ordinateur*, Paris, Ed. Hermes, 1993.

Faure, J. M., Business process engineering with partial models, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 111-122, 1995.

Fernandes, C.A.O., Carvalho, M.F.H., Ferreira, P.A.V., Silva Filho, O.S., Multicommodity manufacturing flow problems by a penalty function approach, *IFAC Large Scale Systems*, Londres, p. 703-708, 1995.

Fox, K.A., MRP-II providing a natural hub for computer-integrated manufacturing system, *Industrial Engineering*, v. 16, p. 44-50, outubro, 1984.

Frachet, J. P., *Méthodes et outils en génie automatique et productique pour le développement de la qualité et de la productivité dans les PME/PMI*, Projeto de Pesquisa, CAPES-COFECUB, Junho, 1995.

Gershwin, S.B., Hildebrant, R.R., A control perspective on recent trend in manufacturing Systems, *IEEE Control System and Magazine*, v. 6, n. 2, 1986.

Gransier, T., Validation of CIMOSA, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 95-100, 1995

ICAM, Integrated computer-aided manufacturing (ICAM) architecture, parte II, v. IV, v. V e v. VI, SoftTech Inc., Waltham, MA, 1981.

ISO, Reference model for shop floor production standards, Technical Report 10314, part 1 (ISO TC 184/SC5/WG1 N126), Part 2 (ISO TC 184/SC5/WG1 N160), 1990.

Kosanke, K., CIMOSA Overview and status, *Computer in Industry*, v. 27, n.2, p. 101-109, 1995.

Kosanke K. Comparison of enterprise modelling methodologies, *Design of Information Infrastructures for Manufacturing - DIISM'96*, 23, p. 1-15, 1996.

Kosanke K., CIMOSA: Architecture for enterprise integration: a report on current developments, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 3, n. 1, fevereiro, 1990.

Lapalus, E., Manufacturing Integration, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 155-165, 1995.

Le Moigne, J. L., *La théorie du système général*, Paris, Presses Universitaires de France, 1977.

Mertins K., Integrated information modelling for CIM, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 4, n. 3, Agosto, 1991.

Mertins, K., Object oriented modelling and analysis of business process, em *Integrated Manufacturing Systems Engineering* (ed.: P. Ladet e F. B. Vernadat), Chapman Hall, Londres, p.113-26, 1995.

Monks, J. G., *Administração da produção*, São Paulo, McGraw-Hill, 1987, 502p.

Orlicky, J. A., *Material requirements planning*, New York, John Wiley, 1975, 292 p.

Pandya, K. V., Model for production planning and control decisions at cell level: a case study, *Computer integrated Manufacturing Systems*, v. 7(2), p. 75-92, 1994.

Pantakar, A. K., Enterprise integration modellig: a review of theory and pratice, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 8, n. 1, p. 21-34, 1995.

Park, K.H., Favrel J., A net-working information system infraestrutura for extended (or virtual) enterprises, *IFAC/IFIP Conference on Management and Control of Production and Logistics*, Campinas, Brazil, 1997, p. 83-88.

Pièrard, E., Reference architecture for car monitoring, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 203-213, 1995.

Pires, S. R. I., *Gestão estratégica da produção*, cap. 4: Atividades de Planejamento e Controle da Produção, Piracicada, Editora Unimep, 1995.

Ploszajski, M. G., An overview of some computer-aided production management issues, *Computer-Aided Production Management, Information and Decision Technologies*, v. 18, p. 405-413, 1993.

Quérenet, B., *CIMOSA - A european development for enterprise integration*, Part iii: Enterprise integrating infrastructure in enterprise integration modeling, The MIT Press, Cambridge, MA, 1992, p. 205-215.

Rodammer, F. A., A recent survey of production scheduling, *IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics*, v. 18, n. 6, novembro/dezembro 1988.

Ross, D. T., Applications and extensions of SADT, *Computer*, v. 18, n. 4, p. 25-34.

Rumbaugh, *Object-oriented modeling and design*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1991.

Saad, G.H., Hierarchical production-planning systems: extensions and modifications, *J. Opl. Res. Soc.* ,v. 41 , no. 7, p. 609-624, 1990.

Sacomano, J.B., *Uma análise da estrutura funcional do planejamento e controle da produção e suas técnicas auxiliares*, EESC/USP, São Carlos, 1991. Tese (Doutorado).

Sartori L.G. , *Manufacturing information systems*, Addison-Wesley Publishing Company, 1988.

Scheer, A. W. , *Enterprise-wide data modeling - Information system in industry*, Springer-Verlag, 1989.

Scudero, L.F., Performance evaluation of independent superbasic sets on non-linear replicated network, *J. of Oper.Res.*, 23, 343-355, 1986.

Silva Filho, O. S., Carvalho, M. F., Henrique, M. M., A sub-optimal policy for stochastic production planning problem, *IFFY Transaction on Production Management Methods*, North-Holland, v. B-19, p. 297-303, 1995.

Suri,R., An overview of evaluative models for flexible manufacturing systems, *Annals of Oper. Res.*, 1984.

Vernadat, F. B., CIM business process modeling and analysis, *ISPE/IEEE/IFAC International Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future*, 1995, p. 29-35.

Vernadat, F. B. CIMOSA, Enterprise modelling and enterprise integration using a process-based approach, *Workshop on the Design of Information Infrastructures for Manufacturing - DIISM'93*, Tokio, Japão, 1993.

Vernadat F. B. , *Enterprise modeling and integration, Principles and Applications*, Londres, Chapman & Hall, 1996.

Vernadat, F. B., A process/agent/operation paradigm for manufacturing systems modelling, *IFAC/IFIP Conference on Management and Control of Production and Logistics*, Campinas, Brazil, 1997, p. 412-419.

Zacarelli, S. B., *Programação e controle da produção*, 5 ed., São Paulo, Livraria Pioneira, 1979, 292 p.

Zelm, M., The CIMOSA business modeling process, *Computer in Industry*, v. 27, n. 2, p. 123-142, 1995.

Weston, R.H., Coutts, I., Model enactment based on use of the Cim-Biosys integrating infrastructure, *Proc. Third Int. Conf. On Automation, Robotics and Computer Vision (ICARC'94)*, Singapore, 8-11, p. 322-326, novembro, 1994.

Wight, O. W., *Production and inventory management in the computer age*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1984, 283 p.

Williams, T. J., *The pardue enterprise reference architecture*, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC, 1992.

Williams, T. J., The pardue enterprise reference architecture, *Computers in Industry*, v. 24 (2-3), p. 141-58, 1994.

Williams, T. J., Development of GERAM, a Generic Enterprise Reference Architecture and Enterprise Methodology, em *Integrated manufacturing systems engineering* (ed: P. Ladet e F. B. Vernadat), Chapman and Hall, Londres, p. 279-288.

Youssef Y., *Une architecture distribuée multi-expert avec contrôle hierarchique pour le pilotage de systèmes de production*, Universidade de Metz, França, (tese prevista para junho de 1998).

Anexo A

ARQUITETURAS, METODOLOGIAS E LINGUAGENS PARA A MODELAGEM DE EMPRESAS

A.1 - TRABALHOS ISO EM ESTRUTURAS PARA MODELAGEM DE EMPRESAS

Trabalhos de padronização ISO em modelagem e integração de empresas é de responsabilidade do comitê técnico 184, sub-comitê 5, grupo de trabalho 1 (ISO TC 184/SC5/WG1) em arquiteturas de sistemas. ISO TC184 é responsável por trabalhos em automação e integração industrial (ISO, 1990). Para identificar áreas potenciais para padronização em sistemas de manufatura, o sub-comitê 5 (SC 5) do comitê técnico ISO TC 184 produziu um modelo de referência para padrões em sistemas de produção, documentado no relatório técnico ISO 10314 (não é um padrão). Os objetivos deste modelo de referência são:

- proporcionar uma estrutura conceitual para a compreensão da manufatura de peças discretas; e
- ser usado para identificar áreas de padronização necessárias para integrar sistemas de manufaturas.

O relatório técnico 10314 é dividido em duas partes. Parte 1 (ISO TC184/SC5/WG1 N126) descreve o modelo de referência e uma metodologia para identificação de necessidades de padronização para a automação industrial. Parte 2 (ISO TC184/SC5/WG1 N160) dedica-se à aplicação do modelo de referência e a metodologia para a área de automação industrial e sistemas de produção.

O modelo de referência ISO, descrito na parte 1 do relatório técnico 10314, é estruturado em três submodelos:

1. Um **contexto para o sistema de produção**, o qual identifica as maiores funções da produção (finanças, sistemas de pedidos de vendas, planejamento de recursos, engenharia/CAD, produção, e estoque) para a manufatura de peças discretas e os principais fluxos de informação entre elas;
2. O **modelo de sistema de produção**, o qual representa uma hierarquia (quatro níveis) de atividades de produção;
3. O **modelo de atividade genérico (Generic Activity Model - GAM)**, cujo propósito é fornecer um modo de descrever genericamente as atividades encontradas em cada nível do modelo de sistema de produção. Ele é baseado na representação gráfica feita de uma caixa com 10 flechas (figura A.1). Ele é suficientemente geral para representar qualquer atividade de sistema de produção em termos de suas entradas e saídas (fluxos de material, recursos e informações) e sua função.

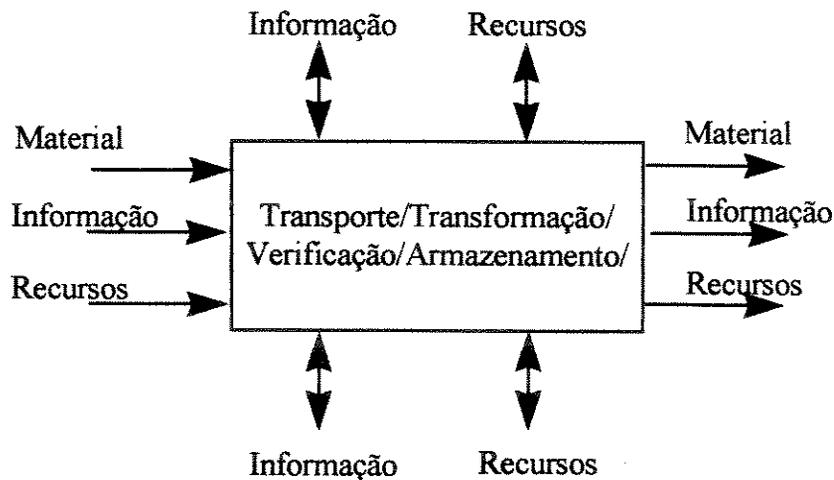


Figura A.1 - Modelo de Atividade Genérico (ISO, 1990).

O modelo de sistema de produção é baseado no modelo NBS (National Bureau of Standard, USA, atualmente chamado National Institute of Standards and Technology - NIST), ilustrado na figura A2. Enquanto o modelo NBS possui cinco níveis (fábrica, chão de fábrica, célula, estação e equipamento) o modelo de sistema de produção restringe-se aos quatro níveis mais baixos (chão de fábrica, célula, estação, e equipamento). Ele fornece um modelo abstrato de níveis de decisão para posicionar as atividades envolvidas no sistema de produção

(figura A.3). Em cada nível, um tipo genérico de atividade de gerenciamento da produção é associado (supervisionar, coordenar, comandar e executar, respectivamente de cima para baixo) como também uma área de responsabilidade. Tanto o modelo NBS e o modelo de sistema de produção não são modelos no sentido correto de um modelo porque não representam nada. São apenas utilizados como referência para fixar idéias e terminologia.

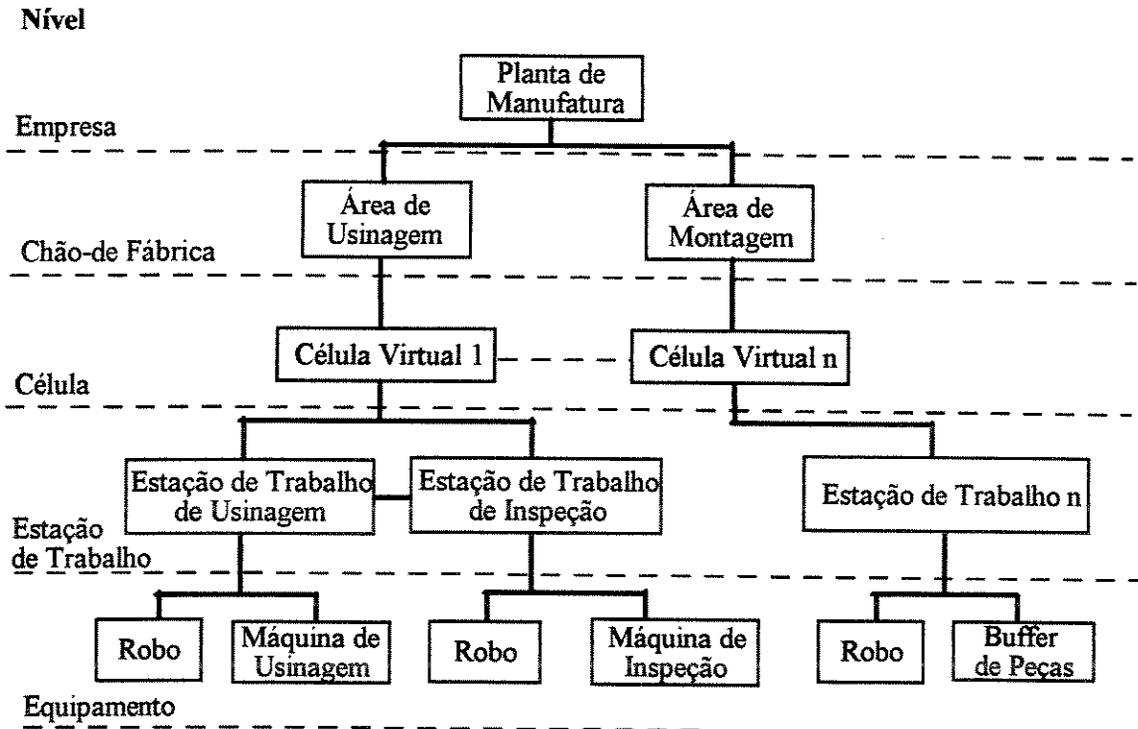


Figura A2 - Modelo NBS para plantas de manufatura.

Em 1990, ISO TC184/SC5/WG1 começou a trabalhar em uma estrutura para modelagem de empresa. O objetivo deste grupo de trabalho em arquitetura de sistemas integrados é estabelecer uma estrutura para coordenar os padrões existentes, em desenvolvimento e futuros para a modelagem de empresas de manufatura para facilitar a manufatura integrada por computador. O trabalho é baseado na análise de propostas anteriores como as que são descritas a seguir. Ele cobre itens como terminologia para modelagem de empresas, escopo da modelagem de empresa, conceitos de modelagem, processo de modelagem de empresas e aplicações para CIM.

