

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL D
TESE DEFENDIDA POR FRANCISCO EDENEZIANO
DANTAS PEREIRA E APROVADA PEL
COMISSÃO JULGADORA EM 31 / 07 / 2001

João Maurício Rosário
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Modelagem Empresarial: Uma Abordagem de Integração de Empresas

- Aplicação da Metodologia CimOsa/rg à Plataforma PIPEFA -

Autor: Francisco Edeneziano Dantas Pereira

Orientador: João Maurício Rosário

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO**

Modelagem Empresarial: Abordagem de Integração de Empresas

- Aplicação da Metodologia CimOsa/rg à Plataforma PIPEFA -

Autor: Francisco Edeneziano Dantas Pereira
Orientador: João Maurício Rosário

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2001
SP – Brasil

UNICAMP 100
 N.º CHAMADA:
 T/ UNICAMP
 P414m
 V. _____
 E. _____
 T. 47645
 PREC 837/02
 C. ☐ D. ☒
 PREC 2811,00
 DATA 07-02-02
 N.º CPD

CM00163696-7

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

P414m Pereira, Francisco Edeneziano Dantas
 Modelagem empresarial: abordagem de integração de
 empresas; aplicação da metodologia CimOsa/rg à
 plataforma PIPEFA / Francisco Edeneziano Dantas
 Pereira.--Campinas, SP: [s.n.], 2001.

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

1. Sistema de fabricação integrada por computador.
 2. Engenharia auxiliada por computador. 3. Tecnologia
 da informação. 4. Linguagem orientada a objetos. 5.
 Automação industrial – Protocolos. I. Rosário, João
 Maurício. II. Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

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

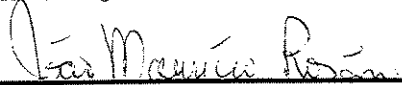
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Modelagem Empresarial: Abordagem de Integração de Empresas

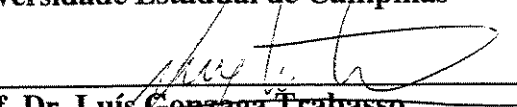
- Aplicação da Metodologia CimOsa/rg à Plataforma PIPEFA -

Autor: **Francisco Edeneziano Dantas Pereira**

Orientador: **João Maurício Rosário**



**Prof. Dr. João Maurício Rosário, Presidente
Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Luís Gonzaga Trabasso
Instituto Tecnológico de Aeronáutica**



**Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima
Universidade Estadual de Campinas**

Campinas, 31 de julho de 2001

Dedicatória

Dedico este trabalho às minhas avós Ana Rita dos Santos e Maria Pereira de Queiroga (*in memoriam*).

Agradecimentos

Este trabalho somente pôde ser realizado graças a compreensão da minha esposa e dos meus filhos, ao permanente incentivo e colaboração dos colegas Marcius Fabius Henriques de Carvalho, Mauro Ferreira Koyama, Olga Fernanda Nabuco Araújo, Rosana Beatriz Haddad e Jorge Vicente Lopes da Silva.

À minha esposa, pelo apoio permanente.

Ao meu orientador, que sabiamente me instruiu em todos os momentos.

Aos demais amigos do ITI que me incentivaram durante este trabalho.

Resumo

PEREIRA, Francisco Edeneziano Dantas, Modelagem Empresarial: Uma Abordagem de Integração de Empresas - Aplicação da Metodologia CimOsa/rg à Plataforma PIPEFA -, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 157. Tese (Mestrado).

Este trabalho apresenta a integração de empresa e focaliza a modelagem empresarial como uma abordagem dessa integração, tendo como contexto a realidade das empresas de manufatura atuais e como referencial teórico, as arquiteturas de referência CIMOSA (Open System Architecture for CIM), GRAI-GIM (GRAI Integrated Methodology), a arquitetura PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) e a metodologia CimOsa/rg. Descreve o ambiente experimental PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação), redefine seus elementos principais e procede a sua modelagem empresarial, desenvolvendo um modelo conceitual segundo a sistemática da metodologia CimOsa/rg e a arquitetura CIMOSA, contando com o auxílio da ferramenta computacional Cimtool. O modelo descreve a plataforma de maneira semi-formal e não-ambígua, segundo dois domínios: Planejamento e Controle da Produção e Chão de Fábrica, a partir dos quais explicita seus requisitos funcionais, em termos de Processos de Negócio e Atividades de Empresa; determina as necessidades de informação em termos de Vistas de Objetos e Objetos de Empresa e esses em Segmentos de um Modelo Semântico de Informação. Exprime também os conhecimentos utilizados em um subconjunto dessas atividades e os recursos necessários.

Palavras-chave:

– Integração de empresa, modelagem empresarial, arquitetura de referência, metodologia para integração de empresa, modelo de referência, ciclo de vida, Objeto de Empresa e Vista de Objeto.

Abstract

PEREIRA, Francisco Edeneziano Dantas, Enterprise Modeling: An Enterprise Integration Approach – CimOsa/rg Methodology Application to the PIPEFA Platform –, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 157. Tese (Mestrado).

This work describes enterprise integration focusing enterprise modeling as an integration approach. It considers manufacturing enterprise reality as the current context and CIMOSA (Open System Architecture for CIM), GRAI-GIM (GRAI Integrated Methodology), PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) and CimOsa/rg methodology as its theoretical reference. It presents PIPEFA (Industrial Platform for Research, Teaching, and Training in Automation) experimental environment, redefines its main elements and develops a conceptual model according to CimOsa/rg methodology and CIMOSA architecture. The development process is supported by Cimtool, a tool CASE (Computed-aided Software Engineering). The developed model expresses the platform on a semi-formal and unambiguous manner, in terms of two domains: Production Control and Shop Floor; the model defines PIPEFA's functional requirements in terms of Business Processes and Enterprise Activities, and also shows its information requirements in terms of enterprise Object View and Enterprise Objects; these latter are organized into three Segments of a Semantic Information Model.

Keywords:

Enterprise integration, enterprise modeling, reference architecture, framework, reference model, life cycle, Enterprise Object, Object View and Information Model.

Índice

Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	vii
Nomenclatura	viii
1 Introdução	1
1.1 Contexto	1
1.2 Integração de Empresa	3
1.3 Evolução da Integração de Empresa	4
1.4 Projeto de Integração de Empresa	7
1.5 Abordagens de Integração de Empresa	8
1.6 Suporte Metodológico	8
1.7 Motivação	9
1.8 Objetivos	9
1.9 Escopo	10
1.10 Validação da Proposta	10
1.11 Contribuições	10
1.12 Estrutura da Monografia	11
2 Revisão Bibliográfica	12
2.1 Introdução	12
2.2. Modelagem de Empresa	13

2.3 Modelos para Sistemas Integrados de Manufatura	14
2.4 Métodos para Projeto de Sistemas Integrados de Manufatura	18
2.5 MIM – Metodologia para Integração de Manufatura.....	22
2.6 Arquiteturas de Referência e Metodologias para Integração de empresas.....	24
2.6.1 ARIS (<i>Architecture of Integrated Information Systems</i>).....	25
2.6.2 GRAI-GIM	26
2.6.3 PERA (<i>Purdue Enterprise Reference Architecture</i>).....	31
2.7 Análise dos Métodos, Modelos, Arquiteturas e Metodologias	35
3 Suporte Metodológico.....	39
3.1 CIMOSA	39
3.1.1 Princípios CIMOSA	40
3.1.2 Estrutura Arquitetural CimOsa.....	41
3.1.3 Estrutura CIMOSA para Modelagem	42
3.1.4 Ambientes.....	45
3.1.5 Entidade funcional	46
3.1.6 Infra-estrutura de Integração	46
3.1.7 Ciclo de Vida CIMOSA	48
3.2 Metodologia CimOsa/rg.....	51
3.2.1 Construtores da Vista de Função	53
3.2.2 Construtores da Vista de Informação	58
3.2.3 Construtor da Vista de Recurso	64
3.3 Processo de Modelagem CimOsa/rg	65
4 Plataforma PIPEFA.....	72
4.1 Introdução.....	72
4.2 Evolução da Plataforma	73
4.2 Estrutura Funcional da Plataforma.....	75
4.3 Planejamento e Controle da Produção	76
4.3.1 Módulo Básico.....	77
4.3.2 Controle da Fábrica	77
4.3.3 Planejamento da Produção.....	78
4.4 Chão de Fábrica.....	79
4.4.1 Recursos do Chão de Fábrica	80

4.4.2 Produtos	83
4.4.3 Armazenagem de Materiais	84
4.4.4 Fluxo de Material.....	85
4.4.5 Roteiros de Produção.....	86
4.4.6 Processos Físicos e Operação do Chão de Fábrica.....	87
4.4.7 Redefinição Conceitual dos Centros de Trabalho	87
4.4.8 Controle Operacional do Chão de Fábrica	90
4.5 Funcionamento da Plataforma.....	93
5 Proposta de Modelagem Empresarial: Aplicação à Plataforma PIPEFA	98
5.1 Introdução.....	98
5.2 Considerações sobre o Suporte Metodológico	99
5.3 Proposta de Modelagem da Plataforma PIPEFA	100
5.4 Modelagem Funcional.....	101
5.4.1 Estabelecimento de Domínios	101
5.4.2 Análise de Comportamento	105
5.4.3 Análise Operacional	119
5.5 Modelagem da Vista de Informação	132
5.5.1 Definição das Vistas de Objetos.....	132
5.5.2 Definição dos Objetos de Empresa.....	135
5.5.3 Modelo Semântico de Informação.....	135
5.6 Consolidação do Modelo de Definição de Requisitos da Plataforma PIPEFA.....	139
6 Conclusões e Sugestões para Próximos Trabalhos	142
Referências Bibliográficas.....	146
Apêndice A1.....	153

Lista de Figuras

Figura 1.1 Níveis de Integração	6
Figura 2.1 Modelo Conceitual GRAI.....	17
Figura 2.2 Diagrama de Atividade.....	20
Figura 2.4 Notação gráfica do método IDEF0.....	20
Figura 2.5 Arquitetura ARIS.....	25
Figura 2.6 Estrutura GIM de Modelagem.....	27
Figura 2.7 Abordagem estruturada GIM	30
Figura 2.8 Forma global da arquitetura PERA	32
Figura 3.1 Estrutura Arquitetural CIMOSA	41
Figura 3.2 Estrutura de Modelagem CIMOSA.....	45
Figura 3.3 Infra-estrutura CIMOSA de Integração	48
Figura 3.4 Modelagem e Ciclo de Vida CIMOSA	50
Figura 3.5 Paradigma de Modelagem CimOsa/rg	52
Figura 3.6 Modelo do construtor Atividade de Empresa.....	56
Figura 3.7 Principais Conceitos CIMOSA.....	64
Figura 3.8 Processo Definição de Requisitos	65

Figura 3.9 Processo Estabelecer Domínio	66
Figura 3.10 Processo Análise de Comportamento	67
Figura 3.11 Estrutura de um Processo de Domínio	68
Figura 3.12 Processo Análise da Operação.....	69
Figura 4.1 Proposta Inicial da Plataforma PIPEFA.	73
Figura 4.2 Estrutura Funcional da Plataforma	75
Figura 4.3 Estrutura do Produto PIPEFA	83
Figura 4.4 Fluxos de materiais na unidade de chão de fábrica	86
Figura 4.5 Proposta de redefinição conceitual dos centros de trabalho.	89
Figura 4.6 Arquitetura do Sistema de Controle do Chão de Fábrica da Plataforma PIPEFA.	92
Figura 4.7 Diagrama de Fluxo de Dados da Plataforma PIPEFA.....	96
Figura 5.1 Plataforma Pipefa expressa segundo conceitos e símbolos CIMOSA.	102
Figura 5.2. Processos do Domínio Planejamento e Controle da Produção.....	105
Figura 5.3 Processo do Domínio Planejamento Mestre da Produção	107
Figura 5.4 Processo do Domínio Planejamento das Necessidades de Materiais	110
Figura 5.5 Processo do Domínio Planejamento dos Requisitos de Capacidade	111
Figura 5.6 Processo do Domínio Controle do Chão de Fábrica	113
Figura 5.7 Processos do Domínio Chão de Fábrica.....	114
Figura 5.8 Processo do Domínio Monitoramento e Controle Operacional	116
Figura 5.9 Processo do Domínio Operacional	118
Figura 5.10 Processo de Negócio Montagem Central	128
Figura 5.11 Processo de Negócio Montagem Lateral	129
Figura 5.12 Processo de Negócio Inspeção Produtos	130

Figura 5.13 Processo de Negócio Retira Placa do Armazém de Matéria-prima	131
Figura 5.14 Vista de Objeto Pedido de Cliente.....	133
Figura 5.15 Objeto de Empresa Produto.....	134
Figura 5.16 Modelo Semântico de Informação: Segmento de Administração da Produção	136
Figura 5.17 Modelo Semântico de Informação: Segmento de Engenharia de Produto.	137
Figura 5.18 Modelo Semântico de Informação: Segmento de Recursos de Montagem.....	139
Figura A.1 Exemplo de uma janela de operação da ferramenta CimTool.....	156

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Notação básica do DFD	18
Tabela 5.1 Atividades de Empresa versus Vistas de Objetos, Conhecimentos e Recursos	141

Nomenclatura

AE – Atividade de Empresa

AGV – *Automated Guided Vehicle*

ARIS – *Architecture of Integrated Information Systems*

CCF – Controle de Chão de Fábrica

CEN – *European Committee for Standardization*

CENELEC – *European Committee for Electrotechnical Standardization*

CIM – *Computer Integrated Manufacturing*

CIMOSA – *Open System Architecture for CIM*

CRP – *Capacity Requirement Planning*

DFD – Diagrama de Fluxo de Dados

E-R – Entidade relacionamento

ESPRIT – *European Strategic Program for Research on Information Technology*

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

GRAI – *Graphes à Résultats et Activités Inter-reliés*

GRAI-GIM – *GRAI Integrated Methodology*

HTML – *Hyper Text Markup Language*

ICAM – *Integrated Computer-Aided Manufacturing*

IDEF – *Integration Definition*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just In Time*

KBSI – *Knowledge Based Systems, Inc*

LAR – *Laboratório de Automação Integrada e Robótica*

LIISI – *Laboratoire d'Ingénierie Intégrée des Systèmes Industriels*

MMS – *Manufacturing Message Specification*

MPS – *Master Production Scheduling*

MRP – *Materials Resource Planning*

MRP II – *Manufacturing Resource Planning*

NBS – *National Bureau of Standards*, atualmente, **NIST**, *National Institute for Standards and Technology*

OPT *Optimized Production Technology*

PERA – *Purdue Enterprise Reference Architecture*

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

PRODCON – *Production Control*

RETRA – *Rede de Transporte*

SADT – *Structured Analysis and Design Technique*

SC – *Subcommittee*

SFC – *Shop Floor Control*

TC – *Technical Committee*

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo contextualiza a integração de empresa como tema desta tese, propõe a modelagem empresarial como uma abordagem de integração, descreve a motivação, objetivo, escopo e contribuição do trabalho, a validação do modelo proposto e a estrutura desta monografia.

1.1 Contexto

Um sistema é um conjunto de partes coordenadas realizando determinadas funções (Schoderbek *et. al*, 1980). As empresas de manufatura são sistemas socio-econômicos dinâmicos cuja missão é produzir bens destinados a atender necessidades de clientes (Williams *et al.*, 1996). Suas estruturas organizacionais eram concebidas dividindo-se o trabalho por função ou produto, como recomendado por autores da teoria organizacional, visando maximizar a eficiência técnica e econômica. Este enfoque fragmentava a empresa em unidades funcionais e estabelecia uma estrutura decisória hierárquica, regida por procedimentos-padrão rígidos, numa burocracia às vezes prejudicial. Presumia-se que questões de coordenação eram melhor manipuladas através do gerenciamento hierárquico no qual subordinados seguiam as ordens de seus superiores, num estilo semelhante ao militar (Volonino *et al.*, 1995). Nessa estrutura, cada nível hierárquico recebe, avalia e interpreta as informações, agregando o que for necessário, para então fornecê-las ao nível seguinte, que não é necessariamente aquele ao qual se destina. Esse processamento reduz a velocidade do fluxo de informação e possibilita distorção nas sucessivas interpretações, dificultando iniciativas de eficiência e limitando a capacidade de resposta da organização.