	Nível	Sub-Atividade	Responsabilidade
4	Seção Área	Supervisionar a produção	Supervisionar e coordenar a produção e suportar as operações e obter e alocar recursos para as operações
3	Célula	Coordenar processo de produção	Sequenciar e supervisionar as operações no processo de produção
2	Estação	Comandar o processo de produção	Direcionar e coordenar o processo de produção
1	Equipamento	Executar o processo de produção	Executar a operação de produção de acordo aos comandos

Figura A.3 - Modelo para sistemas de produção.

A.2 - CEN ENV 40 003

O pré-padrão ENV 40 003 está sendo desenvolvido pelo CEN (Comité Européen de Normalisation), grupo de trabalho em arquiteturas de sistemas CIM, CEN/CENELEC AMT/WG-ARC. Agora, está sob responsabilidade do comitê técnico CEN TC310, Grupo de Trabalho 1 (CEN, 1994).

CEN TC 310 segue um método para a integração de empresas através da modelagem de empresas e desenvolve trabalhos em estruturas de modelagem, vistas e construtores. A pré-padronização europeia ENV 40 003 de nome "Estrutura para Modelagem de Empresas" fornece uma estrutura para atividades futuras de padronização na área de modelagem de empresas CIM. A estrutura tem sido constituída de uma contribuição substancial de projetos ESPRIT, e especialmente AMICE e sua arquitetura CIMOSA. CEN TC 310 tem produzido um ENV adicional (ENV12204) para especificar construtores para a estrutura através da análise de outras arquiteturas CIM pelo grupo de trabalho CEN/CENELEC.

Como o Modelo de Referência Básica para Interconexão de Sistemas Abertos ISO, o ENV 40 003 define diferentes camadas para guiar o desenvolvimento de padrões futuros para a modelagem de empresas. Ela é estruturada de acordo com três dimensões, equivalentes aos três princípios da estrutura de modelagem CIMOSA (descrita na seção 3.4.2):

- 1) Dimensão de Generalização (princípio de particularização de modelos CIMOSA);
- 2) Dimensão de Modelos (princípio de derivação de modelos CIMOSA);
- 3) Dimensão de Vistas (princípio de geração de vistas CIMOSA).

A.3 - GIM

GIM é uma metodologia para análise e projeto conceitual de sistemas de manufatura e originalmente significava GRAI-IDEF0-MERISE. Atualmente o significado mudou para GRAI Integrated Methodology (Doumeingts, 1992). GIM tem sua origem no GRAI (Graphes à Resultats et Activités Interreliés) o qual é um método para modelar e analisar sistemas de manufatura automáticos, e em Merise, uma metodologia para análise e projeto de sistemas de informação.

A.3.1- O modelo conceitual GRAI

Na raiz de ambos GRAI e GIM está um modelo conceitual chamado modelo conceitual GRAI (figura A.4). O modelo advoga que toda empresa é constituída de três sub-sistemas fundamentais: um Sistema Físico, um Sistema de Informação e um Sistema de Decisão, e ainda adiciona um Sistema de Operação:

- o sistema físico transforma o fluxo de material. Ele é composto por estações de trabalho ou células envolvendo máquinas, trabalhadores, peças, componentes, etc.;
- o sistema operacional é dedicado ao controle em tempo real do sistema físico;
- o sistema de decisão é o lugar de decisões de toda a empresa via uma estrutura hierárquica organizada em níveis de decisão, constituídos de centros de decisão;
- o sistema de informação realiza a união entre o sistema de decisão, o sistema físico, e o ambiente externo da empresa. Ele transforma e memoriza as informações.

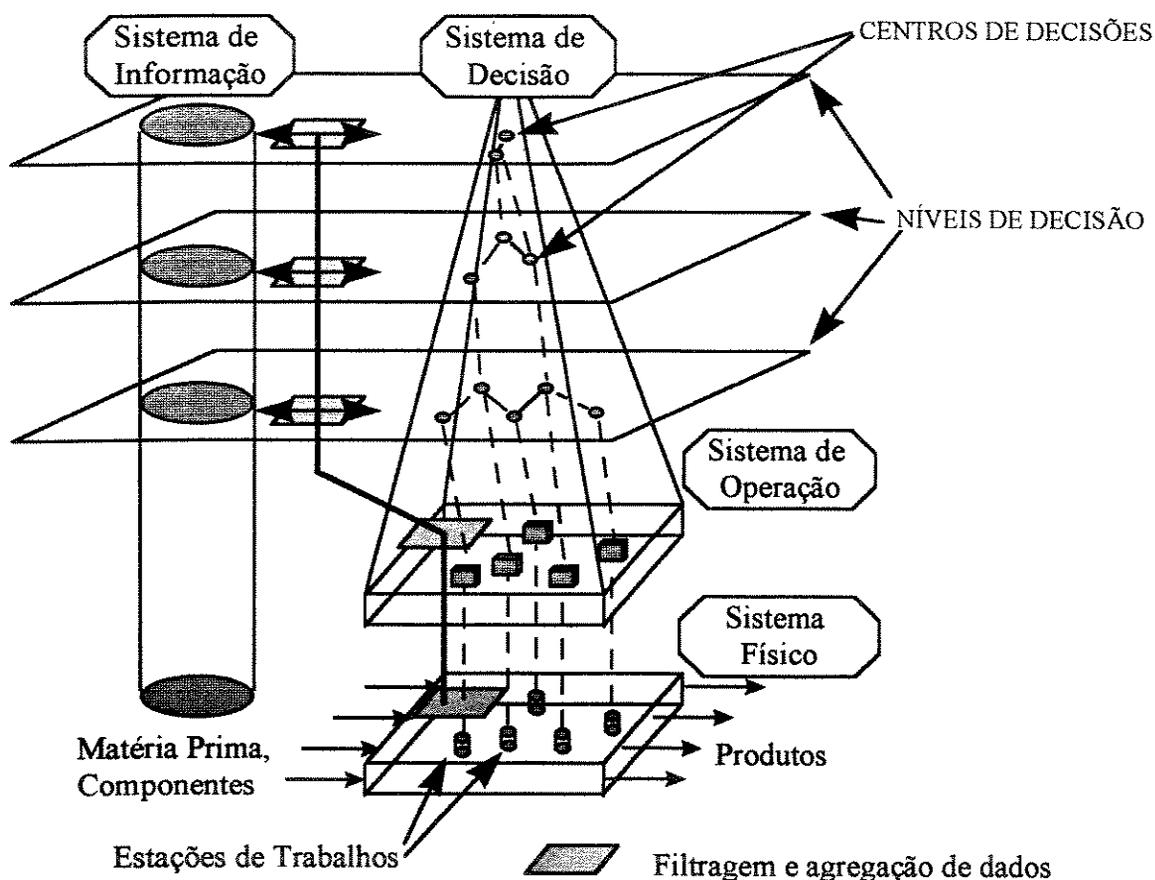


Figura A.4 - Modelo Conceitual GRAI.

A.3.2 - O método GRAI

O método faz uso de duas ferramentas básicas de modelagem :

- a grade GRAI
- a rede GRAI

A grade GRAI é usada para realizar uma análise *top-down* da área da empresa a ser analisada. Ela é constituída de uma matriz bi-dimensional onde nas colunas representam-se funções e nas linhas representam-se níveis de decisão definidos por um horizonte H e um período 'P'. Os horizontes de planejamento a longo prazo estão na parte superior e de curto prazo na parte inferior da grade. Funções são as funções usuais de uma empresa como projetar, planejar, produzir ou vender. Uma ou mais colunas são reservadas para informações. Cada célula na matriz define um centro de decisão (figura A.5). A grade é utilizada para analisar as relações entre centros de decisão em termos de fluxo de informações e fluxo de decisões.

As redes GRAI são usadas para análise de centros de decisão em termos de suas atividades, recursos (informações ou mecanismos) e objetos de entrada e saída. Deste modo, uma análise *bottom-up* do sistema de manufatura estudado pode ser realizada para validar a análise *top-down*.

Originalmente, o método GRAI concentrou-se em sistemas de decisão para sistemas de manufatura. A metodologia GIM é um esforço para estender o método GRAI para o desenvolvimento de sistemas CIM.

Funções H/P	Informação Interna e Externa		Projetar	Planejar	Produzir	Vender
H1= P1=						
H2= P2=				Centro de Decisão		
H3= P3=						

Figura A.5 - A grade GRAI.

A.3.3 - A metodologia GIM

O desenvolvimento da metodologia GIM foi influenciado por trabalhos anteriores especialmente Merise, IDEF, CIMOSA, e também ENV 40 003 dos quais ela utilizou o conceito de vistas e níveis de abstração como ilustrado pela figura A.6. Ela é baseada nos três níveis de abstração de Merise:

- Nível Conceitual: este nível modela a empresa sem considerar os aspectos técnicos ou organizacionais. Ele tenta definir “O que” da empresa e corresponde ao nível de definição de requisitos de outras estruturas de modelagem;
- Nível Organizacional: este nível leva em consideração os aspectos organizacionais e endereça questões como “Quem”, “Quando”, ou “Onde”. Este nível foi renomeado como

Nível Estrutural em uma recente versão de GIM. Ele corresponde à especificação de projetos ou o nível conceitual de outras estruturas como ENV 40 003 ou CIMOSA;

- **Nível Físico:** este é o nível mais específico porque ele leva em consideração as restrições técnicas do sistema analisado e possibilita a escolha de componentes reais. Ele foi renomeado Nível de Realização em uma versão recente de GIM, mas ainda não está definido. Ele corresponde ao nível de implementação de CIMOSA.

	Dados	Processos	Operacional
Conceitual	Modelo de Dados Conceitual Diagramas Entidade-Relacionamento	Modelo de Processos Conceitual Rede GRAI Grade GRAI	Modelo Operacional Conceitual Atividade (IDEF0)
Organizacional	Modelo de Dados Organizacional Modelos de redes e Modelos relacionais	Modelo de Processos Organizacional Modelo de processos de MERISE	Modelo Operacional Organizacional IDEF0
Físico	Modelo de Dados Físicos Banco de dados e ferramentas computacionais (sem construtores de modelagem)	Modelo de Processo Físico Ferramentas computacionais e softwares (sem construtores de modelagem)	Modelo Operacional Físico Máquinas e organização física do sistema de produção (sem construtores de modelagem)

Figura A.6 - Estrutura de Modelagem GIM

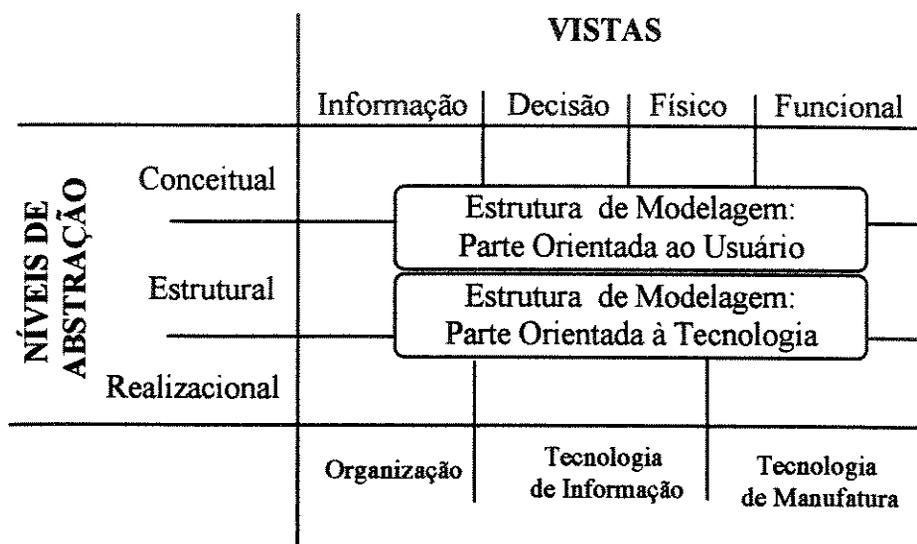


Figura A.7 - Nova estrutura de Modelagem GIM.

GIM considera três vistas de modelagem para modelar dados (ou informações), processos e aspectos operacionais da empresa de manufatura. Figura A.6 ilustra a estruturação de GIM organizada como uma matriz bidimensional (diferente do cubo tridimensional como ENV 40 003 ou CIMOSA). Cada célula da matriz faz uso de um ou mais formalismos de modelagem (diferentes e as vezes redundantes). GIM fornece algumas regras de consistência para verificar a coerência de modelos obtidos nos vários níveis das diferentes vistas. Cada célula na estrutura GIM é chamada de modelo e corresponde a um submodelo de todo o modelo da empresa produzido com GIM (figura A.6). Figura A.7 mostra a nova versão da estrutura de modelagem GIM a qual inclui quatro vistas.

A metodologia GIM tem sido experimentada em vários casos na indústria para o suporte à análise e projeto de sistemas de manufatura automatizados. Algumas limitações detectadas incluem (Vernadat, 1996):

- suporta apenas a análise e definição de requisitos. Não é uma ferramenta para projeto e implementação no sentido de engenharia de sistemas. Por exemplo, a simulação de sistemas, sistemas de informação e projeto de layout de sistemas de manufatura não são suportados;
- faz uso de modelos redundantes, isto é, os mesmos conceitos são modelados duas vezes (por exemplo atividades são modeladas duas vezes com a rede GRAI e diagramas IDEF0);
- é incompleta (por exemplo, ela não possui a vista de recursos);

- produz um modelo estático, e não processável;
- não suporta a descrição detalhada do projeto e implementação.
- Aspectos positivos de GRAI/GIM são:
- fornece um método sistemático para a modelagem de sistemas de decisão da empresa de manufatura; e
- introduz a grade GRAI como uma ferramenta para análise organizacional.

Atualmente, GRAI e GIM são suportados por uma metodologia estruturada cujo objetivo é fornecer especificações para construir um novo sistema de manufatura em termos de organização, tecnologia de informação, e tecnologia de manufatura. A metodologia GIM inclui quatro fases (figura A.8): fase de inicialização, fase de análise, fase de projeto e fase de Implementação.

A.4 - PERA (Pardue Enterprise Reference Architecture)

A arquitetura de referência Pardue e sua metodologia estão sendo desenvolvidas na Universidade de Pardue desde 1989 no Laboratório para Controle Industrial Aplicado na Universidade Pardue (Pardue Laboratory for Applied Industrial Control) baseando-se em trabalhos anteriores na área de Manufatura Integrada por Computador (Williams, 1992; 1996). PERA é considerada uma metodologia completa. Ela é suportada por formalismos gráficos simples e textos manuais fáceis de entender porque ela é projetada para usuários não educados em ciência de computação. Assim, tais usuários podem ser capazes de aplicar a metodologia por si mesmos para sua empresa.

PERA é caracterizada pela sua estrutura em camadas (figura A.9). Ela está sendo desenvolvida para cobrir todo o ciclo de vida da empresa, da definição da missão até o nível operacional e obsolescência da empresa. Cada camada define uma fase de projeto. Cada fase é informalmente descrita por um documento técnico como um conjunto de procedimentos para orientar um grupo de projeto através de todas as fases de um programa de integração de empresas. A metodologia inicia-se com a identificação da entidade da empresa, isto é, a parte da empresa a ser considerada. Isto é realizado pela gerência da corporação. Então, a missão da empresa é definida em termos de produtos ou serviços a serem oferecidos.

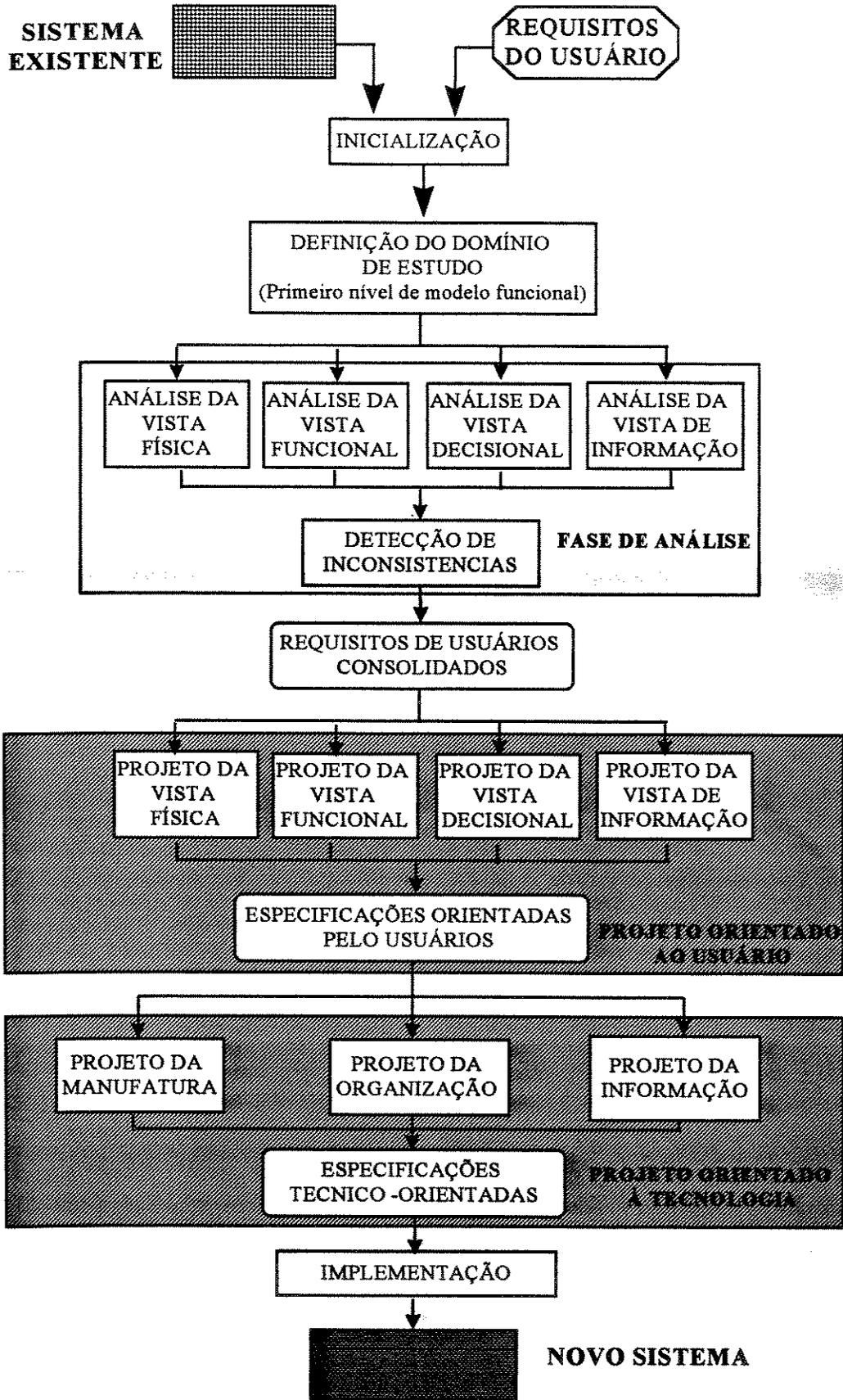


Figura A.8 - Método Estruturado GIM.

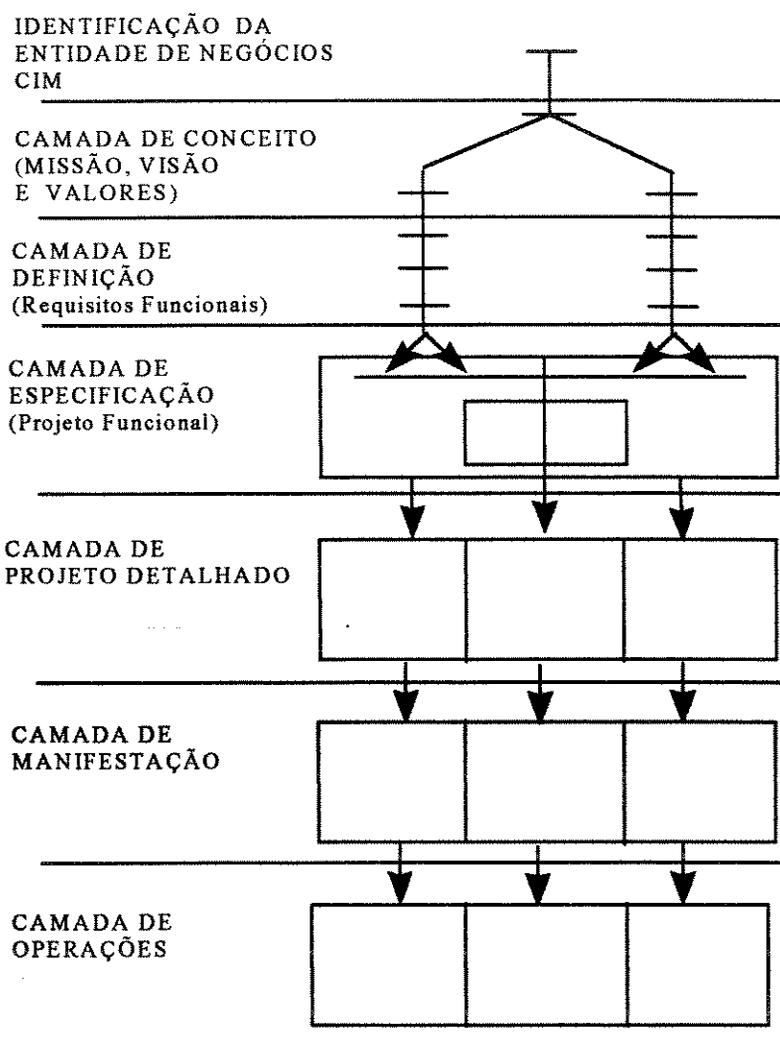


Figura A.9 - Estrutura de PERA.

A terceira fase, ou fase de definição, define os requisitos básicos para a política de informação e pessoal de manufatura de um lado, e produto e unidade de manufatura de outro lado. A camada de especificação define os requisitos funcionais, isto é, instrumentação e diagramas de controle, requisitos de gerenciamento e *layout* de planta. A camada de projeto detalhado compreende a seleção de equipamentos, definição de habilidades profissionais, planejamento organizacional, programas de treinamento, *layout* de equipamentos da planta. A camada de manifestação corresponde à instalação da planta que inclui a instalação de equipamentos, recursos humanos, treinamento, construção da planta, teste, e operação. Neste momento a planta está pronta para operação. A camada de operação corresponde à exploração dia-a-dia da planta e continuo desenvolvimento e manutenção dos processos. Ela termina com a obsolescência da empresa.

Como pode ser visto pela figura A.9, as três camadas inferiores são divididas em três partes correspondentes a distinção na PERA entre o sistema de informação, aspectos humano e organizacional, e equipamentos de manufatura (ou serviços ao consumidor) (figura A.10). Então, aspectos humanos são amplamente cobertos pela metodologia, podendo ser profundamente analisados, diferente de outras metodologias. É nos níveis de manifestação e de operação que se decide se uma operação pode ser melhor implementada como uma atividade de tecnologia de informação, atividade humana, ou uma atividade de manufatura.

Sendo que PERA não fornece suas próprias ferramentas de modelagem, ela pode ser aplicada em conexão com qualquer outra técnica existente para a modelagem de aspectos da empresa. Mesmo sendo originalmente desenvolvida visando sistemas de manufatura, ela pode ser utilizada por todos os tipos de indústrias.

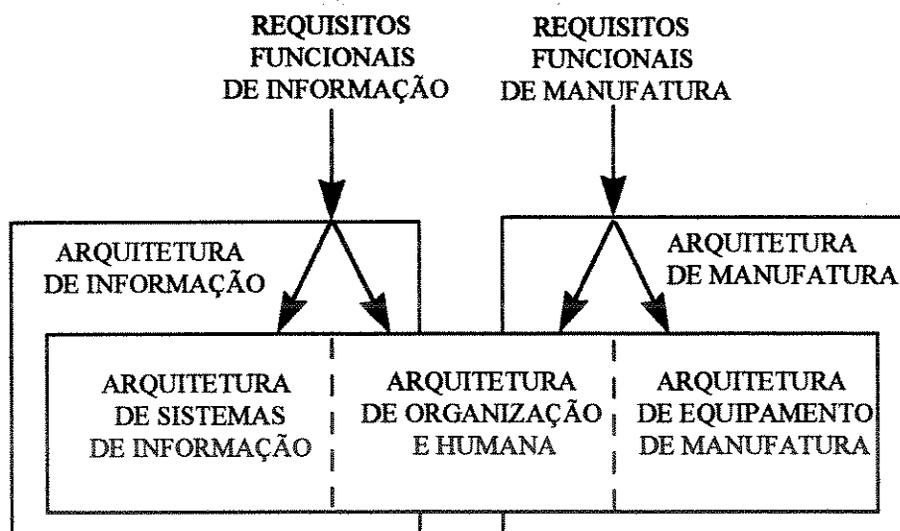


Figura A.10 - Derivação dos requisitos de informação e manufatura.

A.5 - ARIS (Architecture for Integrated Information Systems)

ARIS é uma arquitetura para sistemas de informações e tem sido desenvolvido na Universidade de Saarbrücken na Alemanha (Scheer, 1993). Sua estrutura geral é muito similar à CIMOSA, mas ela não focaliza em sistemas de manufatura integrada por computador. Ela dedica-se às tradicionais questões relacionadas com os negócios da empresa (tais como processamento de ordens, planejamento e controle da produção, controle de estoque, etc.). O foco é essencialmente em engenharia de software e aspectos organizacionais no projeto de

sistemas integrados de empresa. Ela é estruturada em quatro vistas e três níveis de modelagem. Os três níveis de modelagem são equivalentes aos de CIMOSA. As quatro vistas são: a vista de função, a vista de dados, a vista de organização e a vista de controle. Ela esta sendo utilizada principalmente na Alemanha e sendo suportada por uma ferramenta computacional chamada ARIS-TOOLSET.

A.6 - O MÉTODO IEM

O método IEM (Integrated Enterprise Modeling) esta sendo desenvolvido pelo Fraunhofer Institute em Berlin FhG-IPK (Mertins, 1995). Ele é desenvolvido como parte do programa Q-CIM suportado pelo DIN, o instituto de padronização alemã. Características básicas de IEM pode ser resumidas como (Vernadat, 1996):

- ele é baseada no SADT/IDEF utilizando o conceito de caixa de atividade;
- ele promove um método orientado à objetos para a definição das interfaces de entradas, saídas, controle e mecanismos das caixa de atividades;
- ele separa claramente os conceitos de atividades e processos (chamada cadeia de atividades);
- ele proporciona estruturas de controle chamadas operadores de concatenação para descrever o fluxo de controle de processos;
- ele pode ser aplicado para a definição de requisitos e especificação de projeto do sistema mas não proporciona um modelo de descrição da implementação;
- ele pode fornecer um modelo executável no nível de especificação de projeto para o propósito de simulações.

IEM utiliza o método orientado a objetos para modelagem de empresas mas considera apenas duas vistas principais: a vista de função e a vista de informação. Um modelo de função é derivada da vista de função. Ele indica quais funções deve ser executadas dentro de quais processos e relacionados a quais objetos. Ele também indica como as funções são decompostas (princípio de decomposição funcional). A vista de informação estrutura os objetos da empresa em classes e atributos. Ele identifica quais objetos existem e quais são as suas características. A característica mais original de IEM existe na classificação das classes de objetos usados. IEM define apenas três classes genéricas para todos os tipos de objetos da empresa: produtos, ordens, recursos.

Então a caixa de atividade de IEM, chamada de modelo de atividade genérica (ou IEM-GAM), é restringida pelo fato das entradas e saídas de função só podem ser objetos do tipo produto, ordem ou recurso, a entrada de controle é restringida a objetos do tipo ordem, e a entrada de mecanismo é restringida a objetos do tipo recurso.

O método de modelagem envolve as seguintes passos:

1. Identificação dos objetos a serem processados;
2. Identificação de funções as quais processam estes objetos.
3. Combinação de funções em cadeias de atividades. Estruturas pré-definidas podem ser selecionadas de um catálogo de modelos parciais. Funções são conectadas por meio de operadores de concatenação envolvendo:
 - (a) o operador seqüencial;
 - (b) o operador paralelo;
 - (c) o operador alternativo;
 - (d) o operador de junção; e
 - (e) o operador de *loop*.
4. Descrição de cada função de processo especificando todos objetos relacionados (definição de todas as entradas e saídas da caixa de atividades).
5. Decomposição de algumas das funções, se necessário.

A.7 - GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology)

GERAM (Williams, 1995) é desenvolvida pela força tarefa em arquiteturas para integração de empresa IFAC/IFIP como uma generalização das arquiteturas apresentadas anteriormente. Este trabalho tem como proposta selecionar o melhor dentre os trabalhos já realizados, e se não puder ser encontrado, propor o seu desenvolvimento. GERAM é construído basicamente através de resultados de CIMOSA, GIM e PERA, e após completo será submetido aos organismos internacionais de padronização. O propósito de GERAM é servir como referência para toda a comunidade envolvida com a área de integração de empresas fornecendo definições da terminologia, um ambiente de modelagem consistente, e uma metodologia detalhada, promovendo uma boa prática de engenharia para a construção de modelos reusáveis, testados e padronizados.