A informatização e automatização dessas empresas basearam-se em soluções tecnológicas *ad hoc*, caracterizadas pelos diferentes padrões de dados de cada fabricante (Thacker, 1989). Suas atividades tornaram-se mais rápidas, contudo seu desempenho global foi limitado. Isto deveu-se aos fatores estruturais constituídos por centralização de autoridade, barreiras organizacionais e interferências dos níveis hierárquicos; e aos fatores técnicos acarretados pelas ilhas de informação. Essas ilhas impedem a comunicação e interoperação entre aplicativos, refletindo as barreiras organizacionais entre setores da empresa. A comunicação é dificultada devido aos diferentes formatos dos dados, protocolos de comunicação e mecanismos para armazenamento. A interoperação torna-se difícil porque a semântica é atribuída aos dados por cada unidade funcional, isoladamente das demais, carecendo assim de uniformização. Estes impedimentos acarretam custos que não agregam valor, além de retardarem a tomada de decisões na empresa. Já na década de oitenta, o dinamismo do mercado fez com que essas empresas percebessem que suas estruturas organizacionais e sistemas de informação eram arcaicos e ameaçavam sua sobrevivência.

As exigências atuais dos clientes por produtos de melhor qualidade e de maior variedade, aliadas ao aumento da concorrência e proteção ao meio ambiente, dificultam a elaboração de previsões de longo prazo, requerem produtos especializados e exigem uma estrutura altamente diferenciada, caracterizada por subunidades capazes de atender o maior número de pedidos nos prazos previstos. Iniciativas de redefinição total da empresa, como é o caso da reengenharia (Hammer, 1993) e de melhoria contínua pela gestão da qualidade total (Deming, 1990), têm sido empregadas pelas empresas contemporâneas de manufatura visando manter-se competitivas. Em ambas predomina o paradigma de processos como conceito na reestruturação da empresa.

Atualmente, as empresas organizam seu comportamento e também sua funcionalidade, segundo processos de negócio que formam estruturas decisórias descentralizadas, com poucos níveis administrativos. Esses processos são suportados por plataformas computacionais que viabilizam não apenas a integração interna como também a inter-relação da empresa com seus parceiros ao longo da cadeia de suprimentos.

1.2 Integração de Empresa

Integrar significa: tornar inteiro, completar, inteirar (Ferreira, 1986). Integração de empresa é um termo com significado diferente para públicos distintos. Fornecedores de *hardware* e *software* têm vendido o termo integração de empresa referindo-se unicamente à aplicação de soluções computacionais. Isto tem criado uma série de mal-entendidos que muitas vezes prejudicam o próprio processo de integração da manufatura (Rentes, 1995). Computadores e redes são apenas ferramentas necessárias à operação da arquitetura de sistemas de informação (Li e Williams, 1995).

O objetivo da integração de empresa é eliminar barreiras organizacionais e aprimorar a interoperabilidade para criar sinergia dentro da empresa, visando operar de modo mais eficiente e adaptativo (Vernadat, 1996), bem como prover interoperabilidade para criar a sinergia que irá permiti-la operar de modo mais eficiente e adaptativo. Por isso requer que sejam considerados aspectos estratégicos a empresa, expressos na sua missão, visão e estratégias, aspectos estruturais, caracterizados por seu modelo gerencial e de informações, aspectos operacionais, constituídos por suas atividades e suporte, bem como seus aspectos tecnológicos. Na realidade são necessárias uma nova cultura e uma nova visão dos operadores e da gerência, e geralmente maior consciência técnica e capacidade em relação aos sistemas anteriores (Williams *et al.*, 1996).

Integrar a empresa significa coordenar a operação de todos seus elementos, de modo a atuarem harmoniosamente, visando o cumprimento ótimo de sua missão, conforme estabelecido pela gerência (Williams *et al.*, 1996). Por isso a integração é considerada uma meta a ser atingida num processo de melhoramento contínuo que estabelece um fluxo consistente de informação entre as unidades da empresa (Williams *et al.*, 1996; Vernadat, 1996). Esse fluxo une as operações da empresa, possibilitando com isso, eliminar atividades desnecessárias ou redundantes, sincronizar processos e assim, reduzir custos e otimizar sua operação. A integração está relacionada com o aprimoramento da comunicação entre todos elementos envolvidos na operação da empresa: pessoas, máquinas e computadores, e a coordenação e cooperação desses elementos (CIMOSA Association, 1996).

Ferreira (1993) afirma que a integração traduz-se de fato na aquisição, processamento, armazenamento e na utilização de dados e/ou informação dos processos de negócio e manufatura e do seu ambiente, de forma a otimizar sua operação de acordo com critérios estabelecidos pelos gestores. De forma mais simples a integração é a tarefa de aprimorar o desempenho de processos complexos, gerenciando as interações entre os participantes, concentrando-se no aprimoramento da coordenação das inter-relações entre organizações, indivíduos e sistemas. No caso geral a integração pode ser vista como a interação entre empresas, pois pessoas e unidades funcionais de uma empresa isolada às vezes possuem metas que necessitam ser alinhadas no contexto de uma organização (Williams *et al.*, 1996).

Gachés (1999) considera a integração de empresa uma resposta a situação atual onde empresas ainda possuem uma justaposição de ilhas de automação e envolve todas as tecnologias necessárias para possibilitar atores trabalharem juntos na engenharia e operação da empresa. Vernadat (1996) define a integração de empresa como uma meta a ser alcançada através de um processo de melhoramento contínuo e acrescenta que as condições essenciais para atingi-la parecem basear-se no fluxo livre, porém controlado, de informação, de conhecimento e na coordenação das ações.

Problemas de integração surgem de diferentes perspectivas; segundo Vernadat (1996), a integração de processo e coordenação permanecem os maiores desafios devido à natureza de conhecimento intensivo, incluindo árduos problemas de unificação semântica. Segundo Vernadat (1996), uma empresa integrada coordena suas decisões estratégicas, táticas e diárias implementando um fluxo de informação eficiente, temporizado e uma estrutura organizacional que permita usar esta informação de uma maneira ótima para controlar os fluxos físicos.

1.3 Evolução da Integração de Empresa

A integração de empresa consiste no uso muito mais abrangente dos conceitos da integração da manufatura auxiliada por computador – CIM –, do inglês, Computer Integrated Manufacturing (Williams *et al.*, 1996). O termo CIM foi proposto por Joseph Harrington Junior

(Harrington, 1973) no início dos anos setenta, designando um conceito da a integração de todos os elementos envolvidos na manufatura, tendo como propósito aproveitar a tecnologia computacional na reorganização da coleta, da análise e do uso das informações para melhoraria operacional da planta de fabricação (Williams *et al.*, 1996).

Inicialmente esse conceito limitava-se à manufatura discreta com um foco estritamente tecnológico, compreendendo computadores, redes, dados e software. Esse escopo mostrou-se limitado porque o emprego da tecnologia de informação pode requerer a revisão da missão do sistema fabril, dos seus processos, atendimento ao cliente, incluindo aspectos organizacionais e humanos (Bernus *et al.*, 1996). Segundo Williams *et al.* (1996), tem sido um engano confinar as discussões de integração apenas aos sistemas de informação e controle. A integração total da empresa envolve informação, cultura, missão e a inclusão das pessoas em todas as etapas e processos, porque sempre tomarão a decisão final. Pode ser mostrado que os princípios básicos relacionados com esse conceito aplicam-se a qualquer empresa, independente de seu porte e missão, ou qualquer dos outros atributos envolvidos. A trajetória evolutiva desse conceito é mostrada na Figura 1.1 na qual distinguem-se três níveis ou fases de integração (CEN/CENELEC, 1990; Bernus *et al.*, 1996; Vernadat, 1996); a saber:

- Integração do Sistema Físico – Trata de soluções de conectividade destinadas a permitir o intercâmbio de informações entre as “ilhas de informação”;
- Integração do Negócio – Compreende a integração das funções de gerenciamento controle e monitoramento das atividades diárias da empresa;
- Interoperabilidade de Aplicativos – Refere-se ao controle e integração de aplicativos envolvendo a interoperação com usuário e máquinas; Este nível de integração significa provê uma infra-estrutura de integração capaz de permitir amplo acesso a informação independentemente do local onde o usuário se encontra.

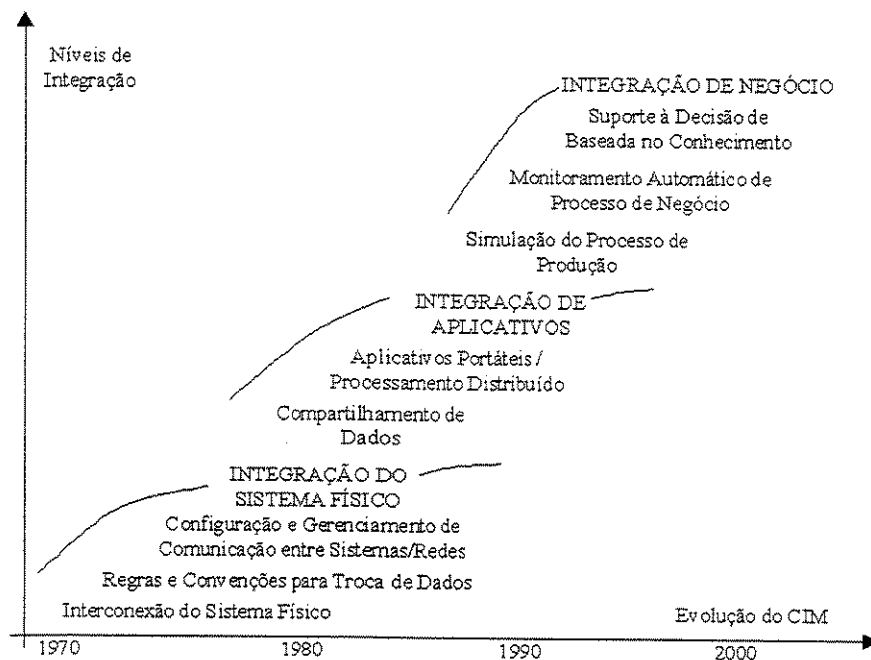


Figura 1.1 Níveis de Integração

Fonte: (CEN/CENELEC, 1990)

O primeiro nível focalizava a padronização dos formatos e regras que possibilitassem a troca de dados entre sistemas, via rede de computadores. Já no início dos anos oitenta o enfoque buscou a interoperação dos aplicativos da empresa. Esse nível de integração requer além da padronização dos protocolos de comunicação e dos serviços, interfaces: APIs – Interfaces para Aplicativos –, do inglês, *Application Program Interface*, destinadas a isolar os aplicativos dos seus ambientes específicos, dando-lhes portabilidade, significando conferir-lhes a possibilidade de serem executados em plataformas computacionais diferentes. Diferentemente do enfoque tecnológico dos níveis anteriores, a integração do negócio baseia-se num enfoque global da empresa e envolve o compartilhamento de conhecimentos pelos seus membros, requerendo a modelagem de suas regras e procedimentos.

Vernadat (1996) distingue dois tipos de integração: integração horizontal e integração vertical. A primeira envolve integração lógica e física de Processo de Negócio, desde a demanda de produtos numa determinada empresa até o embarque do produto, independente das suas

fronteiras organizacionais. Exemplos deste tipo de integração são Engenharia Concorrente e Just-In-Time (JIT). A integração vertical compreende a integração dos vários níveis de gerenciamento da empresa, em termos da tomada de decisão, focalizando o fluxo de decisão que inclui ordens, metas e objetivos enviados pelos níveis superiores aos inferiores, obedecendo a hierarquia de obrigações, sigilo e retorno dessas informações (Vernadat, 1996). Processo de Negócio é um conjunto parcialmente ordenado de Atividades de Empresa que podem ser executadas para atingir um determinado objetivo da empresa e obter um resultado desejado (ISO, 2000).

1.4 Projeto de Integração de Empresa

A complexidade dos produtos atuais, como computadores, veículos e aviões, torna os processos fabris atuais complicados, e esses necessitam de uma estrutura gerencial auxiliada por plataformas computacionais. Também tornam-se críticas a gestão e sincronização dos mesmos. Simplificar, automatizar e integrar esses processos e aqueles que os suportam e gerenciam, bem como os recursos que os executam, significam custos e riscos elevados, requerendo um conhecimento que a empresa nem sempre possui. Por isso é imperativo planejar criteriosamente todo o esforço e capital necessários, e os resultados esperados, evitando-se assim dispêndios sem retorno garantido. O planejamento objetiva sistematizar o desprendimento dos esforços de integração em fases que permitem a integração gradativa da empresa, iniciando com a identificação da entidade a ser integrada, seguida pelo seu planejamento estratégico, definição de requisitos, especificação funcional, projeto detalhado, instalação, teste, operação (ISO, 2000).

Williams *et al.* (1996) propõem a elaboração de um plano diretor que mostre o estado atual da empresa e a migração entre esse e o estado futuro. Isto compreende as quatro primeiras fases do ciclo de vida, sendo que na fase de Planejamento Estratégico, o primeiro estágio de qualquer mudança funcional, tecnológica ou organizacional numa companhia e tem como pré-requisito o comprometimento de elementos-chave da organização com o programa de integração e com o esclarecimento aos demais funcionários. Nessa fase, identificam-se as pessoas que apoiam o projeto de integração e realiza-se a revisão completa da estratégia empresarial, documentando-se a visão ou estado futuro desejado e o escopo e objetivos da mudança a ser empreendida.

1.5 Abordagens de Integração de Empresa

Vernadat (1996) propõe abordagens básicas de integração de empresa fundamentadas em modelos do sistema integrado de manufatura. São elas:

- Integração Baseada no Modelo Principal – Prevê um único modelo de referência do qual são derivados e particularizados todos os outros modelos dos aplicativos do sistema. A garantia da consistência entre modelos é problemática porque qualquer modificação no modelo de referência necessita ser propagada aos demais modelos;
- Integração Baseada em Unificação - Todos os modelos locais criados são unificados via meta-modelo que contém os significados dos conceitos compartilhados pelos vários componentes do sistema de manufatura. Problemas de unificação semântica são solucionados por blocos construtores na fase de projeto, sendo sempre possível implementar uma solução factível para um sistema em operação. Quaisquer modificações nos modelos refletem-se com consistência, possibilitando o crescimento incremental do sistema. Todavia exige-se grande esforço de modelagem durante o projeto, porque devem ser modelados todos os tipos de objetos trocados pelo sistema ou aqueles relacionados com comunicação;
- Integração Baseada em Federação – Possibilita criar todos os modelos locais necessários e acrescentar novos, mas os existentes permanecem sem atualização. Os sistemas baseados nessa abordagem são fracamente acoplados porque as trocas ocorrem sob demanda e a unificação semântica é resolvida por meio do mecanismo de federação *late binding*. De acordo com esse mecanismo um sistema necessita responder a outro, segundo os conceitos do requerente.

1.6 Suporte Metodológico

Esse suporte compreende, nesse trabalho, os conhecimentos relativos a modelagem empresarial, abrangendo as fases ou etapas de planejamento, organização e execução sistemática de um projeto de integração. Isto inclui diretrizes, métodos, linguagens e formalismos para detalhar a empresa em modelos gerados em fases que se sucedem, significando conceber,

planejar, gerir e executar tal projeto dentro conforme a disponibilidade dos recursos da empresa, ao longo do seu ciclo de vida. Atualmente, os conhecimentos que constituem esse suporte estão sendo organizados e originando uma nova disciplina: a Engenharia de Empresas (Bernus *et al.*, 1996). Dentre os benefícios oferecidos por esse suporte estão a visualização do empreendimento previsto para o projeto de integração, compreensão a priori da necessidade de equipe multidisciplinar, auxílio à definição das equipes que conduzirão o projeto (Williams *et. al.*, 1996; ISO, 1998).

Neste trabalho o núcleo desse suporte é constituído pela arquitetura CIMOSA (CIMOSA Association, 1996) e metodologia CimOsa/rg (Gachés, 1999). A metodologia CimOsa/rg provê os conceitos e prescreve a sistemática que permitem modelar uma empresa, expressando-a segundo o paradigma de processos e a partir desses, formalizar seus requisitos segundo três aspectos: função, informação e recurso.

1.7 Motivação

Este trabalho é motivado pela necessidade de captação e organização de suporte metodológico que propicie a integração de empresa, tendo como abordagem a modelagem empresarial, realizada de forma sistemática, visando agilizar e tornar mais eficiente o processo de integração de empresas. Também é motivado pela necessidade de um modelo conceitual da Plataforma PIPEFA que a represente de maneira formal e não-ambígua, segundo o paradigma atual de organização de empresas, e assim permita capitalizar os conhecimento e unifique a semântica referentes a essa plataforma.

1.8 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é empreender uma abordagem de modelagem sistemática de empresa, aplicando a teoria representada pelas arquiteturas e metodologias supra citadas, focalizando a Plataforma PIPEFA, por intermédio do desenvolvimento de um modelo conceitual que a descreva globalmente, como uma unidade de negócio, uniformize suas terminologia e interfaces, segundo três perspectivas: função, informação e recursos. Isto é feito

assumindo-se que sob o ponto de vista funcional, uma empresa pode ser vista como um conjunto enumerável ou finito de unidades funcionais, expressas como Processos do domínio, interagindo num ambiente distribuído, por intermédio da troca de Eventos e Vistas de objetos, e executados por Entidades Funcionais.