GERAM deverá ser constituída de sete maiores componentes:

- uma arquitetura de referência de empresa genérica (Generic Enterprise Reference Architecture - GERA) - fornecerá conceitos relacionados com empresas, com foco no ciclo de vida da empresa. Atualmente é proposto um ciclo de vida baseado no ciclo de vida de PERA e CIMOSA;
- uma metodologia para engenharia de empresa genérica (Generic Enterprise Engineering Methodology - GEEM) - é a descrição dos processos e atividades de um programa de integração de empresas. Será um conjunto de modelos de processos detalhados e bem documentados com guias para usuários fornecidas para cada passo do processo de modelagem;
- linguagens de modelagem de empresa genérica (Generic Enterprise Modeling Languages - GEMs) - conjunto de linguagens recomendadas para a modelagem e análise dos vários aspectos de uma empresa;
- ferramentas de modelagem de empresa genéricas (Generic Enterprise Modeling Tools - GEMTs) - conjunto de ferramentas para suporte à modelagem e análise de empresas. Atualmente são propostas para GEMs e GEMTs as linguagens IDEF, CIMOSA e a grade GRAI;
- modelos genéricos de empresas (Generic Enterprise Models - GEMs) - modelos captando conceitos que são comuns às empresas. Então, o processo de engenharia de empresa pode usá-los como componentes testados ou modelos parciais para construir um modelo de empresa específico;
- módulos de empresa genéricos (Generic Enterprise Modules - GEMs) - são produtos, os quais são implementações padrões de componentes, que podem ser usados na integração de empresas, tanto pelo projeto de integração de empresas como pela própria empresa. Módulos Genéricos podem ser configurados para formarem módulos mais complexos;
- teorias de empresa genéricas (Generic Enterprise Theories - GTs) - descrevem os aspectos mais genéricos de conceitos relacionados com empresas. Geralmente chamadas teorias ontológicas ou simplesmente ontologias, elas podem ser também consideradas como meta-modelos porque consideram fatos e regras sobre os fatos e regras de modelos de empresas.

GEMs, GTs e ontologias para GT devem ser desenvolvidos por GERAM.

A.8 - SADT (Structured Analysis and Design Technique)

A técnica SADT foi desenvolvida originalmente para a engenharia de software e não como um método para o projeto de sistemas CIM (Ross, 1985). Mais tarde, SADT tornou-se uma metodologia para a análise de problemas, definição de requisitos e especificação funcional para muitos domínios de aplicação. O objetivo de SADT não é resolver problemas, mas ajudar pessoas a se expressar, entender, manipular e checar elementos do problema.

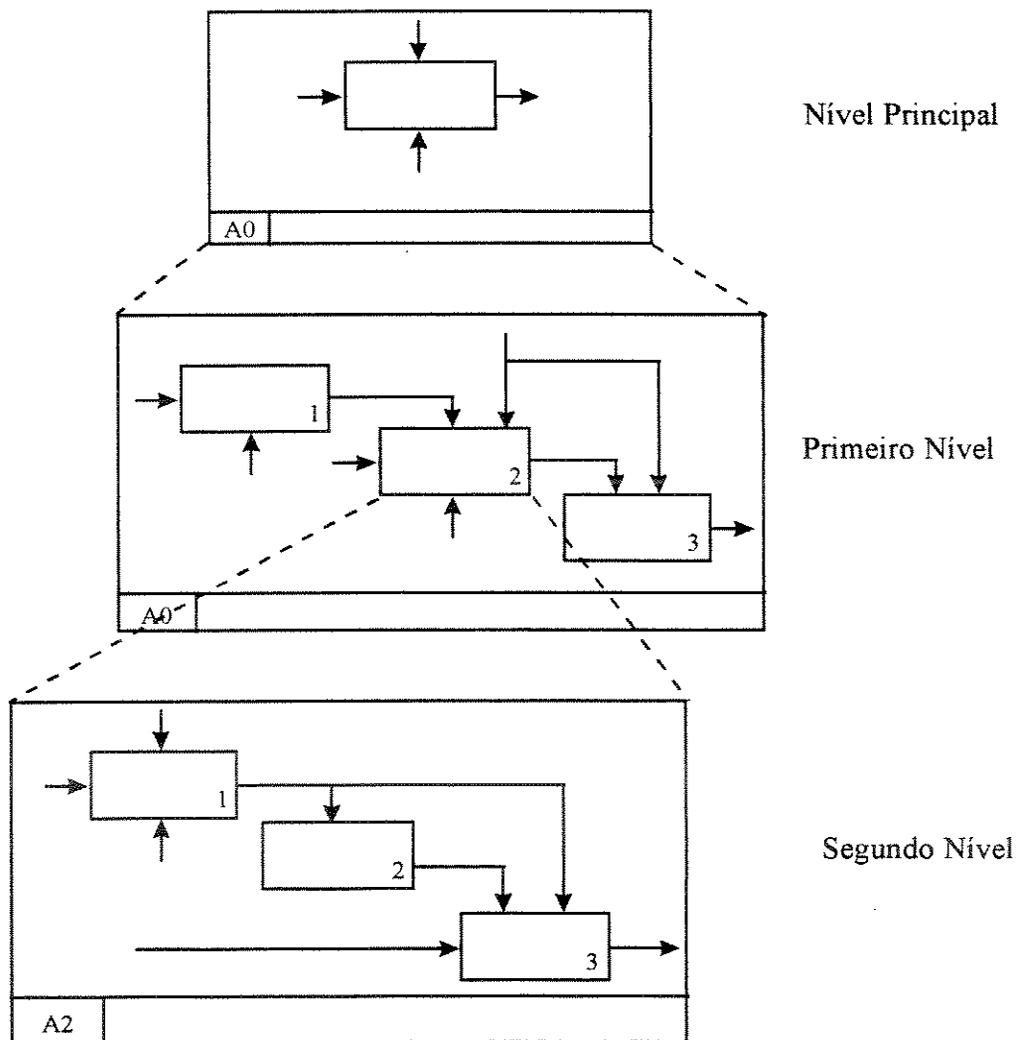


Figura A.11 - Decomposição funcional de SADT.

SADT é baseada numa metodologia estruturada para a decomposição de sistemas complexos em funções, subfunções, sub-subfunções e assim por diante (isto é, desenvolvimento de programas de software complexos em rotinas, subrotinas, sub-subrotinas e assim por diante). Este princípio é conhecido como decomposição funcional e pode ser aplicado à qualquer tipo de sistema (figura A.11). Este princípio foi adotado por quase todos

os métodos utilizando a análise funcional de sistemas. O método SADT consiste de duas principais partes:

- uma linguagem de diagrama (baseada em caixas e setas) para a análise estruturada;
- uma técnica de análise e projeto.

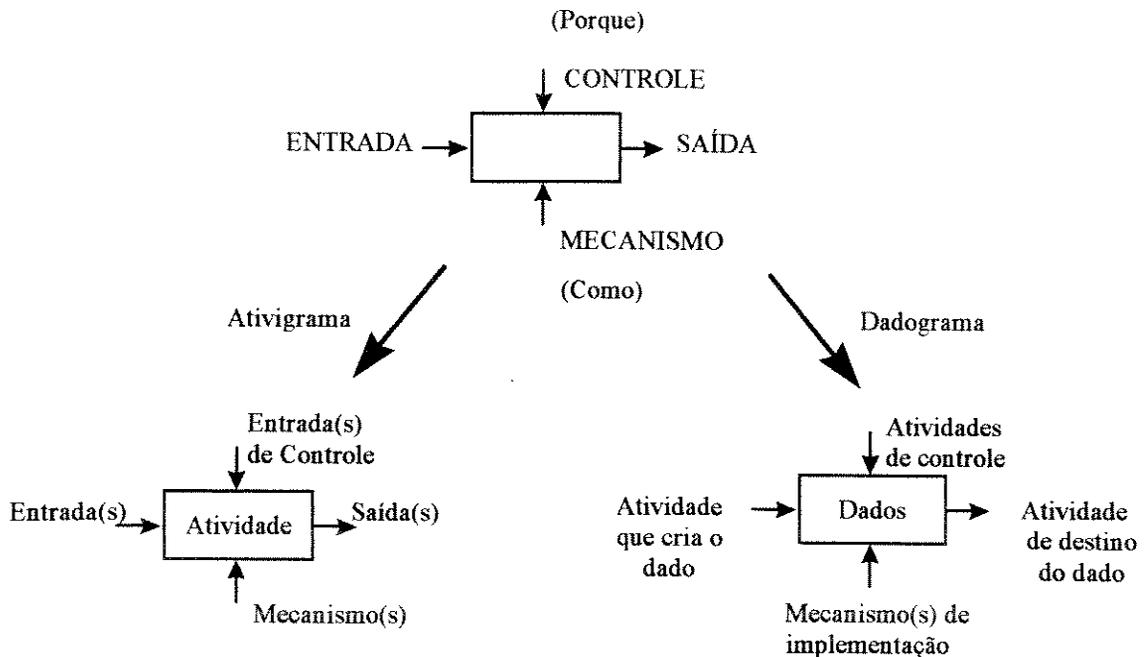


Figura A.12 - Caixas de análise de SADT.

A linguagem de diagramas é baseada em uma notação gráfica simples chamada caixa de análise estruturada (figura A.12). Este construtor possui uma natureza dupla: uma é chamada de ativigrama, que é utilizada para representar atividades (no caso de uma transformação), e a outra é chamada de dadograma que é utilizada para representar dados (no caso de análise de informações ou dados). Sua estrutura e significado são:

- a caixa representa a atividade a ser realizada (respectivamente o formulário ou dados a serem analisados);
- a seta do lado esquerdo da caixa representa os objetos de entrada da atividade, isto é, o que deve ser transformado (respectivamente, qual atividade produziu o formulário/dado);
- a seta de cima da caixa representa objetos de controle, isto é, objetos usados pela atividade, mas não modificados (atividades de controle sobre os dados);
- a seta do lado direito da caixa representa os objetos de saída da atividade, isto é, o que deve ser produzido ou transformado (atividades de destino dos formulários/dados);
- a seta de baixo representa mecanismos, isto é, recursos necessários (mecanismos que processam os formulários/dados).

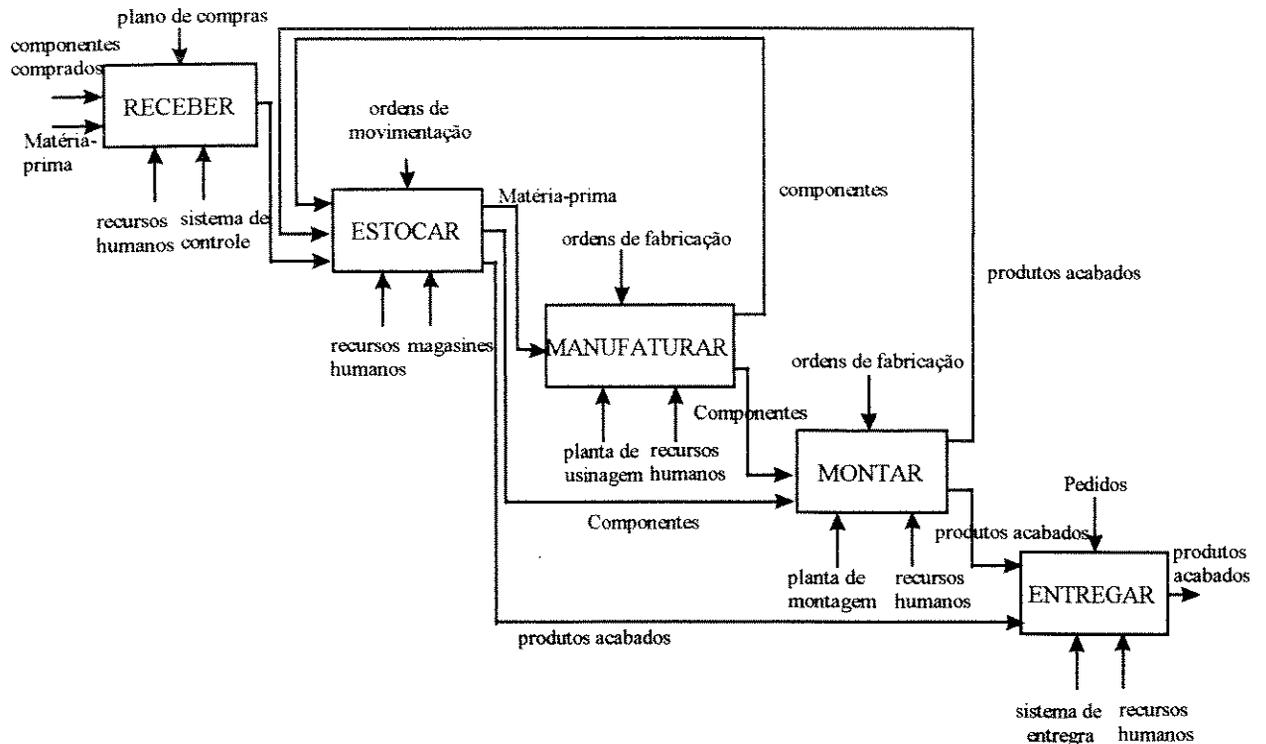


Figura A.12 - Exemplo de um modelo SADT.

Setas de entrada, de saída e de controle definem as interfaces da caixa enquanto que a seta de mecanismos define o suporte para execução. No caso de modelos de dados, o mecanismo define o canal de comunicação para o transporte ou distribuição de formulários/dados. A figura A.12 fornece um exemplo de um diagrama de atividades SADT.

A técnica SADT consiste de duas principais fases:

1. A fase de análise a qual envolve:
 - (a) a elaboração de atvigramas e dadogramas do sistema analisado. O nível superior é chamado A0;
 - (b) a definição das relações para cada tipo de diagrama;
 - (c) a modificação de diagramas de acordo com observações e sugestões feitas por usuários de negócios (especialistas de aplicação, porém não envolvidos diretamente na fase de modelagem);
 - (d) a análise do sequenciamento das atividades.

2. A fase de projeto começa depois da fase de análise quando todos os requisitos e restrições do sistema foram expressos. Ela consiste na detecção de anomalias no sistema modelado e propostas de correções para essas anomalias.

SADT tem sido utilizada para a descrição e especificação de sistemas funcionais, porém possui limitações para descrever sistemas dinâmicos complexos como sistemas de manufatura tais como:

- não manuseia fluxos mas sim dependências. Isto significa que setas de entrada e saída conectando atividades definem interfaces entre essas atividades e não fluxo de objetos;
- não fornece a descrição do comportamento dinâmico. Em particular, o fluxo de controle governando processos e tempo não são incluídos em SADT;
- é semanticamente impreciso. A natureza dos objetos de entrada e saída não é definida e a semântica de setas não são sempre claras;
- não fornece um modelo processável computacionalmente visando simulações ou sua utilização para o monitoramento ou controle de processos reais da empresa;
- pode levar à criação de ilhas de automação dentro de um ambiente CIM devido ao seu método de decomposição funcional.

Então SADT é uma técnica útil para posicionar um problema e começar a análise pela identificação das maiores funções de um sistema. Ela deve ser completada por uma técnica mais detalhada e precisa para o projeto e especificação do sistema.

A.9 - Métodos IDEF (ICAM Definition Method)

IDEF foi desenvolvido como parte do programa ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) da Força Aérea dos Estados Unidos no início da década de 80 (ICAM, 1981). Ele foi um esforço para estender a técnica de modelagem SADT para modelar empresas CIM. Desde então, tornou-se o mais conhecido e usado método para a modelagem de empresas devido à sua simplicidade. Originalmente o método IDEF compreende três técnicas de modelagem não integradas: IDEF0, IDEF1x e IDEF2.

IDEF0 é baseado na técnica SADT, mas faz uso apenas de ativigramas ou caixas de atividades SADT (figura A.13(a)). Regras de projeto de SADT aplicam-se a IDEF0. IDEF1x é utilizada para a modelagem de dados e baseia-se na forma primitiva do modelo entidade

relacionamento (figura A.13(b)). Cada objeto de informação é modelado com uma entidade. Entidades podem ser conectadas por linhas nomeadas representando relacionamentos. IDEF2 modela o comportamento dinâmico da empresa usando uma notação gráfica derivada da teoria de rede de filas (figura A.13(c)). IDEF foi recentemente estendido com IDEF3 para a modelagem do comportamento da empresa e IDEF4 para a definição de ontologias.

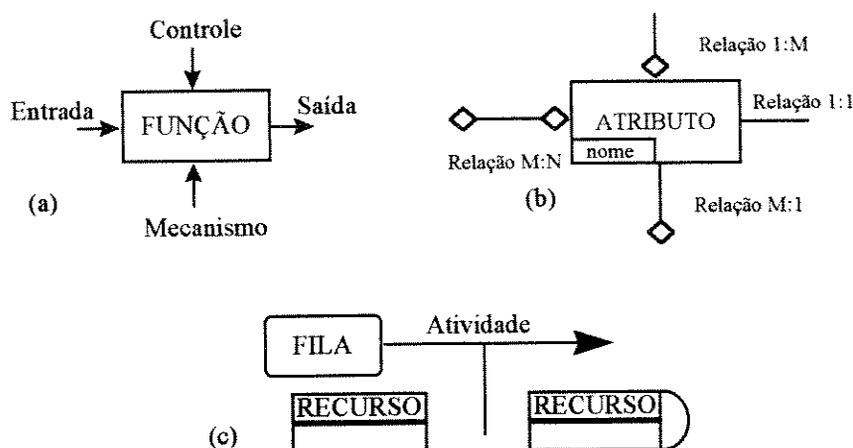


Figura A.13 - Notações gráficas de IDEF0 (a), IDEF1x (b) e IDEF2 (c).

Vantagens do método IDEF incluem:

- é simples e fácil de entender; e
- ele é suportado por várias ferramentas computacionais comercialmente disponíveis.

Desvantagens:

- possui muitas das desvantagens de SADT;
- modelagem da informação é limitada para o projeto completo de um sistema de informações;
- ele produz um modelo estático que não pode ser computacionalmente processável;
- modelagem do comportamento do sistema é mal definida (IDEF2) e a análise do comportamento deve ser realizada com outras ferramentas como rede de Petri.
- ele consiste de três modelos não integrados onde os aspectos da empresa podem ser modelados duas vezes e não existem verificações consistentes entre modelos.

Assim como SADT, o conjunto de métodos IDEF (principalmente IDEF0 e IDEF1x) pode ser utilizado para a engenharia de sistema no nível de análise de requisitos, mas é muito limitado para o projeto detalhado e validação de processos no nível de engenharia.

A.10 - MÉTODOS ORIENTADOS A OBJETOS

O método orientado a objeto é uma ferramenta de modelagem poderosa e universal, apesar de ser baseada em apenas um construtor de modelagem: o objeto (Rumbaugh, 1991). Este paradigma é sugerido para a modelagem de empresas como também para sistemas de manufatura. A principal característica do método de modelagem orientado a objetos é a encapsulação combinando a modelagem funcional e a modelagem de informação em um paradigma unificado. Objetos possuem um estado (uma estrutura de dados), e possivelmente possui um comportamento (conjunto de operações executáveis chamados métodos, representando sua funcionalidade). Eles descrevem coisas abstratas ou concretas da empresa. Todo o modelo é definido como um conjunto de objetos comunicantes.

Em termos de modelagem de empresas, a maior vantagem e originalidade de métodos orientados a objetos são o mecanismo de herança de propriedades e a reutilização de modelos. A propriedade de herança consiste em reunir propriedades comuns de objetos da empresa como uma super-classe de objetos para evitar repetição. Estes grupos de propriedades podem ser reutilizados em outros objetos. Ainda, objetos podem ser reutilizados de um modelo para outro, diminuindo o tempo de modelagem. Apesar de bem estabelecido e largamente utilizado em ciência de computação, o método orientado a objeto pode parecer algo não natural para usuários de negócios na modelagem de sua empresa. Assim, não é suficiente dizer que tudo é objeto. Conceitos familiares para usuários de negócios como processos, produtos, e recursos não estão presentes no paradigma de orientação a objeto e devem ser definidos como objetos específicos. Ainda, a encapsulação pode criar problemas quando deve-se decidir se uma funcionalidade (chamada método) deve pertencer a um ou outro tipo de objeto, quando ambas as opções são possíveis. O método orientado a objeto enfatiza o conceito de objeto enquanto a modelagem de empresa enfatiza o conceito de processo. Então, a solução é criar classes relevantes de objetos para construir modelos de empresa de senso comum para os usuários. IEM (Integrated Enterprise Modeling) propõe três classes genéricas: produto, ordem e recurso. Apesar da grande quantidade de literatura advogando o uso do método orientado a objetos para a modelagem de empresas de manufatura, taxonomias sólidas de classes ainda precisam ser definidas e aceitas pelos usuários. Em outras palavras, o método orientado a objeto pode ser considerado uma ferramenta para a modelagem de empresas e não um método.

A.11 - MODELAGEM DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES

Metodologias de sistemas de informação influenciaram muito as metodologias para a modelagem de empresas. Várias metodologias foram utilizadas para o projeto e análise de sistemas CIM como o caso de SSAD (Structured System Analysis and Design), SADT ou IDEF. Porém, isto limita o modelo da empresa. Como mencionado anteriormente, a modelagem de empresa compreende outras dimensões além das de função e de informação. Metodologias para projeto e análise de sistemas de informações são empregadas para a modelagem da informação e do esquema de banco de dados de uma empresa. A seguir é apresentada como exemplo, a metodologia M*-Object para o projeto de Sistemas de Informações e a linguagem EXPRESS utilizada para especificação de esquema conceitual de dados.

A.12 - Metodologia M* e M*- Object

A metodologia M* (Berio, 1995), inicialmente projetada baseando-se no modelo entidade-relacionamento, recentemente foi modificada para o método orientado à objetos, resultando na metodologia M*-Object. Ela possui três fases (figura A.13):

A.12.1 - Análise da Organização

Informações devem servir a funções. Isto significa que, para modelá-las as funções da empresa devem ser analisadas antes do sistema de informação. Assim, os objetivos da fase de análise da organização são:

- (1) modelar de modo global, porém não detalhadamente, áreas funcionais da empresa para definir uma estratégia CIM. Assim, modela-se os atuais processos de negócios da empresa (modelo AS-IS) e após pode-se projetar os futuros processos considerando o novo sistema (modelo TO-BE);
- (2) avaliar o impacto da integração em toda a empresa e encontrar um caminho de migração do estado AS-IS para o estado TO-BE; e
- (3) estabelecer o ambiente e os requisitos para o sistema de informação do sistema CIM.

Então, o objetivo é produzir um modelo da organização integrada, definindo os requisitos da empresa. Isto é equivalente à realizar a modelagem da empresa. A análise da organização cobre:

- aspectos funcionais (descrevendo a funcionalidade da empresa);
- aspectos de informação (descrevendo o fluxo de informação); e
- aspectos de comportamento da empresa (descrevendo o fluxo de controle dos processos de negócios).

A fase de análise da organização de M^* é baseada no *modelo de organização* onde subconjuntos da empresa, chamados de *ambientes*, são modelados em termos de *redes de organização* relacionando *vistas de objetos* a *funções*.

Uma rede de organização é um modelo causal e descritivo de parte da empresa. Ele é feito de vistas de objetos (representadas por círculos) e funções (representadas por barras) sendo que funções indicam como vistas de objetos são usadas, consumidas, processadas ou produzidas. Ela é usada pela análise AS-IS da empresa (descrevendo o estado atual) e pela análise TO-BE (descrevendo o novo estado desejado).

Vistas de objetos representam aparências externas ou o estado dos objetos da empresa (concretos ou abstratos) como elas são percebidas e descritas pelos usuários e aplicações. Vistas de objetos em M^* podem pertencer à quatro classes genéricas, possuindo diferentes representações gráficas: mensagens (ou eventos), informações (elementos de informação, arquivos de dados, formulários, telas de vídeo e textos), materiais (matéria-prima, componentes ou produtos), e recursos (ferramentas, fixações, máquinas, pessoas, ou programas de aplicativos).

Funções representam tarefas (ou funcionalidades), isto é, coisas da empresa a serem feitas com suas entradas e saídas definidas como vistas de objetos. Uma descrição da tarefa, descrevendo as operações da função, pode ser obtida de usuários, manuais ou procedimentos. Restrições podem ser impostas às funções (definidas como condições de guarda). Uma função de uma rede em um determinado nível pode ser descrita como uma rede de organização em um nível mais detalhado, criando uma estrutura funcional hierárquica. Funções significam atividades e processos. O modelo de organização cobre o fluxo de controle, de informação, e de materiais.

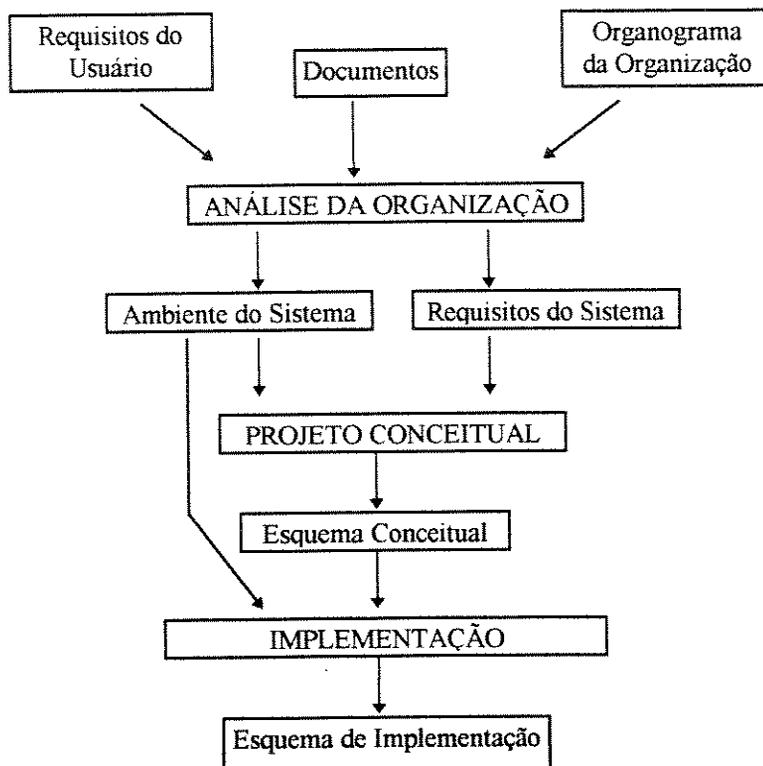


Figura A.13 - Arquitetura geral da metodologia M*-Object.

A.12.2 - Projeto Conceitual

A fase de Projeto Conceitual é usada para analisar a descrição organizacional (o ambiente do sistema e os requisitos do sistema) e construir uma especificação (ou esquema) conceitual do ambiente da empresa. Assim, o esquema conceitual é uma especificação executável das características estáticas e dinâmicas da empresa. Informações estáticas se referem à estrutura de dados e às restrições de integridade que o dado necessita satisfazer. Informações dinâmicas referem-se ao comportamento da empresa, isto é, operações realizadas sobre os dados e os relacionamentos de causa existentes entre elas. Assim, o esquema conceitual consiste do esquema de dados e um conjunto de processos executados no banco de dados. Nesta fase é proposto o uso de redes de Petri de alto nível, como o modelo de Redes de Dados e Processos (Process and Data Nets, PDN).

A.12.3 - Projeto de implementação

Esta fase está relacionada com a descrição da implementação do esquema interno do sistema de informação. O esquema interno é feito de (i) um modelo de informação e de (ii) transações implementadas sobre o banco de dados consistindo de unidades de processamento

de dados do modelo de informação implementado. Transações sobre o banco de dados podem ser usadas por programas de aplicação ou usuários do sistema de informação. O modelo de informação é implementado através de um ou mais esquema físico de banco de dados (estruturas de dados, índices, restrições de integridade e direitos de acesso) a ser implementado em sistemas de gerenciamento de banco de dados comerciais (SGBDs) usados pelo sistema de manufatura. Então o objetivo desta tarefa é transformar o esquema conceitual da fase anterior em uma ou mais implementações de modelos de dados (usando o modelo relacional, modelo hierárquico, modelo de redes ou modelo orientado a objeto).

A.13 - EXPRESS

A linguagem EXPRESS é uma linguagem declarativa especialmente projetada para a especificação de esquema de dados para o propósito do projeto STEP (Bouazza, 1995a). Ela consiste de construtores de linguagem os quais permitem a definição de objetos e especificações de restrições nos objetos sem ambigüidade. Objetos são chamados entidades. A definição de entidades é independente da implementação. Por estas razões EXPRESS está tornando-se uma linguagem popular para especificação formal na comunidade CIM.