1.9 Escopo

Esta monografia está delimitada pelos conceitos e procedimentos utilizados na fase de requisitos de uma empresa, segundo o ciclo de vida estabelecido pela arquitetura CIMOSA, a contextualização e conceituação da integração de empresa e da abordagem de modelagem, a descrição do suporte metodológico constituído pelos modelos e arquiteturas de referência e metodologias, descrição e redefinição dos principais elementos da Plataforma PIPEFA e pela aplicação desse suporte metodológico no desenvolvimento de um modelo conceitual dessa plataforma.

1.10 Validação da Proposta

A validação da proposta deste trabalho fundamenta-se nos conceitos e processo de modelagem prescritos pela arquitetura CIMOSA e metodologia CimOsa/rg, seguidos fielmente no desenvolvimento do modelo da Plataforma, graças ao emprego da ferramenta CimTool. Essa ferramenta é baseada na Metodologia CimOsa/rg e contribui para validar o modelo desenvolvido por oferece uma linguagem diagramática e garantir a consistência dos elementos do modelo; também auxilia a equipe de projeto a avaliar o conteúdo desse modelo, significando que permite examinar como operam os processos, funcionalidades e inter-relações da Plataforma.

1.11 Contribuições

Esse trabalho contribui por reunir e exprimir um suporte teórico necessário a modelagem e integração empresarial e aplicá-lo no desenvolvimento de um modelo conceitual semi-formal e não-ambíguo, tendo como objeto-alvo a Plataforma PIPEFA, a qual é considerada hipoteticamente como uma unidade de negócio. Também contribui por poder reutilizar os

conceitos e sistemática de modelagem empregados em aplicações empresariais, consolidando uma abordagem de trabalho de equipe. Contribui por redefinir os principais elementos, da referida Plataforma e formalizar em perspectivas distintas e complementares, sua representação de tal forma que possa ser facilmente entendido, ampliado e reutilizado pela equipe de projeto, o que viabiliza a definição de sua trajetória evolutiva, segundo etapas sucessivas de detalhamento, que permitam-na realizar outras atividades.

1.12 Estrutura da Monografia

Esta monografia é composta de seis capítulos e um apêndice. Neste primeiro capítulo descreve-se o contexto do trabalho, define-se a integração de empresa como tema desta tese e apresenta a motivação, objetivo e contribuições do trabalho. O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica sobre o tema desse trabalho. O terceiro detalha a metodologia CimOsa/rg. O quarto capítulo descreve a Plataforma PIPEFA e redefine de alguns dos seus elementos. O quinto capítulo modela essa plataforma, segundo a metodologia CimOsa/rg. O sexto capítulo apresenta as conclusões e os trabalhos futuros. O apêndice A1 resume as características da ferramenta computacional CimTool empregada na elaboração do referido modelo.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

O primeiro capítulo descreveu o contexto desta monografia, apresentando a situação das empresas de manufatura contemporâneas, definiu a integração de empresa como tema deste trabalho de tese e a modelagem empresarial como uma abordagem dessa integração. Neste apresenta a revisão bibliografia referente ao tema e abordagem mencionados.

2.1 Introdução

Um sistema possui um ciclo de vida cujas fases abrangem desde sua concepção, planejamento, projeto, construção, operação, manutenção até sua desativação (ISO, 2000). No caso das empresas contemporâneas – sistemas formados por processos, pessoas e equipamentos – verificam-se que esses são continuamente reprojitados, atualizados e modificados visando torná-las cada vez mais competitivas. Integrar esses elementos, significa prover a informação correta a quem a requisita, no local e momento exigidos, e envolve suas simplificação e automatização. Este é um empreendimento multidisciplinar cujos custos e riscos são elevados pois os processos além de serem executados em paralelo são em geral não-estruturados. É necessário, portanto, compreender o funcionamento e inter-relações desses elementos para assim identificarem-se as informações requeridas/geradas, materiais utilizados/produzidos, decisões tomadas e operações realizadas. Isto envolve a descrição da empresa em termos de sua estrutura, funcionalidade e comportamento e em seu próprio contexto: seus objetivos, restrições, regras, capacidades e estados (CIMOSA Association, 1996).

2.2. Modelagem de Empresa

A modelagem de empresa é um termo genérico que abrange um conjunto de atividades, métodos e ferramentas relacionadas com o desenvolvimento de modelos dos vários aspectos de uma empresa (Vernadat, 1996). Modelar a empresa significa descrever suas operações e objetos processados, a sequência em que suas operações são realizadas, os instantes em que iniciam-se e terminam, e os recursos que as executam. A modelagem de empresa é uma abordagem que busca evidenciar a operação, organização e funcionamento da empresa, visualizar suas inter-relações, inconsistências, incompatibilidades e atividades redundantes, sendo por isso um dos pré-requisitos ao êxito da integração. Essa abordagem evoluiu a partir da modelagem de processos de negócio tradicionais, sistemas integrados de manufatura por computador (CIM) e sistemas baseados em conhecimento. Modelar significa formalizar e portanto capitalizar uma forma de conhecimento não-ambíguo, possibilitando sua utilização por outros agentes, pessoas e aplicativos, da empresa. Isto envolve descrever numa linguagem apropriada um objeto, de modo que possa ser compreensível a qualquer um que conheça a linguagem (Gachés, 1999).

Segundo Kosanke (1995), a modelagem da operação da empresa é uma maneira efetiva de identificar e obter acesso à informação necessária e quando baseada no conceito de processo, não apenas identifica a informação necessária e produzida pela empresa no curso dos diferentes processos de negócio, mas habilita a descrição da funcionalidade e da dinâmica do processo, dos recursos necessários e das relações com sua organização. Somente com a empresa modelada como um conjunto de processos independentes e cooperativos, ao invés de uma grande entidade monolítica, seu comportamento pode ser melhor compreendido, mudanças eficientemente implementadas, operações modificadas e extensões feitas em tempo real (AMICE, 1993).

Em geral, as pessoas estão familiarizadas com a modelagem de produtos como eletroeletrônicos, automóveis, e aviões, dentre outros, de modo que os benefícios de modelagem de outros tipos de objetos são raramente percebidos, em particular a descrição de recursos de manufatura, materiais e também o processo empresarial, funções e conhecimento. Mantendo-se em mente que um modelo é um investimento, uma capitalização, necessário para gerir a evolução

da empresa, também constitui uma base que possibilita criar instâncias de objetos, em resposta a problemas cujas soluções sejam similares às aquelas expressas por esses objetos. Isto agiliza a reação da empresa, facilita e reduz seu custo de evolução.

No presente vários esforços estão sendo feitos na comunidade científica e industrial no sentido de padronizar a terminologia, linguagens, modelos, arquiteturas e metodologias empregadas em modelagem e integração de empresa. Dentre as instituições envolvidas destaca-se o órgão normativo ISO TC 184 SC 5 WG1 (Working Group 1) Modeling and Architecture (ISO, 1997, 1998, 2000). Esse grupo atua no processo de geração de padrões internacionais considerando modelagem e arquitetura de empresa.

2.3 Modelos para Sistemas Integrados de Manufatura

Um modelo é uma abstração da realidade expressa em palavras, símbolos ou de expressões matemáticas destinada a mostrar um certo aspecto dessa realidade visando responder questões estudadas (ISO, 1998). Um modelo de referência pode ser considerado como um modelo geral que pode ser usado como uma base para dele gerar outros modelos, ou como um exemplo que pode servir como orientação ao desenvolvimento de outros modelos. Um exemplo de modelo particular é aquele que é usado para a qualificação de uma empresa determinada e que pode ser derivado do modelo de referência.

A carência de metodologias de projeto que permitissem antever a complexidade e investimentos necessários à integração de aplicativos e o auxílio desses aos processos empresariais, motivou nas universidades, nos centros de pesquisa e nas empresas, o desenvolvimento de modelos, técnicas e metodologias para integração. A partir do final dos anos setenta a meados dos anos oitenta, vários modelos e métodos para projeto de sistemas de manufatura foram desenvolvidos nos Estados Unidos e na Europa (Bernus *et al.*, 1996). Alguns desses modelos são:

- Modelo NIST – Esse modelo foi descrito pelo NBS (*National Bureau of Systems*, atualmente NIST, *National Institute for Standards and Technology*), tendo sido o primeiro publicado

como uma arquitetura para sistemas CIM; é amplamente aceito como modelo de referência (Bernus *et al.*, 1996). Trata-se de um modelo conceitual que descreve um sistema fabril segundo uma estrutura de controle hierárquico composta por cinco níveis: Fábrica, Produção, Célula, Estação e Equipamento. Estes níveis podem ser subdivididos em subníveis ou módulos;

- ICAM – *Integrated Computer-Aided Manufacturing* – É um modelo elaborado para a indústria aeroespacial norte-americana, num dos projetos da Força Aérea dos Estados Unidos. Apresenta as funções de manufatura em lote e detalha seus relacionamentos, sendo suportado pela metodologia IDEF (KBSI, 1995; Bernus *et al.*, 1996);
- CAM-I – *Computer Integrated Manufacturing Model* – É um modelo elaborado pela organização CAM-I, considerado mais genérico que o modelo ICAM e destina-se a uma ampla variedade de empresas de manufatura. O modelo descreve uma fábrica segundo quatro níveis hierárquicos: fábrica, área, *shop* e célula. Cada nível contém sete funções genéricas principais. Esse modelo é pouco utilizado por ser demasiadamente conceitual (Bernus *et al.*, 1996);
- Modelo de Referência CIM de Purdue – Esse modelo foi elaborado pelo comitê *CIM Reference Model Committee* coordenado pelo laboratório PLAIC, *Purdue Laboratory for Applied Industrial Control* em 1989, sob o título *A Reference Model for Computer Integrated Manufacturing (CIM)* (Williams, 1989). Trata-se de um modelo conceitual utilizado como referência em projetos de integração de empresa, cujo desenvolvimento fundamentou-se na abordagem de análise estruturada (DeMarco, 1979). O modelo descreve um sistema integrado de produção, composto pelas áreas funcionais ou entidades internas: Processamento de Pedidos, Escalonamento da Produção, Controle da Produção, Controle de Matérias-primas, Compras, Garantia de Qualidade, Controle de Estoque de Produtos, Custos do Produto, Contabilidade e Administração de Embarque de Produto. Também descreve os fluxos de dados entre essas e as áreas de Marketing & Vendas, Engenharia, Pesquisa & Desenvolvimento, Fornecedores, Clientes, empresas de Transporte, Contabilidade e Compra,

as quais considera entidades externa. As primeiras são distribuídas em seis níveis hierárquicos: Equipamento, Estação, Célula, Seção, *Facility* e empresa. Esses níveis refletem a importância de cada uma das tarefas e a subordinação entre as mesmas. Todas essas áreas ou entidades supostamente compõem uma empresa genérica industrial.

- Modelo GRAI – É um modelo conceitual, utilizado como referência no projeto de sistemas integrados de produção, elaborado no Laboratório GRAI, Bourdeaux, França, com o propósito de satisfazer as necessidades de modelagem de sistemas de decisão (Doumeingts, 1984). Esse modelo descreve os conceitos mais genéricos de sistemas de manufatura focalizando o gerenciamento da produção. Isto inclui os elementos invariantes de um sistema CIM, seus subsistemas, relacionamentos e comportamentos. O modelo fundamenta-se na teoria de sistemas, teoria de controle hierárquico, teoria de grafos e teoria de controle de gestão da produção. Seus elementos são dois modelos conceituais: um modelo macro que descreve sistemas de manufatura e um modelo micro que é aplicado à descrição de centros de decisão. Como apresentado na Figura 2.1 (Doumeingts, 1984; Bernus *et al.*, 1996) este modelo representa um sistema produtivo segundo três subsistemas. São eles:
 - a) Sistema de Decisão – Controla o sistema físico, segundo uma estrutura decisória estratificada em níveis de tomada de decisão. Cada nível é composto por centros de decisão e cada centro em qualquer nível pode ser decomposto usando o mesmo critério de decomposição: elemento físico, elemento de decisão e elemento de informação;
 - b) Sistema de Informação – Esse sistema está estruturado de forma hierárquica, opera sob comando do Sistema de Decisão e fornece toda a informação por este requerida. Como apresenta a Figura 2.1, esse sistema permeia todo o sistema produtivo e age como elemento de ligação entre o sistema físico e o de decisão e entre estes e o meio externo;
 - c) Sistema Controlado (Sistema Físico) – Esses sistema transforma matérias-primas em produtos acabados e compõe-se dos meios de produção: pessoas, insumos, materiais e técnicas, organizados segundo critérios de agrupamento numa decomposição hierárquica.

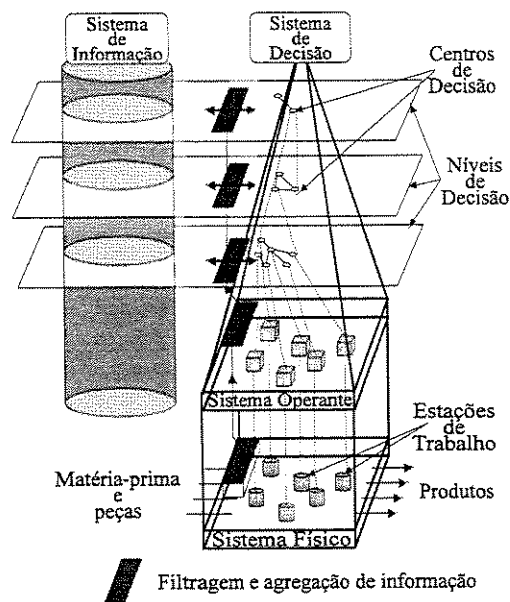


Figura 2.1 Modelo Conceitual GRAI

Fonte: (Doumeingts, 1984)

Juntamente com esse modelo os formalismos de modelagem GRAI grid e GRAI net foram desenvolvidos pelo Laboratório GRAI para análises complementares do sistema de decisão. Esses formalismos são descritos a seguir.

- GRAI *grid* – Este formalismo permite, de uma forma macro, a análise *top-down* do sistema de decisão e consiste numa matriz bidimensional cujas colunas representam as funções usuais, como projeto, *marketing* e vendas de uma empresa, e as linhas indicam os níveis do sistema de decisão. Os elementos dessa matriz definem centros de decisão. A definição das colunas baseia-se no horizonte e no período de planejamento, alocando no topo da matriz os horizontes de longo prazo e na base os de curto. Assim organizada, a matriz possibilita a análise dos relacionamentos entre tais centros em termos dos fluxos de informação e de decisão.
- GRAI *nets* – Esse formalismo permite modelar os detalhes dos centros de decisão em termos de suas atividades, recursos e objetos de entrada e saída. Os recursos são informação ou mecanismos e são denominados suportes. Sua utilização suporta a análise *bottom-up* do

sistema de decisão e permite validar a análise anterior, realizada de forma *top-down*.