EXPRESS não é uma linguagem de programação. Originalmente, ela foi baseada no modelo entidade-relacionamento estendido. Recentemente, ela foi modificada para receber características de modelo orientado a objeto. Ela é suportada por uma sintaxe de linguagem formal (a linguagem EXPRESS) e uma notação gráfica (EXPRESS-G, baseada no IDEF1x). Construtores básicos da linguagem EXPRESS incluem: *schema*, *entity*, *type*, *function*, *procedure*, e *rule*. Uma breve explicação de cada um deles é dada a seguir:

Schema

O construtor *schema* é usado para estruturar o esquema conceitual em EXPRESS em módulos ou subseções pelo encapsulamento de um conjunto de entidades. *Schema* podem conter outros *schema*. A sintaxe para *schema* é apresentada pelo seguinte exemplo sobre primitivas geométricas:

```

SCHEMA GEO_primitivas;
  SCHEMA pontos END_SCHEMA;
  SCHEMA linhas END_SCHEMA;
  SCHEMA circulos END_SCHEMA;
END_SCHEMA;

```

Entity

Entity (entidade) é um construtor central da linguagem EXPRESS que descreve unidades relevantes de informação da linguagem EXPRESS. Ele é similar a classe de entidades do modelo entidade-relacionamento estendido. Um construtor *entity* é constituído de atributos. A sintaxe do construtor *entity* compreende uma seção opcional para definir uma classe de entidade como um supertipo (*supertype*) ou um subtipo (*subtype*) de outras classes de entidade (na qual ‘supertipo_express’ é uma lista de nomes de tipos EXPRESS ou classes de entidade e ‘entidade_ref’ são nomes de classes de entidade (ver exemplo a seguir). As declarações de atributos de uma entidade são separadas por ponto e vírgula (;). Cada atributo é definido por seu nome (‘nome_atr’) e tipo de dado (‘tipo_atr’). Um atributo pode ser opcional significando que ele é um atributo parcial (ele pode ter valores nulos ou indefinidos). A declaração opcional DERIVE é usada para definir atributos os quais são derivados de outros atributos. A declaração INVERSE é usada para definir ligações inversas para atributos de relacionamentos específicos (‘atr_ref’) de outras classes (‘entidade_ref’). A cardinalidade do relacionamento pode ser expressa pelo par (li:ls), onde ‘li’ define um limite inferior e ‘ls’ define um limite superior e representam cardinalidades mínimas e máximas. A declaração opcional UNIQUE é usada para definir atributos usados como chaves para uma entidade. A declaração opcional WHERE é usada para definir restrições de integridade local em atributos de entidades, definidas como expressões lógicas (‘expressão_log’). Expressões lógicas são combinações de expressões aritméticas usando operadores booleanos AND, OR, NOT. Expressões aritméticas são expressões usando operadores clássicos tais como =, +, -, *, /, >, <, <>.

```

ENTITY nome
  [[ABSTRACT] SUPERTYPE [OF (supertipo_express)]]
  [SUBTYPE OF (entidade_ref1 [,entidade_ref2]...)];
  [nome_atr: [OPTIONAL] tipo_atr;] ...
  [DERIVE (nome_atr: tipo_atr := expressão;) ...]
  [INVERSE(nome_atr:[(SET/BAG)(li:ls)]OF] entidade_ref FOR atr_ref;) ...]
  [UNIQUE ([label:] qual_ref1 [,qual_ref2] ...;) ...]
  [WHERE ([label:] expressão_log;) ...]
END_ENTITY;

```

Herança

EXPRESS permite herança múltipla, isto é, herança de mais de um supertipo. Subtipos são generalizados em supertipos. Isto significa que:

- um exemplo de um subtipo é sempre um exemplo de seus supertipos, e
- um subtipo herda de seus supertipos seus atributos e restrições.

Tipos estendidos

O tipo estendido de subtipos de um supertipo fornece um mecanismo na qual subtipos podem ser sobrepostos ou disjuntos. Para fazer isto, os modificadores ONEOF, ANDOR, e AND podem ser usados na expressão de supertipo ('supertipo_express') da declaração SUPERTYPE OF.

Tipos de dados simples

EXPRESS fornece um conjunto de tipos de dados básicos para declarar atributos como aqueles encontrados geralmente em linguagens de programação. Eles são: INTEGER, REAL, NUMBER, LOGICAL, BOOLEAN, STRING, BINARY, GENERIC.

Agregação

Em complemento aos tipos de dados básicos, EXPRESS fornece tipos de agregação, isto é, tipos usados para declarar atributos multi-valores tal como listas e conjuntos. Estes tipos são SET, BAG, LIST, ARRAY and AGGREGATE.

Tipos definidos

Estes são tipos definidos pelos usuários declarados por meio da declaração TYPE e construído de outros tipos (exceto GENERIC, AGGREGATE, e SELECT). Eles são definidos pelo seu nome (dado pelo usuário) e seu tipo. Eles podem ter uma declaração WHERE para restringir o domínio de valores por meio de uma expressão lógica. Eles são declarados por:

```
TYPE
  nome = tipo
  [WHERE ([label:] expressão_log;) ...]
END_TYPE;
```

Tipo ENUMERATION

Esta declaração permite que uma variável tenha seu valor de uma lista não ordenada de valores nomeados 'nome_en'. Uma declaração opcional WHERE pode ser usada. Ele é declarada por:

```
TYPE
nome = ENUMERATION OF
(nome_en1, [, name_en2] ...);
[WHERE ([label:] expressão_log;) ...]
END_TYPE;
```

Tipo SELECT

Este tipo de declaração é usado em um tipo definido pelo usuário para indicar uma seleção de uma lista de tipos alternativos; alguns desses podem também ser tipos de entidades. Ainda, a declaração opcional WHERE pode ser usada com uma expressão lógica definindo uma restrição no conjunto de valores ou restrições de integralidades locais. Seu uso é definido pela sintaxe:

```
TYPE
nome = SELECT (tipo1 [,tipo2]...);
[WHERE([label:] expressão_log;) ...]
END_TYPE;
```

RULE

Existem restrições as quais não podem ser definidas como regras locais (isto é, usando a declaração WHERE em TYPE ou ENTITY) porque a regra de restrição abrange toda classe de entidades ou se aplica sobre várias classes de entidades. EXPRESS fornece a possibilidade de definir regras de integridade global através do construtor RULE.

FUNCTION e PROCEDURE

Funções e procedimentos podem ser declarados em EXPRESS para definir o tratamento certos valores. Funções possuem um tipo e retornam um valor enquanto que procedimentos são aplicados em uma lista de parâmetros de entrada e saída. Eles possuem uma sintaxe similar, onde no exemplo a seguir, 'lista_parametros' é uma lista de parâmetros formais, 'declarações_locais' é usado para definir variáveis locais, 'corpo_código' contém o código da função ou procedimento como um conjunto de declarações similar a linguagem de programação PASCAL (um bloco de declarações é delimitado por BEGIN e END).;

```
FUNCTION nome_função (lista_parametros): tipo;  
  [LOCAL declarações_locais  
  END_LOCAL;]  
  corpo_código  
- contém grupos de declarações (limitados por BEGIN e END se composto)  
END_FUNCTION;
```

Comentários podem ser incluídos nas especificações EXPRESS. Eles podem ser definidos de dois modos: tanto por um texto delimitado por ‘*’, como pelo prefixo ‘-’ para anotar uma observação específica (exemplo acima). Entidades podem ser comparadas com os operadores ‘:=’ para igualdade e ‘:< >’ para desigualdade. Finalmente, diretivas podem ser usadas no início da especificação de esquemas de dados como por exemplo usando entidades de outro esquema de nome ‘nome_schema’ com a diretiva “ASSUME (nome_schema)” e incorporando esquemas ou entidades armazenadas em um arquivo ‘nome_arquivo’ usando a diretiva “INCLUDE (nome_arquivo)”.

ANEXO B

Gabaritos do Modelo

DOMAIN

Name: Planejamento_Controlo_Produção

Identifier: DM-01

Type: Planejamento

Design Authority: Renato de Campos

DOMAIN DESCRIPTION: Este domínio é relativo aos processos de planejamento e controle da produção para o médio e longo prazo.

DOMAIN OBJECTIVES: Planejar e controlar a produção da empresa ao nível de empresa e corporação segundo as metas da direção.

DOMAIN CONSTRAINT: Restrições de capacidades de produção e investimentos.

DOMAIN PROCESSES: PD-01 Planejamento_Agregado

PD-02 Planejamento_Recursos

PD-03 Controle_Empresa

PD-04 Tratamento_Pert_Emp

DOMAIN BOUNDARY:

RD-01 Planejamento_Direcao

RD-02 Planejamento_Gestao_Custos

RD-03 Planejamento_Gestao_Material

RD-04 Planejamento_Supervisao_Fabrica

RD-05 Planejamento_Projeto

RD-06 Planejamento_Gestao_Recursos

RD-07 Planejamento_Vendas

Gabarito 1 - Domínio Planejamento_Controlo_Producao.

DOMAIN

Name: Supervisao_Fabrica
Identifier: DM-02
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

DOMAIN DESCRIPTION:

Este domínio é relativo aos processos de supervisão e controle da produção ao nível de fábrica, incluindo a distribuição de operações (DP-5 Programacao), monitoramento e armazenamento de dados de produção de fábrica (DP-6 Controle_Fabrica), e reação às perturbações de fábrica (DP-7 Tratamento_Pert_Fab).

DOMAIN OBJECTIVES: Distribuir operações aos recursos de produção, controlar e supervisionar a produção ao nível de fábrica, tendo como objetivo o plano de produção estabelecido pelo processo de planejamento de recursos.

DOMAIN CONSTRAINT: Restrições relativas ao estado do chão de fábrica e disponibilidades de estoque.

DOMAIN PROCESSES:

PD-05 Programação
 PD-06 Controle_Fabrica
 PD-07 Tratamento_Pert_Fab

DOMAIN BOUNDARY:

RD-04 Planejamento_Supervisao_Fabrica
 RD-08 Supervisao_Fabrica_Projeto
 RD-09 Supervisao_Fabrica_Manutenção
 RD-10 Supervisao_Fabrica_Transporte
 RD-11 Supervisao_Fabrica_Gestão_Material
 RD-12 Supervisao_Fabrica_Unidade

DOMAIN

Name: Supervisao_Unidade
Identifier: DM-03
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

DOMAIN DESCRIPTION: O domínio Supervisao_Unidade agrupa os processos relativos a supervisão, controle e coordenação da produção local de uma unidade de produção, segundo o seu plano de carga. Os três processos considerados são: a liberação de ordens de operações (PD-8), controle da produção da unidade (PD-10) e tratamento de perturbações (PD-9).

DOMAIN OBJECTIVES: Supervisionar, controlar e coordenar a produção segundo o conjunto de operações do Plano de Carga da respectiva unidade.

DOMAIN CONSTRAINT: Restrições técnicas e de tempo especificadas nas operações do plano de carga.

DOMAIN PROCESSES:

PD-8 Liberação
PD-9 Tratamento_Pert_Unid
PD-10 Controle_Unidade

DOMAIN BOUNDARY:

RD-12 Supervisao_Fabrica_Unidade
RD-13 Supervisao_Unidade_Manufatura
RD-14 Supervisao_Unidade_Manutenção
RD-15 Supervisao_Unidade_Transporte

Gabarito 3 - Domínio Supervisao_Unidade.

DOMAIN

Name: Manufatura
Identifier: DM-04
Type: Manufatura
Design Authority: Renato de Campos

DOMAIN DESCRIPTION: O domínio Manufatura refere-se aos processos de controle e de fabricação da célula de montagem.

DOMAIN OBJECTIVES: Executar as operações de manufatura segundo ordens do supervisor local da unidade.

DOMAIN CONSTRAINT: Restrições de tempos e qualidade especificados nas ordens de fabricação.

DOMAIN PROCESSES:

PD-11 Controle_ Montagem
PD-12 Montagem

DOMAIN BOUNDARY:

RD-13 Supervisao_Unidade_Manufatura
RD-16 Manufatura_Transporte

Gabarito 4 - Domínio Manufatura.

DOMAIN RELATIONSHIP

Name: Planejamento_Supervisao_Fábrica
Identifier: RD-4
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION:

DOMAIN 1 NAME: Planejamento_Controlo_Producao
DOMAIN 2 NAME: Supervisao_Fabrica

INVOLVED OBJECTS VIEWS

Identifier: VO- 30
Name: Plano_Producao
FROM: Planejamento_Controlo_Producao
TO: Supervisao_Fabrica

Identifier: VO- 126
Name: Inf_Produção
FROM: Supervisao_Fabrica
TO: Planejamento_Controlo_Producao

Identifier: VO- 62
Name: Inf_Pertubacao
FROM: Supervisao_Fabrica
TO: Planejamento_Controlo_Producao

INVOLVED EVENTS:

Identifier: EV- 52
Name: Pert_Fabrica
FROM: Supervisao_Fabrica
TO: Planejamento_Controlo_Producao

Identifier: EV- 33
Name: Fim_PR
FROM: Planejamento_Controlo_Producao
TO: Supervisao_Fabrica

DOMAIN PROCESS

Name: Planejamento_Agregado
Identifier: PD- 01
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Determinar um plano de produção de longo prazo visando a determinação de necessidades de recursos críticos e orientar as decisões de planejamento de médio e curto prazo.

CONSTRAINTS: Respeitar as capacidades de produção, estoque e investimentos.

DESCRIPTION:

O Planejamento Agregado (PD-01) deve realizar o planejamento da produção, baseado em dados agregados (como para a capacidade de fábrica e previsão da demanda) em um horizonte de um ano e período de um mês. Para este processo os decisores utilizam-se do Programa de Planejamento Agregado e do banco de dados para planejamento.

O processo de planejamento agregado inicia-se com a geração de planos de produção e estoque para possíveis cenários, considerando capacidades e níveis de atendimento à demanda prevista (AE-011). Nesta atividade utiliza-se o programa para planejamento PPA. Após, os custos necessários para a realização desses planos são calculados (AE-012). Os planos gerados e as necessidades de investimentos em recursos são analisados e o plano mais conveniente (isto é, o plano que melhor atenda os objetivos e restrições da empresa) é aprovado (AE-013). Caso nenhum dos planos seja considerado conveniente, pode-se gerar novas propostas de planos. Se ainda assim não se obtiver uma solução satisfatória, este fato deve ser comunicado ao setor comercial e direção da empresa.

Triggering Events: EV-1 Fim_Per_PA
 EV-2 Repl_Agreg

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Fim_Per_PA OR Repl_Agreg)	DO	Gerar_Propostas_PA
WHEN (ES (Gerar_Propostas_PA) = Fim_GP)	DO	Definir_Nec_Recursos_PA
WHEN (ES (Definir_Nec_Recursos_PA) = Fim_DR)	DO	Analisar_Propostas_PA
WHEN (ES (Analisar_Propostas_PA) = PA_OK)	DO	Finish
WHEN (ES (Analisar_Propostas_PA) = PA_Nok)	DO	Finish
WHEN (ES (Analisar_Propostas_PA) = Repl_PA)	DO	Gerar_Propostas_PA

END PROCESS**COMPONENTS:**

AE-011 Gerar_Propostas_PA
 AE-012 Definir_Nec_Recursos_PA
 AE-013 Analisar_Propostas_PA

DOMAIN PROCESS

Name: Planejamento_Recursos
Identifier: PD-02
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Determinar o Plano de Produção e o Plano de Compras, (necessidades líquidas em materiais e recursos de manufatura) para o médio prazo.

CONSTRAINTS: Restrições de capacidades de produção, estoque e investimentos

DESCRIPTION:

Este processo de domínio inicia-se com a desagregação do primeiro período do Plano Agregado, em um plano especificado em termos de produtos finais (AE-31). Após, é realizada a otimização desse plano desagregado através do programa RETRA determinando datas para os processos críticos pertencentes a fabricação de cada produto (AE-32). Através de uma análise de capacidades e cargas, é verificada a necessidade de ajustes (AE-33). Caso seja necessário, soluções são pesquisadas e propostas ajustes (AE-35). O novo conjunto de informações (com os ajustes propostos) é considerado para a determinação de um plano factível, utilizando-se novamente o programa RETRA para sua otimização (AE-36). Se durante a análise de capacidades e cargas (AE-33), não for detectada a necessidade de ajustes, o plano otimizado é aprovado. Após, é realizado o planejamento detalhado desse plano ótimo através do programa PRODCON, resultando no plano de produção e de compras (AE-34). O processo pode terminar com um Plano de Produção que satisfaça toda a demanda requisitada pelo setor de vendas ou não.

Triggering Events: EV-03 Fim_Per_PR
 EV-04 Repl_Recursos
 EV-11 Fim_PA

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Fim_Per_PR OR Repl_Recursos OR Fim_PA)
 DO Desagrega_PA
 WHEN (ES (Desagrega_PA) = Fim_Desag)
 DO Otimizar_Planos
 WHEN (ES (Otimizar_Planos) = Fim_OP)
 DO Analise_Capacidade_Carga
 WHEN (ES (Otimizar_Plano_Ajustado) = Ajuste)
 DO Analise_Capacidade_Carga
 WHEN (ES (Analise_Capacidade_Carga) = Req_Ajuste)
 DO Ajuste_Capacidade_Carga
 WHEN (ES (Analise_Capacidade_Carga) = Cap_OK)
 DO Calculo_de_Necessidades
 WHEN (ES (Analise_Capacidade_Carga) = Cap_Nok)
 DO Calculo_de_Necessidades
 WHEN (ES (Calculo_de_Necessidades) = PR_OK)
 DO Finish
 WHEN (ES (Ajuste_Capacidade_Carga) = Ajuste_OK)
 DO Otimizar_Plano_Ajustado
 WHEN (ES (Ajuste_Capacidade_Carga) = Ajuste_Nok)
 DO Calculo_de_Necessidades
END PROCESS

COMPONENTS:

AE-31 Desagrega_PA
 AE-32 Otimizar_Planos
 AE-33 Analise_Capacidade_Cargas
 AE-34 Calculo_de_Necessidades
 AE-35 Ajuste_Capacidade_Carga
 AE-36 Otimizar_Plano_Ajustado

DOMAIN PROCESS

Name: Controle_Empresa
Identifier: PD-04
Type: Controle
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Receber e tratar dados de produção de fábricas para controle do plano agregado e plano de produção.

CONSTRAINTS:

DESCRIPTION:

Este processo consiste na atividade de monitoramento e armazenagem dos dados de produção das fábricas da empresa, e detecção de atrasos na fabricação dos produtos que possam levar ao não atendimento dos prazos de entrega ou desvios de metas fixadas pelos plano agregado e plano de produção.

Triggering Events: EV-06 Controle_Emp

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Controle_Emp)	DO	Monitora_Dados_Empresa
WHEN (ES (Monitora_Dados_Empresa) = Fim_Cont)	DO	Finish

END STATUS**COMPONENTS:**

AE- 61 Monitora._Dados_Empresa

Gabarito 8 - Processo de Domínio Controle_Producao.

DOMAIN PROCESS

Name: Tratamento_Pert_Emp
Identifier: PD-03
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Determinar ações como resposta às perturbações ao nível de planejamento da Empresa.

CONSTRAINTS:

DESCRIPTION:

Este processo consiste em identificar o tipo de perturbação, propõe possíveis ações baseadas no histórico de tratamento de perturbações da empresa e fornece ao decisor possíveis soluções utilizando o sistema SYCORO (AE-51). O decisor analisa as possíveis soluções em função do estado da empresa e define uma ou mais ações (AE-52).

Triggering Events:

- EV-51 Pert_Prod_Emp
- EV-52 Pert_Fabrica
- EV-53 Pert_Capacidade
- EV-54 Pert_Demanda
- EV-55 Pert_Estoque

PROCESS BEHAVIOR:

WHEN (START WITH (Pert_Fabrica OR Pert_Prod_Emp OR Pert_Estoque OR Pert_Demanda OR Pert_Capacidade)	DO	Analisar_Perturbacao
WHEN (ES (Analisar_Perturbacao) = Fim_Diag)	DO	Definir_Acoes_Corretivas
WHEN (ES (Definir_Acoes_Corretivas) = Tr_OK)	DO	Finish
WHEN (ES (Definir_Acoes_Corretivas) = Tr_Nok)	DO	Finish

END PROCESS

COMPONENTS:

AE-51 Analisar_Perturbacao
AE-52 Definir_Acoes_Corretivas

DOMAIN PROCESS

Name: Controle_Fabrica
Identifier: PD-06
Type: Controle
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Monitorar e armazenar as informações de produção das unidades, e detectar perturbações referentes ao Programa de Produção planejado para a fábrica.

CONSTRAINTS:

DESCRIPTION:

Este processo consiste em monitorar e armazenar os dados de produção das unidades da fabrica. Os tempos de atraso previstos nas operações são considerados para determinar o tempo previsto de fim das ordens de fabricação que constituem o plano atual.

Caso for detectado um atraso maior que o atraso tolerado, isto é identificado como uma perturbação . As informações relativas a perturbação são transmitidas para a pesquisa de uma solução através processo de tratamento de perturbação. Este processo é realizado por um decisor com a ajuda de um banco de dados e o módulo de tratamento de perturbação do Supervisor de Fábrica.

Triggering Events: EV-88 Controle_Fab

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Controle_Fab) DO Monitora_Dados_Fabrica
 WHEN (ES (Monitora_Dados_Fabrica)) = Mon_Nok DO Finish
 END PROCESS

COMPONENTS:

AE-81 Monitora_Dados_Fabrica

Gabarito 10 - Processo de domínio Controle_Fabrica

DOMAIN PROCESS

Name: Programacao_Producao
Identifier: PD-05
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Realizar a programação de produção da fábrica.

CONSTRAINTS:

DESCRIPTION:

Este processo é realizado pelo módulo de programação da produção do sistema SYCORO através da comunicação entre o supervisor de fábrica e os supervisores locais das unidades de produção. A aprovação final dos planos é realizada pelos decisores responsáveis pela programação.

Assim, o sistema supervisor de fábrica transforma o plano de produção relativa a fábrica em um plano de objetivos, constituído de um conjunto de operações (AE-71). O plano de objetivos é enviado para as unidades. Os supervisores locais analisam o plano de objetivos e retornam ao supervisor de fábrica as operações as quais elas são capazes de realizar (AE-72). O supervisor de fábrica analisa as propostas e as informações relativas ao transporte de materiais. O supervisor de fábrica gera a programação da produção levando em consideração vários critérios (AE-73). O decisor responsável analisa o programa gerado. Ele pode realizar alterações e após autorizar o envio às unidades ordens de operações a elas programadas, ou seja o plano de carga de cada unidade (AE-74).

Triggering Events: EV-71 Prog_Diaria
 EV-92 Reprog
 EV-11 Fim_PR

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH	Prog_Diaria OR	Reprog OR Fim_PR)
		DO Gerar_Plano_Objetivo
WHEN (ES(Gerar_Plano_Objetivo) =	Fim_PO)	DO Gerar_Propostas_Unidades
WHEN (ES(Gerar_Propostas_Unidades) =	Fim_GP)	DO Gerar_Programacao
WHEN (ES(Gerar_Programacao) =	Fim_GP)	DO Analisar_Programacao
WHEN (ES(Analisar_Programacao) =	Prog_Nok)	DO Finish
WHEN (ES(Analisar_Programacao) =	Prog_OK)	DO Finish

END PROCESS**COMPONENTS:**

AE-71 Gerar_Plano_Objetivo
 AE-72 Gerar_Propostas_Unidades
 AE-73 Gerar_Programacao
 AE-74 Analisar_Programacao

DOMAIN PROCESS

Name: Tratamento_Pert_Fab
Identifier: DP-07
Type: Controle
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Analisar as perturbações da fábrica e definir ações corretivas.

CONSTRAINTS:

DESCRIPTION:

Este processo analisa as perturbações decorrentes do acúmulo de atrasos identificados pelo controle de fábrica, e as perturbações enviadas diretamente pelas unidades de produção da fábrica (perturbações relativas ao estado dos recursos das unidades, como máquina quebrada, falta de ferramenta, falta de materiais, etc.), as quais não foram capazes de serem tratadas pelas unidades (AE-91).

Após, os decisores analisam a perturbação em questão, e decidem sobre possíveis reações, como a redistribuição de operações e/ou utilização de um plano de processo alternativo e/ou uma árvore de produto alternativa (AE-92).

Triggering Events: EV 81 Pert_Prod_Fab
 EV-112 Pert_Unidade

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Pert_Prod_Fab OR
 Pert_Unidade) **DO** Analisar_Perturbacoes_Fab
WHEN (ES(Analisar_Perturbacoes_Fab)=im_AP) **DO** Definir_Acoes_Corretivas_Fab
WHEN (ES(Definir_Acoes_Corretivas_Fab)=Trat_OK) **DO** Finish
WHEN (ES(Definir_Acoes_Corretivas_Fab)= Trat_Nok) **DO** Finish

END PROCESS

COMPONENTS:

AE - 91 Analisar_Perturbacoes_Fab
 AE - 92 Definir_Acoes_Corretivas_Fab

Gabarito 12 - Processo de domínio Tratamento_Pert_Fab.

DOMAIN PROCESS

Name: Controle_Unidade
Identifier: PD-10
Type: Controle
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Este processo consiste monitorar e analisar os dados de produção relativas às operações do plano de carga de uma unidade e detectar possíveis atrasos.

CONSTRAINTS:

DESCRIPTION:

Este processo consiste em analisar os dados de produção de estações de trabalho ou células da unidade de produção. Os atrasos detectados nas operações são considerados para atualizar as datas inicialmente previstas de fim das ordens de operações que constituem o Plano de Carga da unidade,

Caso for detectado um atraso maior que o atraso tolerado, isto é identificado como uma perturbação e transmitida para o seu tratamento pelo processo de tratamento de perturbações a nível de unidade.

Triggering Events: EV-122 Controle_Unid

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Controle_Unid) DO Monitora_Dados_Unidade
 WHEN (ES(Monitora_Dados_Unidade) =Sis_Nok)) DO Finish
END PROCESS

COMPONENTS:

AE-121 Monitora_Dados_Unidade

Gabarito 13 - Processo de domínio Controle_Unid.

DOMAIN PROCESS

Name: Liberacao
Identifier: PD-8
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Sequenciar e liberar ordens de operação constituindo o Plano de Carga.

CONSTRAINTS: Plano de Carga e estado dos recursos.

DESCRIPTION:

Este processo inicia-se com o fim da execução de uma operação ou com a necessidade de se interromper uma operação devido a impossibilidade de continua-la ou devido uma prioridade. A primeira atividade deste processo é analisar a lista de operações do Plano de Carga, e identificar a próxima ordem de operação a ser realizada (AE-101). Então, é verificada a disponibilidade dos recursos necessários (AE-102). Caso a operação for possível, isto é, existe a disponibilidade dos recursos necessários, ela é liberada e as informações relativas são enviadas para a célula ou estação de trabalho (AE-103). Caso contrário a próxima operação na seqüência é identificada (AE-101).

Event: EV-93 Liberacao
 EV-72 Fim_PP
 EV-94 Relib

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START Liberacao OR Fim_PP)	DO Identifica_Proxima_Ordem
WHEN (ES(Identifica_Proxima_Ordem) = Fim_Id)	DO Verificar_Estado_Recursos
WHEN (ES(Identifica_Proxima_Ordem) = Lib_Nok)	DO Finish
WHEN (ES(Verificar_Estado_Recursos) = ER_OK)	DO Ordenar_Execucao
WHEN (ES(Verificar_Estado_Recursos) = ER_Nok)	DO Identifica_Proxima_Ordem
WHEN (ES(Ordenar_Execucao) = Lib_OK)	DO Finish

END PROCESS

COMPONENTS:

AE- 101 Identifica_Proxima_Ordem
 AE- 102 Verificar_Estado_Recursos
 AE- 103 Ordenar_Execucao

DOMAIN PROCESS

Name: Tratamento_Pert_Unid
Identifier: PD-9
Type: Controle
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Analisar e definir soluções para possíveis perturbações no Plano de Carga de unidade de produção.

CONSTRAINTS: Critérios estabelecidos no Plano de Carga.

DESCRIPTION:

Este processo consiste em analisar as perturbações afetando a realização do Plano de Carga de unidade de produção como por exemplo panes em máquinas, quebra de ferramentas, falta de dispositivos, falta de componentes de fabricação, ou atrasos maiores que os tolerados detectados pelo controle da produção da unidade (AE-118).

Após pesquisar soluções possíveis, uma ação é definida (AE-119). Exemplo de solução é a definição de fixações ou ferramentas alternativas. Também, uma intervenção corretiva pode ser requisitada ao setor de manutenção para possibilitar a continuação da operação. Em função do tempo previsto para o final da intervenção, esta operação pode ser alocada a uma outra estação de trabalho ou célula da mesma unidade sem perturbar assim a realização do seu Plano de Carga. Neste caso é solicitada uma nova liberacao (Trat_OK). Na impossibilidade de solucionar a perturbação, uma mensagem é enviada para o tratamento de perturbações ao nível de fábrica (Trat_Nok).