2.4 Métodos para Projeto de Sistemas Integrados de Manufatura

Os métodos e técnicas para projeto de sistemas integrados de manufatura provêm de diferentes áreas. A análise estruturada / projeto estruturado, do inglês, *Structured System Analysis and Design* (SSAD) é um método criado por Chris Gane e Trish Sarson (Gane e Sarson, 1979), a partir do Diagrama de Fluxo de Dados, DFD. Esse diagrama é uma ferramenta gráfica que possibilita definir os requisitos de um sistema, mostrar seus fluxos de dados e as transformações aplicadas aos mesmos, à medida que esses fluem da sua entrada para a saída. Sua notação é composta pelos quatro símbolos mostrados na tabela 2.1. Segundo Pressman (1992), a simplicidade desses símbolos propicia alta legibilidade aos modelos, dispensando conhecimentos da área de ciência da computação para compreendê-los. O emprego desta ferramenta conduz à uma descrição *top-down* do sistema, definindo-se, primeiro, o diagrama de contexto ou modelo fundamental do sistema. Esse diagrama consiste de círculos nomeados e com números que indicam o grau de detalhamento ou nível de abstração a que cada círculo se refere. A modelagem completa de um sistema, segundo essa técnica, requer o suporte de textos adicionais, na forma de um dicionário de dados contendo a descrição da composição de cada elemento de dados, as especificações de processos, mostrando o comportamento de cada um individualmente, além das restrições aplicadas aos dados que processam;

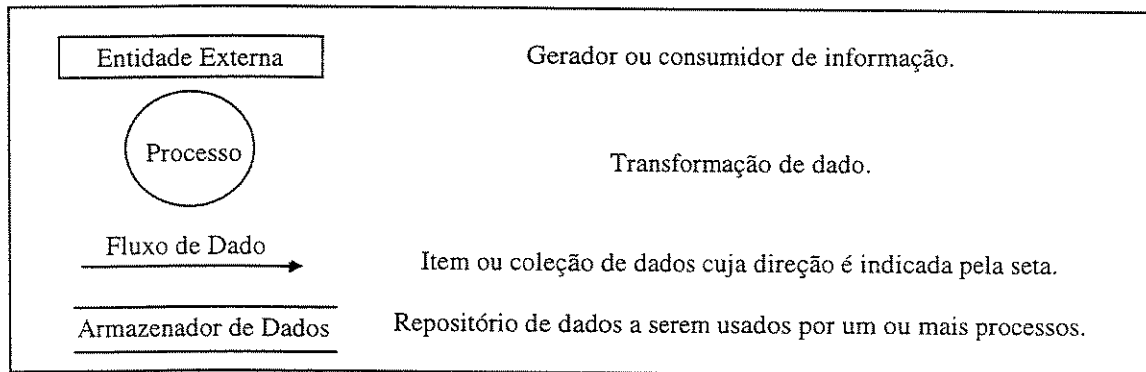


Tabela 2.1 Notação básica do DFD

- SADT (*Structured Analysis and Design Technique*) – Essa técnica foi desenvolvida por Douglas T. Ross em 1974 (Ross, 1974) como uma “linguagem para comunicação de idéias” que suporta a análise de requisitos e projeto de sistemas. Essa técnica incorpora uma abordagem estruturada que permite a compreensão do usuário antes de que seja proposta uma solução de projeto. Segundo Vernadat (1996), essa abordagem é a maior vantagem da técnica, por permitir a decomposição funcional de sistemas complexos em funções, subfunções, e assim por diante, arranjadas de maneira hierárquica, possibilitando desmembrar aplicativos complexos em rotinas e subrotinas. Seus procedimentos e notação gráfica possibilitam decompor um sistema de forma *top-down* e estruturá-lo hierarquicamente, segundo dois tipos de modelos: modelo de atividade e modelo de dados. O modelo de atividades é criado utilizando o diagrama de ação, do inglês, *actigram*, como apresentada na Figura 2.2. O modelo de dados utiliza o datagrama, como mostrado na Figura 2.3. Esse último permite detalhar os dados utilizando um dicionário de dados.

A notação para descrição da atividade mostrada na Figura 2.2 possui os seguintes significados: o retângulo representa a atividade a ser realizada; à sua esquerda indicam-se dados a serem transformados e à direita aqueles gerados. Duração, frequência de realização, restrições etc. são dados que controlam a execução da atividade e situam-se acima da caixa. As informações sobre quem executa a atividade, por exemplo, departamento, seção ou mesmo indivíduo responsável pela atividade, são fornecidas na parte inferior do retângulo. Na descrição dos dados, à esquerda do retângulo apresentado na Figura 2.2, indica-se a atividade que os gera; à direita há a atividade que os utiliza; acima indicam-se às atividades que restringem sua geração e uso; na parte inferior estão os mecanismos para armazenagem de dados (por exemplo, um arquivo). Assim essa notação permite ao analista e/ou projetista explicitar o que será transformado, usado para controlar a atividade e avaliar a coesão e representação funcional de todas as caixas num diagrama.

A notação para descrição da atividade mostrada na Figura 2.2 possui os seguintes significados: o retângulo representa a atividade a ser realizada; à sua esquerda indicam-se dados a

serem transformados e à direita aqueles gerados. Duração, frequência de realização, restrições etc. são dados que controlam a execução da atividade e situam-se acima da caixa. As informações sobre quem executa a atividade, por exemplo, departamento, seção ou mesmo indivíduo responsável pela atividade, são fornecidas na parte inferior do retângulo. Na descrição dos dados, à esquerda do retângulo apresentado na Figura 2.2, indica-se a atividade que os gera; à direita há a atividade que os utiliza; acima indicam-se às atividades que restringem sua geração e uso; na parte inferior estão os mecanismos para armazenagem de dados (por exemplo, um arquivo). Assim essa notação permite ao analista e/ou projetista explicitar o que será transformado, usado para controlar a atividade e avaliar a coesão e representação funcional de todas as caixas num diagrama.

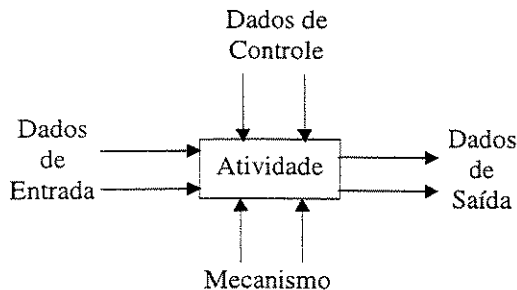


Figura 2.2 Diagrama de Atividade

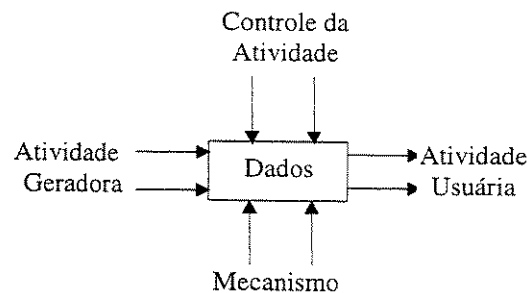


Figura 2.3 Datagrama

- IDEF – *Integration Definition* - É uma família de métodos originados a partir do projeto ICAM, *Integrated Computer-Aided Manufacturing*, sob coordenação da Força Aérea dos Estados Unidos. Sua grande utilização, em particular do IDEF0 (NIST, 1993), provém do apoio e normalização do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD).

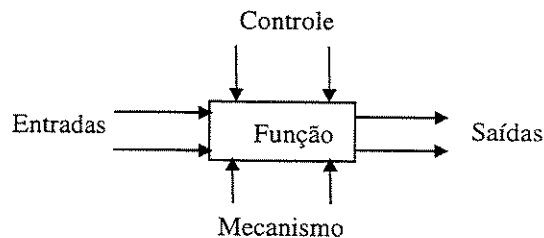


Figura 2.4 Notação gráfica do método IDEF0

- IDEF0 – *Function Modeling Method*, Método para Modelagem Funcional – Esse método para modelagem funcional empregado na fase de definição de requisitos de um sistema ou organização, segundo passos de modelagem que permitem descrever decisões, ações e atividades de uma empresa. Este é o método mais utilizado para projeto de sistemas integrados de produção (Doumeingts *et al.*, 1995), sua notação gráfica é apresentada na Figura 2.4 e sua descrição completa encontra-se no documento FIPS 183 (NIST, 1993);
- IDEF1 – *Information Modeling Method*, Método para Modelagem de Informação. Esse é um método gráfico para análise estruturada e definição dos requisitos de informação e de gerenciamento dos recursos, considerando componentes automatizados e não-automatizados (pessoas, arquivos, equipamentos etc.) do sistema de informação. Os modelos resultantes oferecem a base para decisões de projeto, fornecendo aos gerentes visão e conhecimento necessários para estabelecer a política apropriada de gerenciamento de informação (NIST, 1993; KBSI, 1996);
- IDEF1x – *Data Modeling Method*, Método para Modelagem de Dados – É um método para projeto lógico de bases de dados relacionais. Sua sintaxe suporta construtores semânticos necessários à construção do esquema conceitual. Esse esquema é uma definição integrada dos dados da empresa. Essa definição independe de qualquer aplicativo, meios de armazenagem e de acesso. Os modelos gerados com base neste método destinam-se a programadores que os adotam como referência para o projeto e implementação da base de dados. Desde 1993 é um padrão para Modelagem de Dados FIPS 184 (NIST, 1993). Uma de suas vantagens advém da rígida padronização adotada nos projetos do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Uma de suas desvantagens, como a de outros métodos, é a exigência de experiência do modelador para criar modelos consistentes;
- IDEF3 – *Process Flow and Object State Description Capture Method*, Método para Captura e Descrição de Fluxo de Processo e Estado de objeto – É um método criado especificamente para capturar seqüências de atividades (KBSI, 1995) possibilitando descrever fluxo de processo e aspectos comportamentais de sistemas, de informações temporais, relações de

precedência e causalidade entre situações e eventos relacionados com os processos da empresa. Esse método possibilita estruturar, no contexto de um cenário, o conhecimento de como um sistema, processo ou organização opera. O método possui dois modos de descrição: fluxo de processo que mostra como o trabalho é realizado na empresa; rede de transição de estado de objeto que representa as transições que um objeto pode ser submetido num processo específico. Todos esses métodos são padrões norte-americanos de modelagem e são suportados por ferramentas computacionais.

- Entidade–Relacionamento (E-R) – Essa é uma técnica para modelagem de dados baseada na teoria de conjuntos e inicialmente formalizada por Peter Chen (Chen, 1976), tendo recebido várias extensões. Sua premissa básica consiste em considerar uma empresa como um conjunto de entidades e seus respectivos relacionamentos. Entidade pode ser pessoa, lugar ou objeto, ou mesmo evento, podendo ser classificada em conjuntos de tipos de entidades, sendo que cada conjunto é constituído por instâncias ou ocorrências de entidades do mesmo tipo. Relacionamentos são associações ou conexões que existem entre entidades, podendo ser entendidos como mapeamentos entre dois ou mais conjuntos de entidades. Essa técnica oferece uma notação gráfica denominada diagrama entidade-relacionamento cujos elementos são: retângulos que representam entidades, losangos que indicam relacionamentos, e linhas que descrevem associações entre objetos de dados e relacionamentos. Essa técnica permite criar uma vista global ou esquema conceitual da empresa, identificando-se as entidades de interesse e respectivos relacionamentos. Essa etapa é realizada na fase de análise de requisitos e resulta num diagrama E-R ou esquema conceitual da empresa. Nessa identificação não é feita qualquer consideração sobre eficiência, facilitando a comunicação entre o projetista da base de dados e o usuário final.

2.5 MIM – Metodologia para Integração de Manufatura

Esta metodologia foi desenvolvida na Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, com o objetivo de possibilitar o planejamento da integração de sistemas de manufatura (Rentes, 1995). Seus elementos são um procedimento para desenvolvimento de um

Plano Diretor de Integração da Manufatura – PDIM – e uma ferramenta computacional desenvolvida especificamente para apoiar a elaboração desse plano. O PDIM é um documento com estratégias de manufatura e de negócios priorizadas, modelo operacional da empresa e projetos específicos detalhados, relação de ações a serem empreendidas na empresa e relatório de diagnóstico dos problemas analisados.

O procedimento parte de uma visão dos objetivos estratégicos da empresa e esses orientam a definição dos projetos de integração a serem implementados, segundo três fases (Rentes, 1995): preparação inicial que consiste em levantamentos de projetos essenciais a empresa e estratégias de negócio e de manufatura; preparação macro funcional, compreendendo a elaboração de um diagnóstico macro da empresa, tendo como base a teoria das restrições, definição de ações de integração; preparação operacional envolvendo definição e detalhamento de projetos específicos. A teoria das restrições foi desenvolvida por Eliyahu Goldratt nos anos 80 e propõe um processo de otimização contínua composto por cinco etapas: identificar a restrição do sistema, explorar a restrição do sistema, subordinar tudo o mais à decisão acima, elevar a restrição do sistema. passos é possível enfocarem-se os esforços nos pontos de um sistema que determinam seu desempenho e assim melhorar seu desempenho no curto prazo, já que esses pontos são suas restrições (Goldratt e Fox, 1997).

As fases da metodologia são suportadas por uma proposta de modelagem que possibilita descrever a empresa segundo cinco modelos interrelacionados. São eles: modelo de negócios, formaliza os objetivos, estratégias de negócios e de manufatura e políticas da empresa; modelo organizacional, representa a estrutura organizacional da empresa; modelo de operação, exprime o funcionamento da empresa segundo suas operações; modelo de recursos, representa os padrões de integração dos sistemas de informação da empresa; modelo de dados, consiste num modelo entidade-relacionamento descrevendo a empresa segundo suas necessidades de processamento de dados.

Esses modelos podem ser armazenados numa metabase de dados cuja estrutura obedece o modelo entidade-relacionamento. A instanciação dessa metabase pode ser efetuada utilizando a

ferramenta computacional citada.

2.6 Arquiteturas de Referência e Metodologias para Integração de empresas

A complexidade de uma sistema fabril aliada a da própria empresa de manufatura requerem que os esforços sejam planejados e sistematizados em etapas de modo a minimizar os custos e riscos. Como a empresa em geral não detém o conhecimento necessário a realização de um projeto dessa magnitude e há a necessidade de garantir que as estruturas organizacionais e de informação desenvolvidas, sejam viáveis nas infra-estruturas contemporâneas, evidencia-se a importância de arquiteturas de referência que descrevam como sistematizar e realizar as etapas de tal projeto em toda sua amplitude, permitindo atingir seus objetivos, padronizar e reutilizar os conhecimentos comuns presentes em todos os projetos de integração.

Dentre as inúmeras arquiteturas presentes na literatura que abordam sistemas fabris, abrangendo seu controle e operação, distinguem-se dois tipos: as do tipo 1 constituem a maioria e caracterizam-se por descrever os elementos e seus inter-relacionamentos ou estrutura, sem contudo, abordarem como integrá-los. Já as arquiteturas do tipo 2 explicitam como fazer um projeto de integração segundo etapas que coincidem com próprio ciclo de vida da empresa, tal como descrito na seção 1.4. As arquiteturas CIMOSA, GRAI-GIM e PERA são exemplos de arquiteturas desse tipo (Bernus *et al.*, 1996) as quais sistematizam um projeto de integração, estabelecem os modelos a serem gerados em cada fase, segundo várias vistas da empresa.

Vista de Empresa significa uma percepção seletiva que enfatiza algum aspecto específico ao mesmo tempo em abstrai-se de outros (CEN/CENELEC, 1990). Esse conceito possibilita abordar a complexidade da empresa por permitir focalizar o aspecto sob interesse, sem no entanto desconsiderar as características relevantes do que está sendo examinado. As vistas se subdividem em quatro – função, informação, recursos e organização (CEN/CENELEC, 1990) e focalizam aspectos específicos tais como atividades e informações, dentre outros. Segundo Berio e Vernadat (1999), essas quatro vistas são propostas por diferentes abordagens de modelagem, dentre elas as arquiteturas acima mencionadas.

2.6.1 ARIS (Architecture of Integrated Information Systems)

Esta arquitetura destina-se a suportar a análise, projeto e implementação de sistemas de informação. Foi elaborada por Wilhelm Scheer (Scheer, 1992), a partir do conceito de Modelo de Cadeia de Processo. Esta cadeia consiste numa sequência de processos individuais que transformam informações, sendo que cada processo é iniciado e concluído sob a ação de eventos. Concentrada na transformação de informações, abrangendo eventos, processos e relacionamentos do sistema de informação, a modelagem de empresa segundo essa arquitetura envolve quatro vistas inter-relacionadas: função, dados, controle e organização.

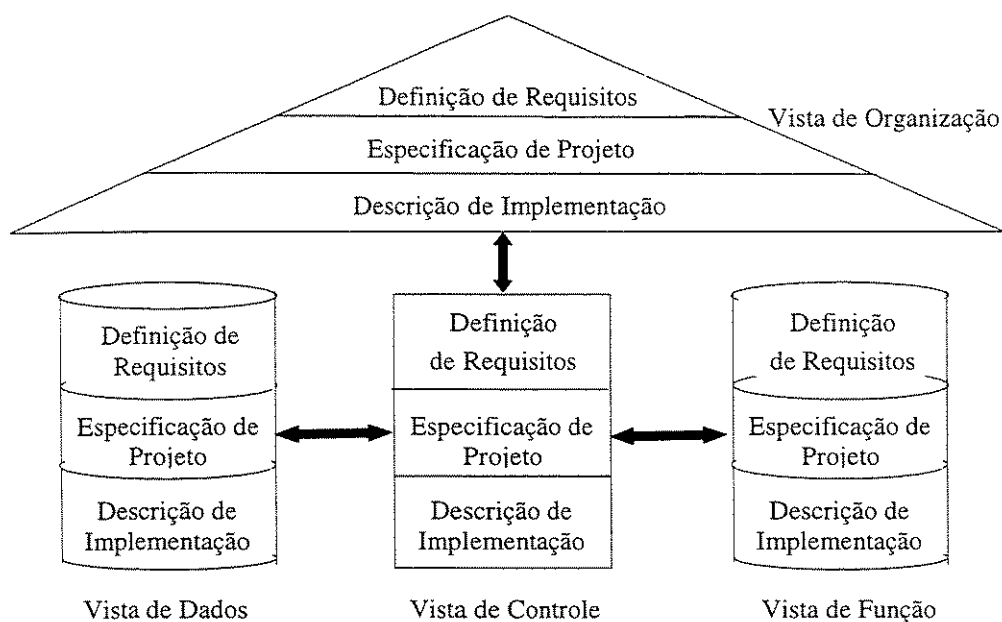


Figura 2.5 Arquitetura ARIS

Fonte: (Scheer, 1992)

A vista de função descreve uma hierarquia de funções especificadas como estruturas e módulos de programas que tornar-se-ão código de programa. A vista de informação contém modelos semânticos de dados definidos na forma de diagramas entidade-relacionamento. A vista de organização estabelece departamentos e pessoas relacionadas a cada processo e a topologia de redes de comunicação, dentre outras atribuições. A vista de controle relaciona-se as três outras vistas e contém as cadeias de atividades ou processos de negócios implementadas como

seqüências lógicas de programas computacionais (Scheer, 1992; Vernadat, 1997). O detalhamento dessas vistas é realizado segundo três níveis de abstração: definição de requisitos, especificação de projeto e descrição de implementação, como mostra a Figura 2.5.