Triggering Events: EV-121 Pert_Prod_Unid

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Pert_Prod_Unid)	DO Analisar_Perturbacao_Unid
WHEN (ES(Analisar_Perturbacao_Unid) = Fim_Diag)	DO Definir_Acoes_Corretivas_Unid
WHEN (ES(Definir_Acoes_Corretivas_Unid) = Trat_OK)	DO Finish
WHEN (ES(Definir_Acoes_Corretivas_Unid) = Trat_Nok)	DO Finish

END PROCESS

COMPONENTS:

AE-118 Analisar_Perturbacao_Unid
 AE-119 Definir_Acoes_Corretivas_Unid

DOMAIN PROCESS

Name: Montagem
Identifier: DP-12
Type: Manufatura
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Montar produtos.

CONSTRAINTS: Respeitar tempos de operação e a qualidade de produtos.

DESCRIPTION:

Este processo é referente a montagem dos produtos pela Célula de Montagem PIPEFA. Ela se inicia com a colocação de placas no Sistema de Transferência, seguido do transporte até o Sistema de Leitura Ótica (AE-141). Então, o código de identificação da placa é lido e associado ao tipo de produto a ser montado nessa placa (AE-142). Caso a produto possuir operações do tipo montagem central ela é transportada até o Posto de Montagem Central para estas operações (AE-143). Caso ela tiver operações do tipo montagem lateral ela é transportada até o Posto de Montagem Lateral (AE-144). Após, é verificada a qualidade de montagem da placa. As placas rejeitadas são separadas das aprovadas. As aprovadas são liberadas para o transporte até o Posto de Descarregamento (AE-145). As placas montadas e aprovadas são tiradas do sistema de transferência da célula e armazenadas em um estoque intermediário pelo Posto de Descarregamento (AE-146).

O processo é coordenado pelo sistema de supervisão Wiscon em função das informações de estado de máquinas e operações, enviadas pelos equipamentos da célula (postos de trabalho, Sistema de Leitura Ótica e Sistema de Transferência).

Triggering Events: EV-131 Inicia_Mont

PROCESS BEHAVIOUR:

WHEN (START WITH Inicia_Mont)	DO	Carrega_Placa
WHEN (ES(Carrega_Placa) = Car_OK)	DO	Leitura_Codigo
WHEN (ES(Leitura_Codigo) =MC)	DO	Montagem_Central
WHEN (ES(Leitura_Codigo) =ML)	DO	Montagem_Lateral
WHEN (ES(Montagem_Central) =ML)	DO	Montagem_Lateral
WHEN (ES(Montagem_Central) =CQ)	DO	Controle_Qualidade
WHEN (ES(Montagem_Lateral) =CQ)	DO	Controle_Qualidade
WHEN (ES(Controle_Qualidade) =Rej)	DO	Finish
WHEN (ES(Controle_Qualidade) =CQ_OK)	DO	Descarrega_Placa
WHEN (ES(Descarrega_Placa) =Des_OK)	DO	Finish

END PROCESS**COMPONENTS:**

AE-141 Carrega_Placa
 AE-142 Leitura_Codigo
 AE-143 Montagem_Central
 AE-144 Montagem_Lateral
 AE-145 Controle_Qualidade
 AE-146 Descarrega_Placa

ENTERPRISE ACTIVITY

Name: Montagem_Central
Identifier: AE-143
Type: Manufatura
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Montar componentes na posição central de placas.

CONSTRAINTS: Qualidade e tempo expressos na ordem de operação.

DESCRIPTION: Nesta atividade, placas a serem montadas (VO-136) são posicionadas na frente do posto de montagem central, e após carregadas do sistema de transferência para o posto de montagem central (VO-46). Então, cubos (VO-143) são montados na posição central da placa conforme as informações de operação (VO-135). Terminada a montagem, a placa montada (VO-145) é descarregada de volta ao sistema de transferência e dados sobre as operações são fornecidos ao controle da célula (VO-144).

INPUTS:

Function Input:
VO-143 Cubos_MC
VO-136 Placa_P3

Control Input:
VO-135 Infor_Contr_MC

Resource Input:
VO-46 Posto_Mont_Central

OUTPUTS:

Function Output:
VO-144 Infor_P_MC
VO-145 Placa_P3_MC

Control Output:

ACTIVITY BEHAVIOUR:

BEGIN

Posto_Mont_Central.Carrega_Placa_P3

Posto_Mont_Central.Monta_Cubo_B

Posto_Mont_Central Descarrega_Placa_P3

END

USED by: PD-12 Montagem

ENTERPRISE ACTIVITY

Name: Gerar_Propostas_PA
Identifier: AE-011
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

OBJECTIVES: Gerar possíveis planos de produção e estoque para o longo prazo, considerando vários cenários e baseados em dados agregados.

CONSTRAINTS: Restrições de capacidade de produção, estoque e investimentos.

DESCRIPTION:

Nesta atividade, os decisores (VO-001) devem gerar um conjunto de planos de produção e de estoque (VO-009) referentes a possíveis cenários (níveis de demanda e de capacidades de produção), para posterior avaliação do plano mais apropriado a ser aprovado como o Plano Agregado para o horizonte de tempo em questão.

Os parâmetros definindo os possíveis cenários são baseados nas metas da empresa (VO-004), na previsão da demanda de famílias de produtos (VO-007), custos de produção e de estoque de famílias de produtos (VO-006) e informações referentes a capacidade agregada de produção (VO-005).

Os planos propostos, como também o Plano Mestre, são especificados em termos de um conjunto de ordens de produção de famílias de produto. O Plano Agregado VO-010 é referente ao horizonte de 1 ano e período de 1 mês. Esta atividade é suportada pelo programa PPA (VO-002).

INPUTS:**Function Input:****Control Input:**

VO-005 Inf_Capacidade_PA
 VO-006 Inf_Custos_Familias
 VO-007 Inf_Demanda_PA
 VO-004 Metas_Empresa

Resource Input:

VO-003 BD_PCP
 VO-001 Decisor
 VO-002 PPA

OUTPUTS:**Function Output:**

VO-009 PA_Propostos

Control Output:**USED by:**

PD-01 Planejamento_Agregado

OBJECT VIEW

Name: Pedido_Cliente_Vendas
Identifier: VO-273
Type: Ordem
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: Esta vista de objeto corresponde às informações de pedido de cliente obtidas na atividade de processamento de pedidos de produtos, realizada pelo departamento de vendas.

NATURE: Informação
LEADING OBJECT: OE-58 PEDIDO_CLIENTE
RELATED OBJECTS: OE-76 TIPO_ITEM, OE-80 CLIENTE
PROPERTIES:

Codigo_Ped:	INTEGER
Codigo_Cliente:	Cliente
Item_Ped:	Item_Pedido
Data_Pedido:	Data
Data_Entrega:	Data
Espec_Tecnicas	STRING[100]
Endereco_Entrega:	STRING[100]
Endereco_Cobranca:	STRING[100]
Observacoes:	STRING[200]

Gabarito 19 - Vista de objeto Pedido_Cliente_Vendas

OBJECT VIEW

Name: Pedido_Cliente_Planej
Identifier: OV-296
Type: Ordem
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: Esta vista de objeto corresponde às informações de pedido de cliente, que são enviadas para o setor de planejamento.

NATURE: Informação
LEADING OBJECT: OE-58 PEDIDO_CLIENTE
RELATED OBJECTS: OE-76 TIPO_ITEM
PROPERTIES

Codigo_Ped:	STRING[8]
Nome_Cliente:	Cliente
Data_Entrega:	Data
Observacoes:	STRING[200]

Gabarito 20 - Vista de objeto Pedido_Cliente_Planej.

OBJECT VIEW**Name:** Item_Pedido**Identifier:** VO-285**Type:****Design Authority:** Renato de Campos**DESCRIPTION:** Esta vista representa e descreve os itens pedidos, trazendo informações como por exemplo a identificação do item, a quantidade pedida e especificações técnicas.**NATURE:** Informação**LEADING OBJECT:** ITEM_PEDIDO**RELATED OBJECTS:** OE-76 TIPO_ITEM**PROPERTIES**

Item_Pedido:	Tipo_Item
Quantidade:	Integer
Cor_Item:	STRING[10];
Tamanho_Item:	STRING[10]
Material_item:	STRING[10]
Qualidade_Item:	STRING[10]

Gabarito 21 - Vista de objeto Item_Pedido

ENTERPRISE OBJECT

Name: TIPO_ITEM
Identifier: OE-76
Type: item
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: O objeto de empresa TIPO_ITEM representa os diferentes tipos de itens que podem ser fabricados pela empresa, os quais foram definidos conceitualmente pelo departamento de projeto e planejamento de processo, resultando na definição da árvore de produto, no seu desenho e plano de processo. Este objeto de empresa pode representar um produto final, subconjunto, componente ou matéria-prima.

RELATIONSHIPS:**PROPERTIES:**

Cod_T_Item:	STRING[8]
Nome_T_Item:	STRING[15]
Arvore_Prod:	ARVORE_PRODUTO
Plan_Processo:	PLANO_PROCESSO
Desenhos:	LIST OF [1:N] DESENHO
Preco_T_Item:	MONEY
Prazo_Entrega:	STRING
Cor_Item:	STRING[10];
Tamanho_Item:	STRING[10]
Material_item:	STRING[10]
Qualidade_Item:	STRING[10]
Estoque:	ESTOQUE

Gabarito 22 - Objeto de empresa Tipo_Item.

ENTERPRISE OBJECT**Name:** PEDIDO_CLIENTE**Identifier:** OE-58**Type:****Design Authority:** Renato de Campos**DESCRIPTION:** Este objeto de empresa descreve os pedidos de compra de clientes da empresa.**RELATIONSHIPS:** OE-76 TIPO_ITEM , OE-127 CLIENTE**PROPERTIES:**

Codigo_Ped:	INTEGER
Codigo_Cliente:	CLIENTE
Item_Ped:	ITEM_PEDIDO
Data_Pedido:	Data
Data_Entrega:	Data
Espec_Tecnicas	STRING[100]
Endereco_Entrega:	STRING[100]
Endereco_Cobranca:	STRING[100]
Observacoes:	STRING[200]

Gabarito 23 - Objeto de empresa Pedido_Cliente.

ENTERPRISE OBJECT

Name: TIPO_OPERACAO

Identifier: OE-25

Type:

Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: Este objeto de empresa descreve os tipos de operação de manufatura existentes na produção da fábrica.

RELATIONSHIPS: EO-76 TIPO_ITEM, EO-20 RECURSO_MANUFATURA
PROPERTIES:

Codigo_Operacao:	STRING
Nome_Operacao:	INTEGER
Tipo_Operação:	STRING
Tipo_Maquina:	MAQUINA
Tipo_Operador:	OPERADOR
Tipo_Ferramenta:	FERRAMENTA
Tipo_Fixacao:	FIXACAO
Item_Ped:	ITEM_PEDIDO
Precisao:	PRECISAO
Qualidade:	STRING
Tempo_Unit:	Real
Tempo_Prep:	Real
Preco_Unit:	MONEY
Preco_Prep:	MONEY
Observacoes:	STRING[200]

Gabarito 24 - Objeto de empresa Tipo_Operacao.

RESOURCE

Name: RETRA

Identifier: EF-20

Type: Software de Planejamento

Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: RETRA é um programa de suporte a decisão no planejamento de recursos que otimiza planos de produção.

CAPABILITIES SET: CC-1 : Plano_Otimo

OBJECT VIEW: VO-88 Retra

Gabarito 25 - Recurso RETRA.

RESOURCE

Name: Posto_Montagem_Lateral
Identifier: EF-25
Type: Manufatura
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: O Posto de Montagem Lateral é um recursos de manufatura capaz de realizar montagens de cubos nas posições laterais de placas.

CAPABILITIES SET: CC-12: Capabilidade_Montagem_Lat

Gabarito 26 - Recurso Posto_Montagem_Lateral.

CAPABILITY SET

Name: Plano_Otimo
Identifier: CC-01
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: Este conjunto de capacidades está relacionada com a capacidade de programas de suporte a decisão de obter planos de produção.

CAPABILITIES:

Tempo máximo de processamento:	[-,15] minutos
Numero de períodos envolvidos no plano:	[-,50] períodos
Número de itens envolvidos no plano:	[-,100] itens

Gabarito 27 - Conjunto de capacidade Plano_Otimo.

CAPABILITY SET

Name: Montagem_Lateral
Identifier: CC-12
Type: Manufatura
Design Authority: Renato de Campos

DESCRIPTION: O conjunto de capacidades aqui descritas esta relacionado com a capacidade de montagem de cubos nas posições laterais de placas.

CAPABILITIES:

Tipo de Montagem :	(Monta_Cubo_A ; Monta_Cubo_C)
Velocidade de Montagem:	[3] cubos por minuto
Precisão de montagem:	[0.2, 0.5] milímetros
Peso dos cubos:	[10, 100] gramas
Tamanho dos cubos - eixo x:	[10,30] milímetros
Tamanho dos cubos - eixo y:	[10,20] milímetros
Tamanho dos cubos - eixo z:	[10,25] milímetros
Qualidade_Acabamento:	[Alta, Media]

Gabarito 28 - Conjunto de capacidade Montagem_Lateral.

ORGANIZATION UNIT

Name: Planejamento
Identifier: UO-02
Type: Supervisao
Design Authority: Renato de Campos

FUNCIONAL ENTITY: EF-34 Decisores_Fabrica

JOB UNIT DESCRIPTION: Responder por decisões relacionadas com a programação da produção.

SKILL PROFILE: Capacidade para programar e controlar a produção de fábrica

RESPONSABILITIES:

- Gerar o programa de produção
- Supervisionar o programa de produção
- Analisar soluções e definir as ações corretivas

AUTHORITIES:

- Aprovar e anular programas de produção
- Modificar programas de produção

ASSIGNED TO

ORGANIZATION CELL: CO-02

Gabarito 29 - Exemplo de unidade de organização.

ORGANIZATION CELL

Name: Planejamento_Fabrica
Identifier: CO-02
Type: Planejamento
Design Authority: Renato de Campos

CELL DESCRIPTION: Esta célula reúne as unidades de organização relacionadas com o planejamento de fábrica.

**OPERACIONAL
RESPONSABILITIES****AUTHORITIES:****PROCESS****RESPONSABILITIES****AUTHORITIES:**

PD-05 Programa_Producao, PD-06 Controle_Fabrica,
 PD-07 Tratamento_Pert_Fab

INFORMATION**RESPONSABILITIES****AUTHORITIES:**

VO-30 Programa_Producao, ...

RESOURCE**RESPONSABILITIES****AUTHORITIES:**

EF-33 SYCORO, EF-34 Decisores_Fabrica

ASSIGNED TO**ORGANIZATION LEVEL:**

CO-03 Planejamento_Unidade, UO-02

ASSIGNED ORGANIZATION**UNITS/CELLS:**

CO-01 Planejamento_Empresa

Gabarito 30 - Exemplo de célula de organização.