A arquitetura possui uma metabase de dados descrita segundo a técnica entidade-relacionamento e cujo conteúdo é a estrutura dos aplicativos do sistema de informação, representada pelos modelos das quatro vistas acima descritas. Essa arquitetura conta com o suporte de ferramentas computacionais comercializadas que permitem projetar, avaliar e aplicar processos de negócio à empresa.

2.6.2 GRAI-GIM

GRAI – Graphes à Résultats et Activités Inter-reliés (Vernadat, 1996). GIM, originalmente designava GRAI-IDEF0-Merise, atualmente significa Metodologia Integrada GRAI (do inglês, GRAI Integrated Methodology). GIM é uma metodologia para análise, projeto e especificação de sistemas integrados de manufatura, desenvolvida em meados dos anos 80 pelo Laboratório GRAI, Universidade de Bordeaux, França. Segundo Vernadat (1996), essa metodologia foi influenciada pelas abordagens MERISE, IDEF, CIMOSA e ENV 40003, tendo dessa última adotado o conceito de vistas.

Essa metodologia é uma extensão do método GRAI para contemplar outros aspectos importantes de sistemas de produção. Esses aspectos são descritos segundo a vista de função, subsistema de informação e subsistema físico. O objetivo dessa metodologia é fornecer especificações do sistema CIM em termos de organização, tecnologia de informação e tecnologia de manufatura, de acordo com os requisitos do sistema futuro. Seus elementos incluem, além do modelo de referência GRAI descrito na seção 2.1.1, a estrutura conceitual de modelagem e abordagem estruturada descritas a seguir:

- a) **Estrutura de Modelagem** – Essa estrutura é um quadro de referência para organizar e garantir a completeza, consistência e integração dos modelos necessários à análise, projeto e implementação de um sistema integrado de manufatura (ISO, 1997). A estrutura descreve a

empresa mapeando cada um dos seus elementos em um submodelo do modelo global desta. Por serem os dados trocados entre os modelos um conceito comum aos mesmos a validação dos modelos é feita verificando-se a coerência entre esses dados. Cada modelo é elaborado utilizando-se uma ou mais ferramentas de modelagem. A estrutura possui quatro vistas descritas em termos conceituais e estruturais e estratificadas ao longo de três níveis de abstração, como apresenta a Figura 2.6.

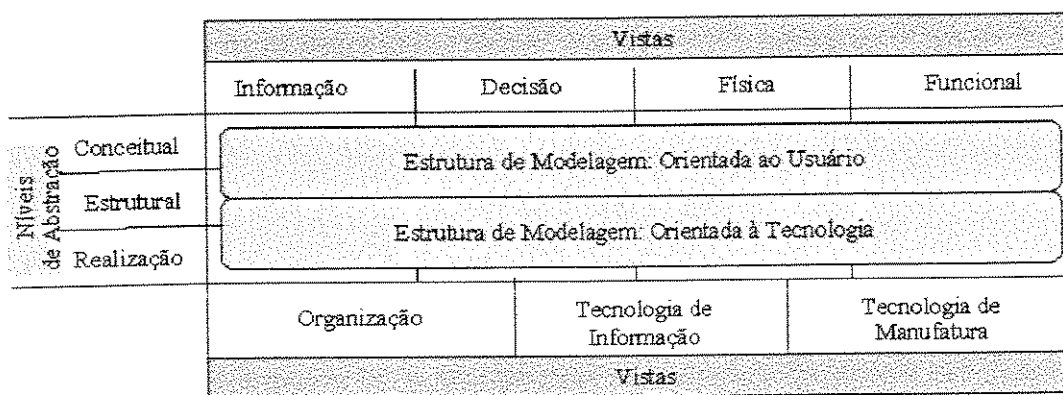


Figura 2.6 Estrutura GIM de Modelagem Fonte: (ISO, 1997)

As três primeiras são as vistas física, de decisão e de informação as quais provêm dos três sistemas definidos pelo modelo GRAI. A quarta vista, a funcional, foi acrescentada para mostrar as principais funções de um sistema de manufatura e permitir definir com exatidão as fronteiras do domínio estudado (Bernus *et al.*, 1993; ISO WG1, 1997). Como mostra a Figura 2.6 esta estrutura possui duas partes:

- Parte 1: Orientada ao usuário - reflete pontos de vista do usuário e representa a ênfase da GRAI-GIM;
- Parte 2: Orientada à tecnologia – Essa vista descreve as três seguintes vistas: organização, mostra como a gerência da manufatura está organizada, tecnologia de informação e tecnologia de manufatura.

Segundo Vernadat (1996), os três níveis de abstração mostrados na Figura 2.6 advieram

da metodologia MERISE a qual presta-se à modelagem estática e dinâmica de dados. Essa metodologia é descrita por Tardieu *et al.* (1983). Os níveis de abstração são:

- Conceitual – Este é o mais estável dos níveis e tem como objetivo permitir saber o sistema atua e como poderá vir a funcionar, isto porque é nesse nível que se descreve as funções e inter-relações do sistema, sem considerar aspectos técnicos ou organizacionais;
- Estrutural – Este é o mais específico dos níveis por conter restrições técnicas e descrever como o sistema será construído. Nele definem-se recursos, tempos, natureza das atividades, manual ou automática, e a organização do novo sistema, considerando critérios como: flexibilidade, segurança e evolução desse sistema;
- Realização – Nesse nível são levadas em consideração restrições técnicas do sistema sob estudo, possibilitando escolher componentes reais e determinar os componentes do sistema, em termos de funcionalidades, tais como: tipos de operação, de manufatura e de transporte.

Utilizando esta estrutura e os formalismos de modelagem nela previstos obtêm-se os seguintes modelos:

- Modelo Conceitual de Informação – Descreve todos os dados estáveis e naturais da organização, seus atributos e ligações, empregando a técnica entidade-relacionamento;
- Modelo Estrutural de Informação – É baseado na técnica Entidade-Relacionamento e descreve ambos: a estrutura dos dados e o meio, manual ou computacional, de processamento deles. A estrutura baseia-se na distribuição dos dados;
- Modelo Conceitual de Decisão – Descrição da decisão, considerando: estrutura, ligações entre níveis de decisão, análise de ligações entre objetivos, análise de restrições e descrição de variáveis de decisão. Utiliza-se GRAI *grid* no nível global e GRAI *nets* no nível detalhado;
- Modelo Estrutural de Decisão – Possibilita identificar tomadores de decisão, responsabilidade e autoridade. Esse modelo une tomadores de decisão à tomada de decisão. Na elaboração desse modelo utilizam-se os formalismos GRAI *grid* a nível global e GRAI *nets* no detalhado;
- Modelo Conceitual Físico – É uma descrição utilizada no controle do processo de fabricação,

abrangendo fluxos físicos e sincronização entre operações. Utilizam-se as ferramentas GRAICO, IDEF0 e simuladores para avaliar o desempenho do sistema físico;

- Modelo Estrutural Físico – Avalia o número de máquinas necessárias e a localização delas em células. Fornece informação acerca de tempo, centros de trabalho e operadores, elementos acerca de enlaces e sincronização e realiza o mapeamento entre a atividade e o recurso que a executa. O estudo do desempenho do sistema físico é feito utilizando-se os métodos IDEF0 e Estoque/Recursos (S/R, do inglês, *Stock/Resource*).

b) Abordagem Estruturada GIM

Esta abordagem mostra os passos que precisam ser seguidos para desenvolver um sistema CIM, onde o sistema é definido por um modelo de referência. Foi definida para mostrar como aplicar o método GRAI (Bernus *et al.*, 1996). Consiste numa metodologia estruturada destinada a suportar ao ciclo de vida de sistemas de manufatura, apoiando ambos: o método GRAI e a metodologia GIM. Essa metodologia considera os requisitos do usuário para prover especificações para o novo sistema CIM em termos da organização, tecnologia de informação e tecnologia de manufatura (Vernadat, 1996; ISO, 1997). Conforme mostra a Figura 2.7 esta metodologia possui quatro fases; são elas:

- Inicialização – Consiste em definir o problema, levantar os requisitos do usuário e garantir que o projeto do sistema satisfaz tais requisitos, validando-o com o usuário, antes de ser iniciado qualquer desenvolvimento ou implementação. Envolve os sete seguintes passos: definição global da empresa, apresentação do método aos seus gerentes, diagnóstico, inicialização da meta, definição do pessoal envolvido, treinamento dos participantes e finalmente, planejamento e definição dos recursos para a próxima fase;
- Análise – Nesta fase utilizam-se os formalismos do IDEF0, GRAI *grid*, GRAI *nets* e entidade-relacionamento e modela-se o sistema existente ou futuro definindo seus elementos e suas interfaces com áreas como Marketing e Departamento Financeiro. Analisa-se o modelo obtido comparado-o com modelos de referência elaborados pelo laboratório GRAI visando detectar inconsistências.

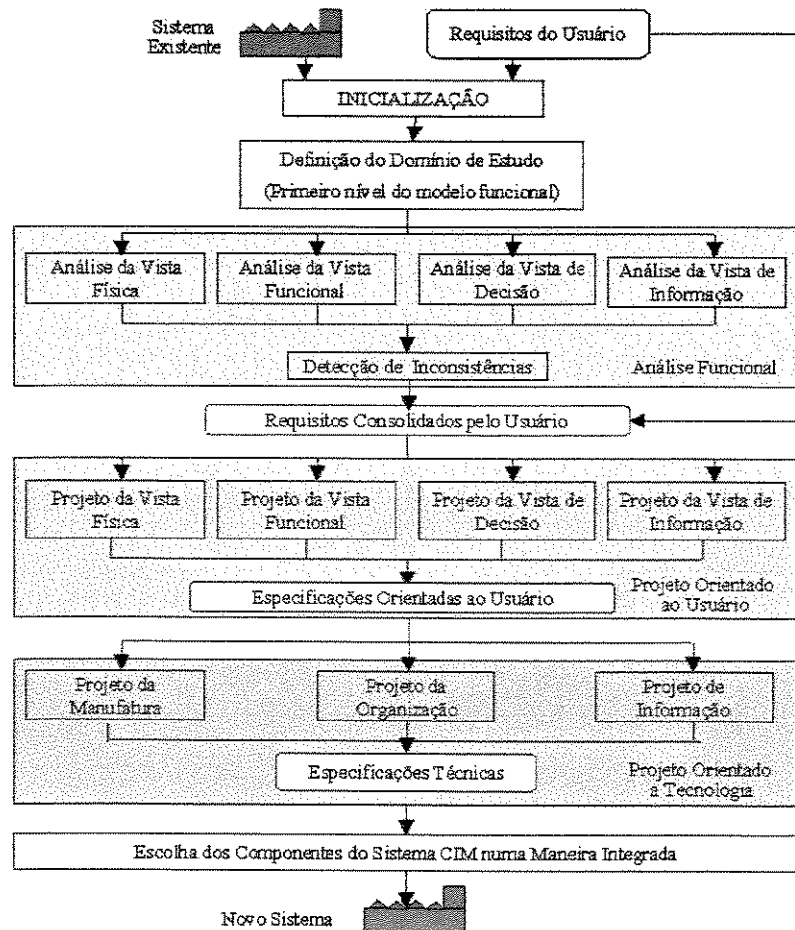


Figura 2.7 Abordagem estruturada GIM Fonte: (ISO, 1997)

- Projeto – Nesta fase procura-se corrigir inconsistências encontradas e especificar o novo sistema de manufatura. Para isto é dividida se em duas subfases. A primeira é denominada orientada ao usuário que consiste em validar especificações de forma que o usuário as compreenda. A seguinte é orientada à tecnologia e nela especialistas nas tecnologias de manufatura e informação elaboram as especificações técnicas que permitem ao usuário seleccionar os elementos do novo sistema: máquinas, computadores e recursos humanos;
- Implementação – Documenta a escolha tecnológica em termos das tecnologias citadas minimizando-se o impacto operacional produzido pela transição entre os sistemas.

2.6.3 PERA (*Purdue Enterprise Reference Architecture*)

É uma arquitetura de referência que descreve como conduzir um grupo de usuários por todas as fases de um programa de integração de empresas, desde o conceito inicial e uso até à obsolescência e desativação da planta de manufatura (Bernus *et al.* 1996). Segundo Vernadat (1996) é uma metodologia completa para engenharia de ambientes industriais desenvolvida pelo professor Theodore Joseph Williams (Williams, 1992). Sua originalidade consiste em considerar e representar o envolvimento humano no sistema de Integração da empresa e dos elementos e funções do sistema de manufatura da planta, necessários à sua integração global (Bernus *et al.*, 1996).

A arquitetura é representada pela estrutura conceitual mostrada na Figura 2.8 (Williams, 1992). Essa estrutura define o ciclo de vida de um projeto de integração de uma unidade empresarial segundo seis fases: conceitual, definição, especificação, projeto, implementação, operação/manutenção e desativação. No lado direito da estrutura e ao longo das fases são descritas as tarefas que geram produtos e serviços realizados para atendimento ao consumidor; no lado esquerdo, detalham-se aquelas que processam informação e assim controlam as primeiras.

A estrutura contém três arquiteturas: arquitetura do sistema de informação (ASI), arquitetura do sistema de manufatura (ASM) e arquitetura organizacional e humana (AOH); essas são arquiteturas do tipo 2 pois descrevem os arranjos dos sistemas desenvolvidos na engenharia da unidade empresarial. Aliada à arquitetura há uma metodologia associada que detalha a realização de cada uma das fases de um projeto de integração.

A metodologia preconiza a antecipação, via elaboração de um Plano Diretor, de todos os esforços necessários à integração da empresa, de modo a possibilitar que projetos menores, dentro da capacidade dos recursos de pessoal e financeiros da companhia, possam ser iniciados com o conhecimento que tais esforços, juntamente com os projetos sucessores, resultarão na integração total das atividades da empresa.

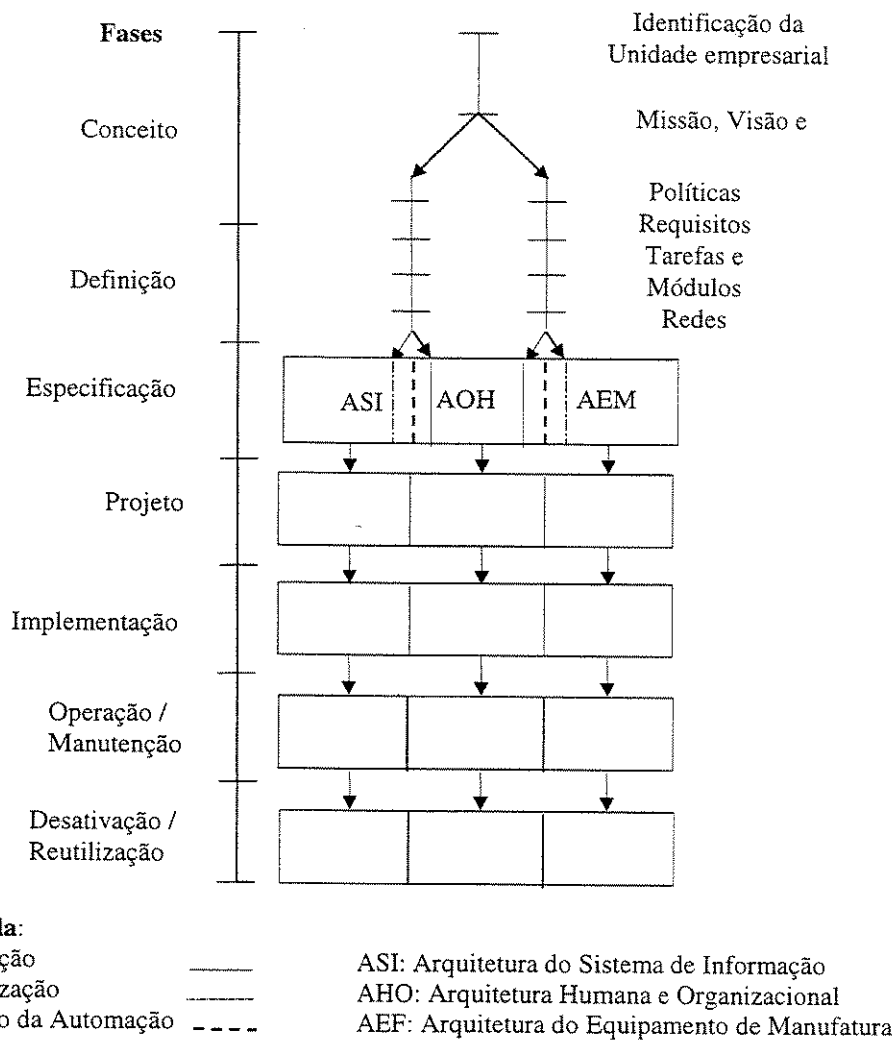


Figura 2.8 Forma global da arquitetura PERA Fonte: (Williams *et al.*, 1996)

Segundo essa metodologia, uma empresa realiza somente dois tipos de tarefas: as que processam informação, caracterizadas por realizarem a tomada de decisão, monitoramento e controle, comunicação e armazenamento de informações, e as demais que transformam, transferem e armazenam material. Funcionalmente todas as tarefas podem ser inicialmente definidas sem referência a seus métodos de implementação, podendo ser classificadas em três grupos: as que podem ser automatizadas, as que não podem e as que precisam ser automatizadas. A distribuição delas entre esses três grupos define os níveis de automatização e humanização

possíveis para os sistemas que as executarão. Definem-se assim o lugar do homem na empresa e os conceitos de linhas de automatização e humanização as quais são mostradas na Figura 2.8.

A linha de automatização estabelece o limite absoluto da aplicação possível da tecnologia para automatizar as tarefas e funções do sistema integrado de produção e da unidade empresarial. Essa linha é limitada pela necessidade de muitas das tarefas exigirem intervenção humana com capacidades de flexibilização, adaptação e inovação constantes. A linha humanização define os limites nos quais operadores humanos podem ser empregados para a realização de tarefas e funções do sistema produtivo. Este limite é restringido pelas capacidades humanas, tais como tempos de resposta, capacidade de compreensão, visão, força física e destreza. A linha do limite da automação estabelece a fronteira real planejada para automação na unidade empresarial; sua localização considera fatores econômicos, fatores sociais, representados por costumes, leis e diretrizes, regras trabalhistas definidas pelos sindicatos, e fatores tecnológicos.

Ciclo de Vida de uma empresa segundo a Arquitetura PERA

Segundo Williams *et al.* (1996), o planejamento estratégico é a primeira fase de qualquer mudança funcional, tecnológica ou organizacional numa empresa. Comprometimento de elementos-chave da organização com o programa de integração e o esclarecimento desse programa aos funcionários da empresa, identificação dos financiadores do projeto sob consideração e revisão completa da estratégia empresarial, são pré-requisitos dessa etapa. Essa revisão deve examinar cultura, valores, disponibilidade para mudança e plano de recursos humanos da organização. A estrutura do ciclo de vida de uma empresa, segundo essa arquitetura, é composta por seis fases, como mostrada na Figura 2.8. As fases são:

- **Conceito** – Nesta fase a gerência primeiro identifica a unidade empresarial, estabelecendo seus limites, via descrição de suas inter-relações. Isto é feito considerando-se as condições dos ambientes interno e externo, uso futuro da unidade e a necessidade, segundo a gerência, do início do projeto ou programa. Em seguida, define a missão, visão, valores e direção da unidade; avalia os processos fabris e de gerenciamento, avalia fornecedores e estabelece as políticas de produção e de gestão de pessoal e informação. Desta fase resultam textos e/ou

gráficos com as definições da gerência e surgem, como mostra a Figura 2.8, dois ramos da empresa: um refere-se ao processamento de material e o outro à gestão e controle das operações fabris. A documentação da visão ou estado futuro desejado, além do escopo e objetivos da mudança, é crítica neste estágio (Williams *et al.*, 1996). Isto envolve as estratégias corporativa e de negócio as quais definem a contribuição econômica esperada da planta de manufatura. A estratégia de manufatura determina os métodos de manufatura ou processos a serem usados, define o papel da planta na implementação da estratégia de negócios e aloca recursos para atingi-la. A estratégia de negócio fornece uma base para construir um plano de integração de empresa que garanta a viabilidade do programa resultante de integração.

- Definição – Aqui definem-se os requisitos funcionais referentes ao processamento de informação e fabricação ou serviços a serem oferecidos pela unidade, e identificam-se tarefas relacionadas com informação ou manufatura que satisfarão tais requisitos. Essas tarefas são agrupadas em módulos funcionais interligados formando fluxos de informação, materiais e de energia, sem serem feitas considerações quanto à implementação. O modelo de referência de Purdue auxilia a execução desta fase por fornecer um conjunto geral das tarefas que em geral são necessárias ao monitoramento e ao controle de um sistema industrial, auxiliando assim a verificação de quais fazem ou não parte desse sistema, permitindo descrevê-lo em toda sua amplitude e relacionar essas tarefas com os diferentes níveis de decisão;
- Especificação ou Projeto Funcional Preliminar – Neste estágio iniciam-se as considerações de implementação e consiste em definir quais tarefas serão automatizadas ou informatizadas, quais serão mecanizadas e finalmente, as que serão executadas por pessoas. Isto é feito examinando-se os requisitos de processamento, velocidade, precisão e confiabilidade na execução das tarefas. Caso a empresa seja uma prestadora de serviços haverá uma arquitetura de serviços ao invés de uma arquitetura do sistema fabril. Assim procedendo-se na alocação de tarefas à máquinas ou ao elemento humano, estabelecem-se as três arquiteturas de implementação: arquitetura do sistema de informação, a arquitetura organizacional e humana e arquitetura dos equipamentos de manufatura;

- Projeto Detalhado – Compreende o detalhamento dos esquemas de interligação dos equipamentos que processam, transmitem e armazenam dados, determinando-se as capacidades desses e suas localizações. Da mesma forma, calculam-se as capacidades dos equipamento que processarão materiais, esquematizando-se detalhadamente onde serão instalados, condições de operação e de alimentação. No tocante às pessoas estabelecem-se as capacidades necessárias a serem desenvolvidas em cursos de formação;
- Implementação – Nesta fase são instalados e testados os equipamentos da planta e os que compõem seu sistema de controle, conforme as arquiteturas anteriormente estabelecidas; são testados os procedimentos operacionais e realizado o treinamento de pessoal;
- Operação e Manutenção – Envolve o funcionamento do sistema produtivo e a manutenção dos seus equipamentos, aprimorando-se a qualidade dos produtos e processos, com redução os custos operacionais; também busca-se o aperfeiçoamento da mão-de-obra mantendo-a em treinamento de modo a aprimorar o desempenho da unidade. No sistema de controle busca-se localizar eventuais falhas e mantendo este sistema atualizado com as tecnologias mais recentes;
- Desativação ou Reciclagem – Nesta fase examinam-se as instalações e os estados dos seus equipamentos da empresa, verificando-se o estado de conservação dos mesmos, visando empreender sua venda e conseqüentemente consumir sua desativação.

2.7 Análise dos Métodos, Modelos, Arquiteturas e Metodologias

A partir do exposto nas seções anteriores, dentre os métodos aplicados a modelagem funcional, verifica-se que a abordagem de análise estruturada, abrangendo as técnicas DFD e SADT, favorecem a compreensão e descrição da entidade sob estudo, todavia focalizam estritamente a atividade como entidade a ser modelada. Seja para o propósito de análise ou mesmo para projeto, essas técnicas, e em particular o DFD, sua notação não prevê a relação dessas atividades com os recursos que as executarão; também provê qualquer símbolo ou diretriz referente a organização do sistema ou empresa. Em sendo o método IDEF0 baseado na técnica

SADT e embora seja o mais utilizado em aplicações de integração de empresa, intrinsecamente incorpora deficiências provenientes da referida técnica. Dentre essas, destaca-se a impossibilidade de descrição do fluxo que controle a execução das atividades já que na sua notação gráfica as setas conectando os retângulos definem interfaces e não fluxos.

Com relação a descrição de dados, a técnica Entidade-Relacionamento ao mesmo tempo que possibilita representar a estrutura de informações de uma empresa, essa vista mostra apenas as relações estáticas entre as entidades que constituem a empresa, demonstrando com isso, uma necessidade de representação do aspecto dinâmico ou comportamental referente ao processamento dessas informações.

O modelo de referência de Purdue, como acima descrito, baseia-se na técnica DFD e como tal também embute suas limitações, especificamente, a ausência de mecanismos que permitam descrever o fluxo de materiais numa empresa. Contudo, o modelo auxilia a organização das funções da empresa, oferecendo uma descrição hierárquica da estratificação dessas funções, limitadas pelo escopo das funções e inter-relações que constituem uma fábrica ou facility.

O modelo de referência GRAI, tendo sido elaborado visando permitir descrever não só os aspectos funcionais e de informação, mas por incorporar o conceito de vistas e possibilitar descrever as características organizacionais de um sistema fabril, por intermédio dos formalismos – GRAI *net* e GRAI *grid* – os quais são específicos desse método e fornecidos com esse objetivo. Trata-se portanto de um modelo mais abrangente que o modelo de referência de Purdue, destacando-se por permitir explicitar o sistema decisório da empresa, contudo apresenta as deficiências do método IDEF0 na descrição da sua vista funcional.

As técnicas e modelos mencionados embora ofereçam formalismos e diretrizes que permitem descrever, analisar e projetar sistemas integrados, os mesmos carecem de uma descrição plena da empresa ou da entidade sob estudo e que propicie uma vista coerente e integrada dessa entidade.

Com relação as arquiteturas de referência acima descritas a arquitetura GRAI-GIM é

fundamentada no método GRAI e como tal incorpora o conceito de vistas ou perspectivas da empresa distintas e inter-relacionadas, destacando-se por possibilitar explicitar o sistema de decisão da empresa. Sua metodologia associada suporta desde a definição dos grupos que participarão de um projeto de integração, incluindo os modelos a serem gerados em cada etapa, e as decisões a serem tomadas. Contudo, a escassa documentação dessa arquitetura e em particular da sua metodologia, dificulta a sua plena compreensão.

A arquitetura PERA baseia-se no modelo de referência de Purdue e como tal possui uma abordagem de descrição funcional da empresa e/ou sistema fabril. Embora seu elenco limitado de formalismos de modelagem seja limitado, sua metodologia associada efetivamente descreve todas as etapas de um projeto de integração, iniciando-se com a definição da entidade a ser integrada, incluindo o estudo de viabilidade econômica dos esforços a serem despendidos frente aos resultados a serem alcançados, subsidiando assim a decisão quanto a execução de qualquer iniciativa. Além disso, a metodologia também estrutura a definição dos requisitos a serem atendidos pela empresa, levando em conta suas políticas estabelecidas no seu planejamento estratégico. Tendo em conta esses requisitos a metodologia preconiza a definição do estado futuro que se deseja atingir e tendo em conta o estado atual da empresa, descreve como traçar a trajetória evolutiva entre esses dois cenários. Essa arquitetura destaca-se enfim por focalizar a presença do elemento humano nas futuras atividades da empresa, estabelecendo critérios que permitem alocar esse elemento num contexto que abrange os fatores sociais, econômicos e tecnológicos da empresa e do meio para qual sua missão está direcionada.

Embora a arquitetura CIMOSA seja descrita no terceiro capítulo cabe destacar que é a única dentre as três aqui comentadas que baseia-se no conceito de orientação a objetos e que pressupõe o desenvolvimento de modelos da empresa que sejam processáveis por computador. Isto é feito estruturando a empresa dividindo conceitualmente a empresa em dois ambientes – engenharia e operação – e especificando uma infra-estrutura computacional que suporte a execução desses modelos e conseqüentemente dos processos empresariais, propiciando um alinhamento entre os objetivos da empresa e seus recursos tecnológicos. A arquitetura estabelece

quatro vistas inter-relacionadas que permitem isoladamente explorar o aspecto sob interesse – funcionalidade ou comportamento – por exemplo, mas ao mesmo tempo dificulta a atividade de modelagem devido a complexidade da sua terminologia e detalhamento da sua metodologia. Por outro lado, até o presente seu processo de modelagem está detalhado e validado somente no nível de modelagem de definição de requisitos, significando que os dois outros níveis de modelagem – especificação de projeto e descrição de implementação – carecem ser suficientemente descritos.

Este capítulo apresentou uma revisão bibliográfica sobre os modelos, arquiteturas e metodologias que suportam conceitualmente a integração de empresa, segundo uma abordagem de modelagem. O próximo capítulo descreve o suporte teórico à realização da proposta deste trabalho, sendo o núcleo desse suporte constituído pela arquitetura CIMOSA e metodologia CimOsa/rg.

Capítulo 3

Suporte Metodológico

O objetivo deste capítulo é descrever o suporte conceitual à modelagem empresarial como abordagem de integração aplicada à Plataforma PIPEFA. Nesta tese, esse suporte consiste na arquitetura CIMOSA e metodologia CimOsa/rg tendo em vista que ambas são de domínio público, internacionalmente reconhecidas e utilizadas; além disso, a metodologia coaduna com o escopo do problema abordado e conta o suporte de uma ferramenta computacional: CimTool.

3.1 CIMOSA

CIMOSA significa Arquitetura Aberta para Sistema CIM, do inglês, Open System Architecture for CIM. É uma arquitetura para definição, especificação e implementação de sistemas CIM, elaborada pelo consórcio AMICE, por intermédio dos projetos ESPRIT (EP688, 5258 e 5110), no período 1986-1994 (Primer, 1997; Vernadat, 1996). Sua motivação originou-se na necessidade de mecanismos para projeto de integração de empresas de manufatura visando possibilitá-las gerenciar em tempo real as modificações a que estão sujeitas. Seu objetivo é oferecer uma estrutura conceitual ou framework para analisar os requisitos de uma empresa e convertê-los num sistema que habilite e integre as funções que satisfaçam esses requisitos (Gachés, 1999). Esta estrutura, aliada a uma infra-estrutura computacional para integração, possibilita descrever funcionalmente uma empresa como um conjunto enumerável de processos executados por Entidades Funcionais num ambiente distribuído, interagindo e compartilhando objetos físicos e objetos de informação, por intermédio da troca Eventos e de Vistas de objetos.

Em estudo em que compara as arquiteturas CIMOSA, GRAI-GIM e PERA, a IFIP/IFAC Task Force on Architectures for Enterprise Integration considera a arquitetura CIMOSA como a mais formal, destacando-se por ser a única a oferecer uma infra-estrutura de integração que suporta o desenvolvimento e execução de modelos de uma empresa (Bernus *et al.*, 1996). Sua validação vem acontecendo via os projetos ESPRIT: CIMPRES, VOICE e CODE. As seguintes ferramentas computacionais para modelagem de empresa baseiam-se na CIMOSA: Artifex (ARTIS), McCIM (Universidade de Karlsruhe), PACE (GPP) e GtVoice (SOMS) (Primer, 1997); CimTool (RGCP, 1999).

A seguir descrevem-se os princípios, conceitos e elementos dessa arquitetura:

3.1.1 Princípios CIMOSA

Esses princípios visam tornar os aplicativos independentes das plataformas nas quais são executados, face a redução dos ciclos de vida dos sistemas e a dificuldade de reutilização de seus aplicativos para a geração de novos subsistemas. São eles:

- Isolamento entre Aplicativos e a Infra-estrutura de Suporte – Segundo esse princípio o aplicativo não depende dos formatos dos dados, dos meios de acesso, de armazenamento e de transmissão presentes na infra-estrutura na qual é executado. Este isolamento é recomendado pela arquitetura CIMOSA visando a migração direta dos Aplicativos de uma plataforma para outra; as Entidades Funcionais dessa plataforma são os seus aplicativos;
- Isolamento entre Dados e Aplicativos – Esse princípio considera que um aplicativo nunca possui dados e que esses estariam numa base capaz de ser modificada sem requer alteração nos aplicativos. Essa base possibilitaria aos aplicativos operarem nas mesmas estruturas de dados;
- Isolamento entre Funções e Comportamento – Significa separar as funções elementares de um sistema daquelas que definem sua ordem de execução. Isto possibilita alterar a funcionalidade global do sistema, modificando o comportamento, expresso como procedimento do Processo, e criando novos aplicativos, sem mudar a maioria dos seus componentes (Gachés, 1999);

- Conceito de Generalidade – Esse princípio enfatiza que qualquer objeto pode ser projetado como uma instância de um objeto mais genérico existente em modelos públicos ou privados. Os primeiros são supostamente comercialmente disponíveis, enquanto os privados são de propriedade de empresas. Essa instanciação propicia o pleno aproveitamento do que já foi modelado e com isso torna mais fácil a construção do modelo do que através da derivação de um arquétipo, já que neste caso necessita-se descrever as especificidades do objeto sob consideração.

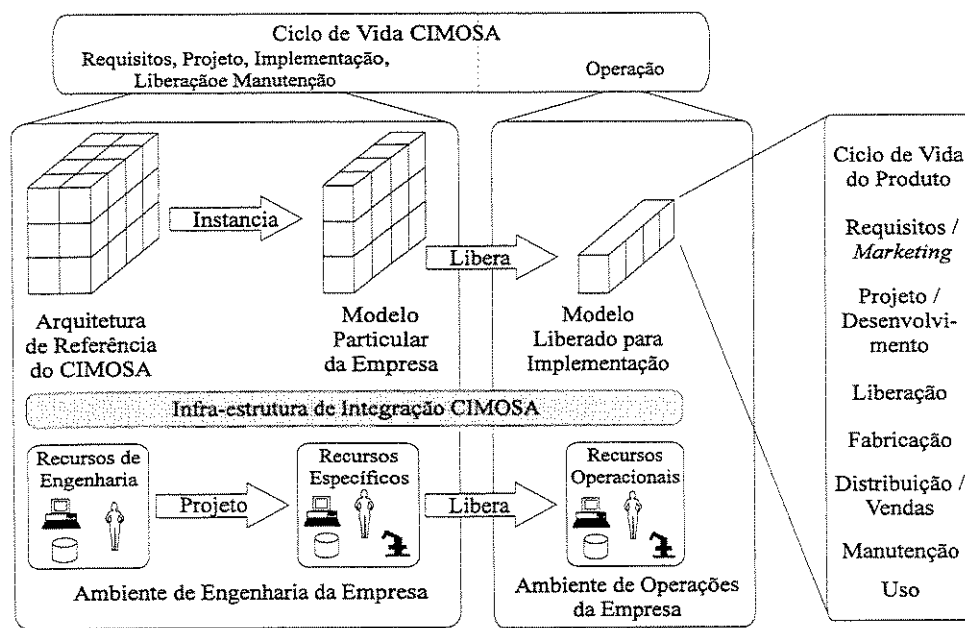


Figura 3.1 Estrutura Arquitetural CIMOSA Fonte: (CIMOSA Association, 1996)

3.1.2 Estrutura Arquitetural CimOsa

É uma estrutura conceitual constituída por três componentes principais: estrutura de modelagem, infra-estrutura de integração e ciclo de vida do sistema CIM; dois ambientes fundamentais: ambiente de engenharia e ambiente de operação de empresa; e dois conceitos essenciais: entidades funcionais e serviços de integração (Vernadat, 1996).

Como mostra a Figura 3.1, a modelagem ou engenharia da empresa e sua operação são

realizadas em ambientes conceitualmente separados em função das fases do ciclo de vida do sistema. Esses ambientes interagem via infra-estrutura de integração a qual também suporta a criação e execução dos modelos.

3.1.3 Estrutura CIMOSA para Modelagem

É uma estrutura conceitual baseada em três princípios ortogonais: derivação, instanciação e geração (Vernadat, 1996), destina-se a auxiliar usuários na modelagem da empresa e do seu sistema CIM e a definirem a arquitetura lógica desse sistema; oferece blocos construtores, modelos e diretrizes que permitem definir, especificar e implementar modelos da empresa. Segundo Vernadat (1996), o aspecto mais importante dessa estrutura é a abordagem de modelagem orientada à processos acionados por eventos a qual constitui a base da linguagem CIMOSA. Os elementos que formam essa linguagem são construtores ou entidades CIMOSA para modelagem os quais possuem sintaxe e semântica documentadas em gabaritos descritivos (CIMOSA Association, 1996).

Cada construtor é análogo a uma classe como definida na abordagem de orientação à objeto. Os construtores dividem-se em dois tipos: aqueles que permitem a modelagem do negócio e os que suportam a descrição da tecnologia de informação que o auxilia. Utilizando-se esses construtores pode-se descrever em modelos, a funcionalidade da empresa, identificar as informações e os recursos necessários, e especificar os aspectos organizacionais, descritos em termos de responsabilidade e autoridade, e que são relevantes para a operação.

Modelos CIMOSA são conjuntos de definições classificadas, parciais ou completamente instanciadas de uma ou mais instância de bloco construtor. Um modelo pode ser recuperado e reutilizado por empresas na criação de seus modelos particulares, o que resulta no aproveitamento de trabalho anterior, redução de tempo de projeto e padronização de atividades de manufatura. Como mostra a Figura 3.2 essa estrutura possui três dimensões: generalidade, modelagem e geração de vistas (Gachés, 1999) e cada uma possui associado um processo específico.

. **Generalidade**

Consiste numa estrutura de blocos construtores distribuídos em três camadas genéricas orientadas a partir do geral para o específico. Como mostra a Figura 3.2 as duas primeiras formam a Arquitetura de Referência e a terceira a Arquitetura Particular. As camadas são:

- Genérica – Contém blocos construtores que correspondem a classes em termos do conceito de orientação à objetos (ESPRIT, 1993);
- Parcial – É uma biblioteca de modelos parciais classificados por setores industriais a serem copiados e/ou instanciados como base na criação de modelos particulares de propósitos específicos (Vernadat, 1996; Gachés, 1999). Modelos parciais contêm padrões de processos e de informações de setores empresariais específicos, como por exemplo, setores automotivo e aeronáutico. Esse padrões possibilitam reduzir tempo e esforços do desenvolvimento dos modelos particulares.
- Particular – Reúne os modelos que detêm os conhecimentos que expressam a funcionalidade e comportamento específicos a uma dada empresa, sendo representados na forma de redes de processos e atividades.

. **Modelagem ou Derivação de Modelos**

Descreve a evolução do modelo segundo os três níveis sequenciais de modelagem mostrados na Figura 3.2. Inicia com as definições dos requisitos do sistema pelos usuários, seguido pela especificação de projeto realizada pelos analistas/projetistas, finalizando com a descrição da implementação do sistema, realizada por projetistas e revista pelos usuários e analistas. Os modelos derivados contêm os processos essenciais da empresa à base dos seus três fluxos principais: controle, materiais e informações, sendo definidos sem considerar as fronteiras organizacionais, contendo os passos elementares ou Atividades de Empresa. Os três níveis de modelagem são interativos e contam com suporte metodológico descrito pelo ciclo de vida CIMOSA. Os níveis são:

- Definição de Requisitos – Consiste na definição das necessidades funcionais do negócio,

segundo os pontos de vista dos seus usuários;

- Especificação de Projeto – Consiste na construção de um modelo conceitual, formal e executável que satisfaça os requisitos e contemple as restrições temporais;
- Descrição de Implementação - Descreve/documenta a implementação dos recursos instalados, mecanismos de exceção, considerando aspectos estocásticos do sistema.

• **Geração de Vistas**

Oferece a possibilidade de trabalhar com quatro vistas ou submodelos representando diferentes aspectos da empresa ou sistema de manufatura. As vistas são sistematicamente consideradas, com a finalidade de garantir a consistência, completeza e coerência do modelo do sistema sob estudo. São elas:

- Vista de Função – Representa a funcionalidade, descrita por atividades, e o comportamento, expresso pelo fluxo de controle, por intermédios dos Processos de Negócio da empresa. As atividades compreendem as executadas pelo sistema de decisão, como também as que realizam transformações e suporte. Dois dos principais métodos utilizados para descrever essa vista na fase de definição dos requisitos do sistema são IDEF0 (NIST, 1993; Presley, 1997), SADT (Ross, 1974), DFD (Gane e Sarson, 1979);
- Vista de Informação – Reúne o conhecimento acerca dos fluxos de material e informação da empresa e como são usados e produzidos no curso das operações da empresa. A informação é identificada a partir das Atividades de Empresa é usualmente expressa segundo a técnica E-R (Chen, 1976);
- Vista de Recurso – Representa os recursos constituídos por pessoas e componentes tecnológicos da empresa e a forma como são usados na sua operação. Recursos serão atribuídos à atividades de acordo com suas capacidades e estruturados em modelos específicos;
- Vista de Organização – Representa as responsabilidades e autoridades de todas as entidades identificadas nas outras vistas e que são função, informação e recurso, a estrutura

organizacional da empresa, classificando suas unidades organizacionais em unidades maiores, tais como: departamentos, divisões e seções. Essas unidades são usualmente descritas utilizando-se organogramas que representam a estrutura organizacional da empresa. Essa vista pode ser descrita segundo vários formalismos, destacando-se organograma, GRAI-GIM e Modelo Empresarial da Metodologia da Engenharia da Informação.

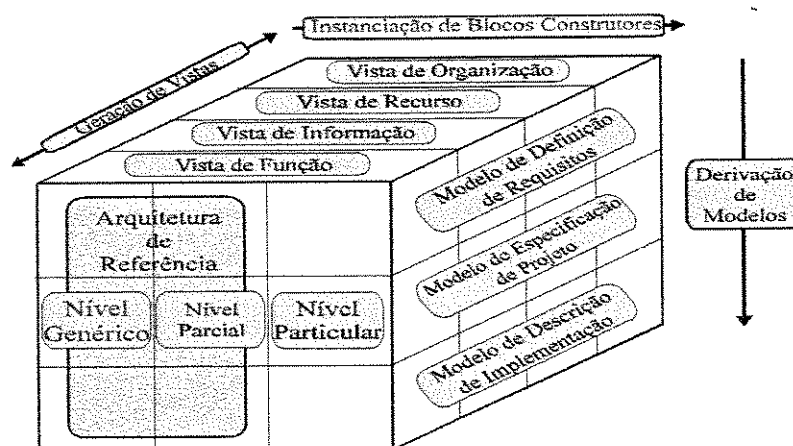


Figura 3.2 Estrutura de Modelagem CIMOSA Fonte: (CIMOSA Association, 1996)

3.1.4 Ambientes

A arquitetura define dois ambientes: ambiente de engenharia e ambiente de operação os quais são conceitualmente separados, mutuamente excludentes porém inter-relacionados e suportados pela infra-estrutura de integração. A separação apresentada na Figura 3.1 visa possibilitar projetar/atualizar os processos executados no cotidiano da empresa sem interferir em sua operação (Bernus *et al.*, 1996).

- **Ambiente de Engenharia**

Oferece as ferramentas computacionais para suporte a modelagem da empresa, possibilitando com isso desenvolver, testar, validar, atualizar e manter os modelos que regem sua operação. Cada modelo descreve os processos que compõem o ciclo de vida dos produtos, evidenciando a operação e controle da empresa. Os modelos validados são liberados para o ambiente de operação. Ferramentas tais como o CimTool, oferecem os construtores da linguagem

CIMOSA e trazem junto as diretrizes de modelagem prescritas por essa arquitetura.

- **Ambiente Operacional**

Como mostra a Figura 3.1, neste ambiente são executados os modelos que contêm as especificidades de uma dada empresa específica. Essa execução traduz-se no desenvolvimento, produção e comercialização de produtos, em suma nas operações diárias da empresa.

3.1.5 Entidade funcional

É um recurso ativo da empresa no sentido de realizar atividades e possua algum grau de inteligência e autonomia, que o permita enviar, receber ou processar mensagens e mesmo armazenar informação (Vernadat, 1996). Cada Entidade Funcional pode realizar ações básicas, denominadas operações funcionais, as quais são equivalentes à métodos executados por um agente, ativado por mensagens. A arquitetura CIMOSA define três tipos fundamentais de entidades funcionais: máquina, que pode ser um robô ou AGVs, dentre outras, um aplicativo ou uma pessoa.

3.1.6 Infra-estrutura de Integração

Uma infra-estrutura de integração consiste num conjunto de serviços destinados a integrar sistemas computacionais multifornecedores, tornando-os interoperáveis. Esses serviços utilizam linguagens-padrão para comunicação, apresentação e acesso aos dados e acesso à máquina, possibilitando assim que a informação possa ser acessada de forma transparente onde quer que esteja armazenada. Portanto, os serviços permitem que um ambiente computacional heterogêneo e altamente distribuído apareça, em termos de acesso a informação, como se fosse centralizado, comportando-se como se fosse homogêneo, por oferecer a mesma interface.

Exemplos dessas infra-estruturas são: OMG/CORBA para sistemas orientados a objetos, no ambiente de computação distribuída, e OSF/DCE para sistemas Unix; CNMA (Communications Network for Manufacturing Applications) e CIM-BIOSYS para ambientes CIM (Vernadat, 1996). Estas infra-estruturas possibilitam validar e executar modelos, oferecendo portabilidade

aos aplicativos e ampla troca de informações e uso de componentes de hardware e software adquiridos de vários fornecedores.

A infra-estrutura CIMOSA para integração suporta a execução dos modelos de descrição de implementação (Gachés, 1999). Como mostra a Figura 3.3, esta infra-estrutura está organizada em três classes de serviços: gerenciamento de processos, gerenciamento de informação e interface Front-End com as Entidades Funcionais que executam os processos. Conforme a Figura 3.3 as três classes de serviços são:

a) Gerenciamento do Negócio

Esta classe visa executar modelos de descrição de implementação interpretando as regras de comportamento dos processos, acessando informação e alocando recursos (Gachés, 1999). Esta classe reúne os serviços:

- Controle de Processo – Gerencia a criação, escolha e suspensão de ocorrências de Processos do domínio;
- Controle de Atividade – Gerencia a criação, escolha e suspensão das ocorrências de Atividades de Empresa e do Recurso que as suporta;
- Gerenciamento de Recurso – Gerencia a reserva, alocação e tarefa de recursos da empresa e monitora seus estados.

b) Gerenciamento de Informação

Esta classe isola os outros serviços da Infra-estrutura de Integração da estrutura real e a localização da informação contida na rede (Gachés, 1999). Seus serviços verificam direitos de acesso e consistência de informação, convertem solicitação de Vista de Objeto num conjunto de pedidos de armazenamento de informação via o serviço Front-End associado.

Front-End

Os serviços desta classe permitem a interação entre todas as Entidades Funcionais e entre essas e o seu sistema CIM. São eles: Front-End com Pessoa, Front-End com Máquina, Front-End com Aplicativo, Front-End de Dados e Front-End de Comunicação. Esses serviços implementam

uma camada de isolamento permitindo que cada Entidade Funcional, seja ela pessoa, máquina ou aplicativo, ignore a natureza das demais (Gachés, 1999). Este isolamento é realizado convertendo o formato da representação das Vistas de objeto trocadas entre os agentes e o sistema e vice-versa. As conversões desse formato de representação são feitas em função da linguagem do agente, isolando assim detalhes de implementação das Entidades Funcionais

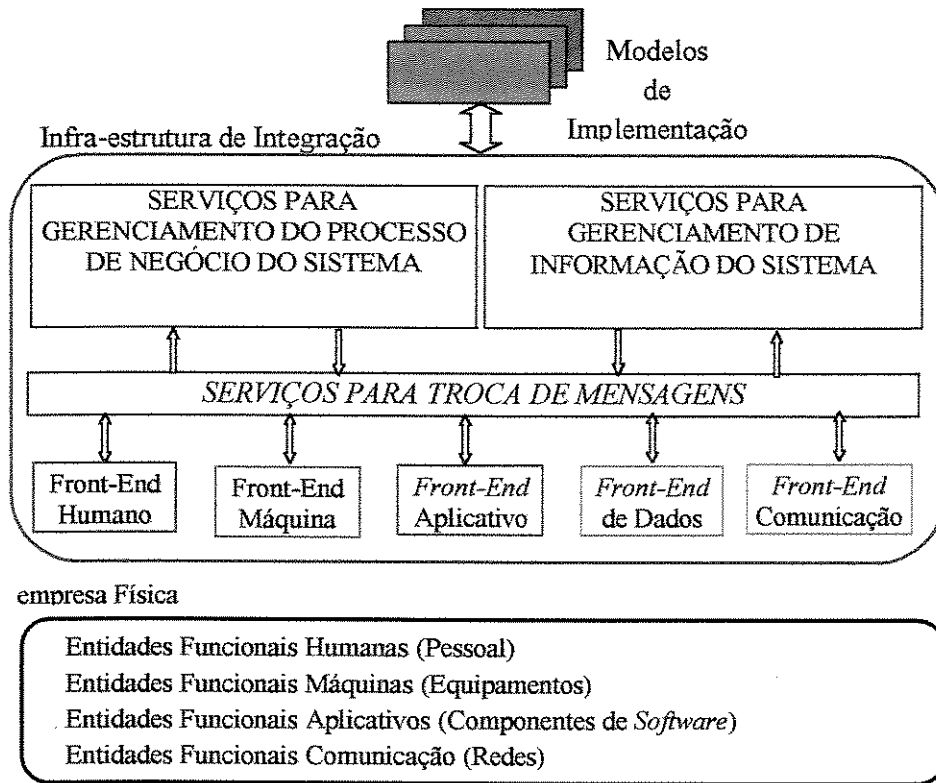


Figura 3.3 Infra-estrutura CIMOSA de Integração Fonte: (CIMOSA Association, 1996)

3.1.7 Ciclo de Vida CIMOSA

Consiste numa sequência de fases genéricas para desenvolver a arquitetura particular de um ambiente CIM, desde a definição de requisitos até a fase de instalação, teste, liberação e manutenção do sistema. Constitui a metodologia associada à arquitetura CimOsa (Williams, 1993) embora não seja detalhada o suficiente para projeto de sistema CIM; a arquitetura reconhece a coexistência de várias metodologias a serem desenvolvidas pelos usuários do

sistema, segundo suas necessidades, ou por consultores desse sistema (Vernadat, 1996). A Figura 3.4 apresenta as cinco fases desse ciclo e os relacionamentos entre estas com o mundo externo e processo de modelagem. Primeiro definem-se os Objetivos e Restrições da empresa a ser modelada, a seguir, usuários utilizam construtores apropriados, presentes na Arquitetura de Referência CIMOSA, para elaborar, no ambiente de engenharia da empresa, o modelo particular de definição de requisitos (MDR).

Baseados nesse modelo e utilizando modelos parciais ou Construtores (ESPRIT, 1993), os projetistas geram, no ambiente de engenharia, o modelo de especificação de projeto (MEP). As decisões contidas nesse modelo podem requerer que sejam efetuadas modificações no MDR. Os componentes do sistema são adquiridos ou desenvolvidos, instalados e o sistema é testado, elaborando-se assim o modelo particular de descrição de informação (MDI). Esse deverá ser executável na infra-estrutura de integração (ESPRIT, 1993). Após ser verificado, por exemplo, via simulação, o MDI é liberado para o ambiente de operação. A manutenção do sistema é realizada no ambiente de engenharia. Essa manutenção pode ter como objetivo, por exemplo, a expansão do sistema, acrescentando-lhe novos módulos. A descrição seguinte apresenta as cinco fases desse ciclo (CIMOSA Association, 1996; Vernadat, 1996).

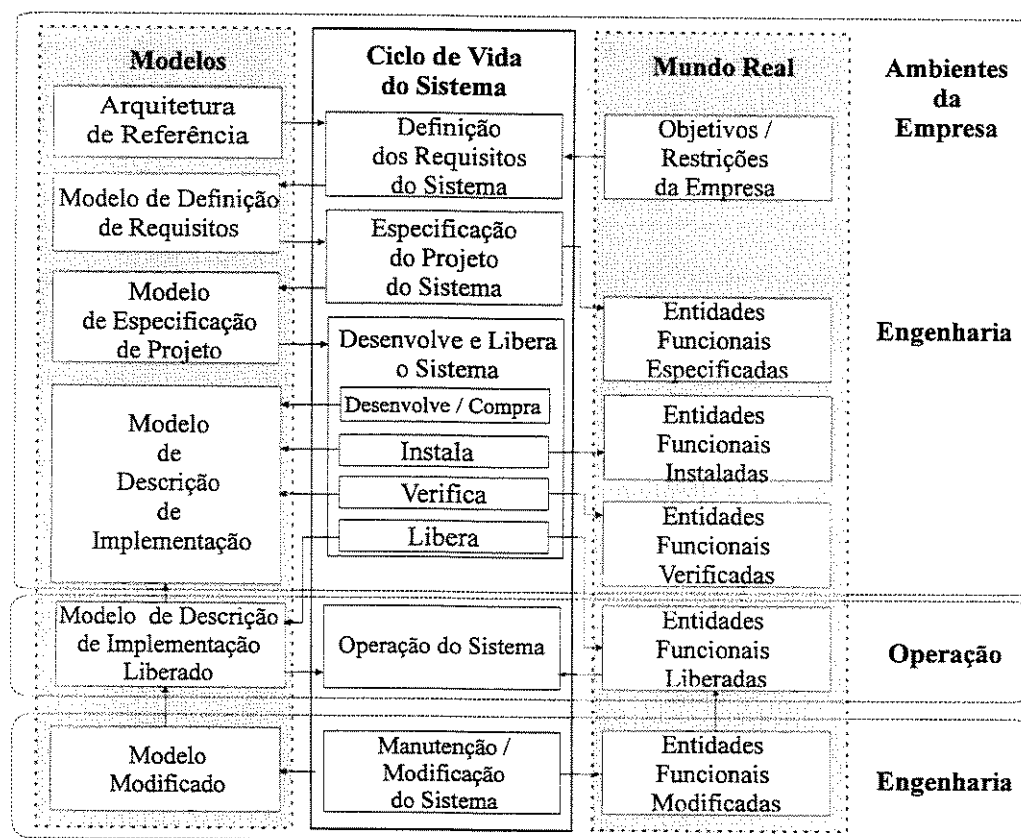
a) Definição de Requisitos

Esta fase considera os objetivos e restrições da empresa estabelecidos por sua gerência e a partir desses descreve suas funcionalidades e estrutura organizacional. Essa é uma fase de análise funcional e como tal decompõe a empresa em domínios que interagem com a demais via Eventos e Vistas de Objeto. Cada domínio é em seguida decomposto em processos e atividades os quais exprimem seus requisitos funcionais, sendo a partir desses levantadas suas necessidades de informação, materiais e recursos. O modelo resultante, MDR, contém os objetivos e restrições da empresa, suas Atividades de Empresa e os processos que as controlam, informações descritas como objetos de empresa e vistas desses objetos, e descrição das necessidades de recursos.

b) Especificação de Projeto

Essa fase é realizada por projetistas e consiste em descrever no modelo particular de

especificação de projeto (MEP), como os requisitos do sistema seriam atendidos tendo em conta políticas e restrições da empresa (ESPRIT, 1993). Cada Atividade de Empresa descrita no MDR é analisada e detalhada em termos de algoritmo e de operações elementares denominadas operações funcionais. O algoritmo indica a sequência de execução dessas operações nas entidades funcionais, sejam essas pessoas, máquinas ou aplicativos. Utilizam-se modelos parciais ou construtores contidos na arquitetura de referência para determinarem-se: as necessidades de informação, fluxo de material e requisitos de desempenho dos recursos, meios de implementação, estruturas de controle, esquemas de dados, volumes e locais de armazenamento desses, configurações de sistemas de informação, responsabilidades e autoridades. Os recursos são consistem em entidades funcionais, sendo que essas decisões podem requerer alteração no MDR (ESPRIT, 1993).



Fonte: (CIMOSA Association, 1995)

Figura 3.4 Modelagem e Ciclo de Vida CIMOSA

c) Desenvolvimento e Liberação

Consiste em elaborar o modelo particular de descrição de implementação (MDI), liberando sua versão operacional, juntamente com as entidades funcionais, para o ambiente de operação. Isto envolve aquisição ou desenvolvimento dos componentes especificados, incluindo hardware e software do sistema, instalação, testes e integração ao sistema existente, treinamento de operador e teste de aceitação do usuário.

d) Operação

Compreende as tarefas: fabricar, armazenar, transportar, emitir ordens etc., realizadas diariamente no ambiente operacional da empresa.

e) Manutenção / Modificação do Sistema

Significa manter o modelo da empresa atualizado reestruturando e/ou redefinindo seus processos ou acrescentando novos módulos para atender mudanças nos objetivos/restrições da empresa. Vernadat (1996) acrescenta a estas cinco fases, as duas seguintes:

f) Definição do Plano Mestre

Esta é uma fase de planejamento estratégico e como tal precede as anteriores. Nela determinam-se os objetivos, restrições e diretrizes da estrutura organizacional a ser modelada e implementada. Embora seja um pré-requisito para esse ciclo de vida, ela não é suportada pela CIMOSA, afirma o consórcio AMICE (ESPRIT, 1993), não sendo fornecido qualquer construtor para auxiliar a execução desta fase (Vernadat, 1996).

g) Desmontagem do Sistema

Esta é a última das fases desse processo e consiste em desativar o sistema e alienar ou reutilizar suas partes. Isto é feito considerando-se o estado do sistema produtivo, analisa o impacto ambiental gerado, dentre outros fatores.

3.2 Metodologia CimOsa/rg

É uma metodologia prescritiva destinada a orientar usuários a descreverem como um

domínio da empresa deveria se comportar, instruindo-os como captar os requisitos do domínio, em termos das funções a serem executadas, das informações necessárias e dos recursos empregados (Gachés, 1999). Essa metodologia é derivada da arquitetura CIMOSA, conta com o auxílio da ferramenta CimTool, e é adequada para todo tipo de modelagem: modelagem de requisitos de sistema, reengenharia de Processo de Negócio, engenharia concorrente e gerenciamento de contabilidade baseado em atividade (Gachés, 1999). Ambas, metodologia e ferramenta, foram desenvolvidas por René Gachés (1999).

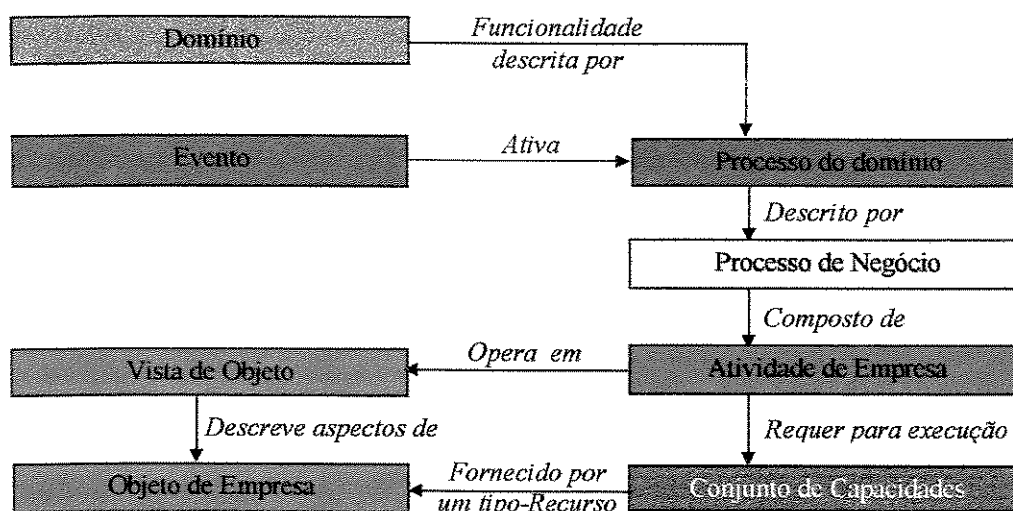


Figura 3.5 Paradigma de Modelagem CimOsa/rg (Fonte: Gachés, 1999)

3.3. Paradigma de Modelagem CimOsa/rg

Esse paradigma é composto por oito construtores definidos como os elementos da linguagem de modelagem empregada pelo usuário para criar o referido modelo, prestando-se à descrição das vistas de função, informação e recursos que compõem o modelo de definição de requisitos de um sistema ou empresa. São apresentados ao usuário numa sintaxe e semântica expressas segundo o arranjo mostrado na Figura 3.5. A sintaxe é definida pela ordem e disposição em aparecem no arranjo e a semântica nos relacionamentos entre os mesmos. Esses construtores estão de acordo com o documento EVN 4003 (CEN/CENELEC, 1990) que se encontra processo de normalização; suas informações são preenchidas num gabarito específico, pelo usuário ou

ferramenta automática, segundo a sintaxe e a semântica estabelecidas pelo paradigma de modelagem CIMOSA.

Além desses construtores, a ferramenta CimTool utiliza um objeto de modelagem específico, denominado segmento do modelo de informação, para definir graficamente todos os relacionamentos entre objetos de empresa (Gachés, 1999). Essa ferramenta é um aplicativo de suporte à modelagem baseado na metodologia CimOsa/rg e é descrita no apêndice A1. As seções seguintes descrevem os construtores mostrados na Figura 3.5.

3.2.1 Construtores da Vista de Função

Os construtores empregados na modelagem da vista de função, na definição do modelo de requisitos, são: domínio, evento, processo do domínio, Processo de Negócio e Atividade de Empresa. Eles permitem descrever as atividades da empresa, a seqüências em que estas são executadas, bem como suas necessidades de informação e de recursos.

a) Domínio

Cada domínio representa uma parte da empresa a ser analisada; quando essa parte é completamente descrita segundo os princípios CIMOSA, é denominada domínio CIMOSA, já as demais são identificadas como domínios não-CIMOSA (CIMOSA Association, 1996).

Cada domínio é estabelecido em razão de novos projetos ou mudanças abrangentes na empresa (CIMOSA Association, 1996), sendo a fronteira de cada domínio definida em função dos objetivos da empresa. Essa fronteira é expressa em termos de eventos e Vistas de Objetos trocados nas interações com os demais. As Vistas de Objeto indicam os objetos de empresa compartilhados pelos domínios nessas interações, sendo que cada evento acusa a frequência em que é enviado e/ou recebido. Como apresentado na Figura 3.5, cada domínio é composto pelos processos do domínio plenamente contidos nas suas fronteiras e definidos para atingir seus objetivos. Tais processos são decompostos em processos de negócio e Atividades de Empresa e interagem por intermédio de eventos e Vistas de Objetos. O gabarito do construtor domínio contém uma descrição da parte analisada e as seguintes informações:

- Objetivos do domínio – São as orientações do negócio (CIMOSA Association, 1996), podendo ser qualitativas e quantitativas e são estabelecidos pela alta gerência e/ou diretoria como metas mensuráveis e realistas, expressas em termos de orçamento alocado e retorno de investimento previsto, e resultados desejados do negócio, tais como preços e volume dos produtos, mercados a serem atingidos. Essas orientações podem ser revistas e/ou ajustadas;
- Restrições do domínio – São estabelecidas pela alta gerência e/ou diretoria de forma qualitativa ou quantitativa significando as limitações impostas ao domínio. Por exemplo, restrição orçamentária na forma da quantia que pode ser investida em treinamento de pessoal;
- Fronteira do domínio – Constituída pelos relacionamentos com domínios adjacentes e explicitados na forma de eventos e Vistas de Objeto.

b) Evento

Um evento indica um acontecimento tal como o recebimento de um pedido do cliente, uma ordem para expedir produtos, aviso de quebra de máquina etc. Cada evento requer uma determinada ação e por isso provoca mudança no estado da empresa (CIMOSA Association, 1996). Sua definição inclui a designação de sua fonte, seu tipo, indicando se é interno ou externo a empresa ou sistema, uma descrição textual e a identificação do processo do domínio a ser ativado (Gachés, 1999). Um evento pode ser síncrono ou assíncrono e interno ou externo. Evento interno é aquele que requer processamento restrito ao domínio. Evento externo é o que ultrapassa a fronteira do domínio. A ocorrência de um evento é usada principalmente para iniciar ocorrências de processos do domínio e indiretamente ativar Processo de Negócio e atividades da empresa. Um evento pode transportar informação por intermédio de Vistas de Objetos em anexo.

c) Processos do domínio

São processos situados no nível hierárquico mais elevado da decomposição funcional dos domínios, são definidos como processos independentes que visam atingir alguns dos objetivos do negócio referentes a este domínio, operando única e exclusivamente a partir do recebimento de evento(s). Cada processo do domínio é composto por Processos de Negócio e Atividades de Empresa organizados hierarquicamente. Essas atividades constituem a funcionalidade da empresa

e podem ser utilizadas por mais de um processo, possibilitando que uma função qualquer possa ser reutilizada no desenvolvimento de um modelo e não somente pelos processos hierarquicamente superiores.

O comportamento é expresso num Procedimento formado por um conjunto ordenado de Regras de Comportamento (Gachés, 1999). Cada regra é uma sentença formal que define a ordem de execução dos componentes internos, que são processos de negócio e Atividades de Empresa do processo do domínio (CIMOSA Association, 1996). O procedimento descreve a sequência de execução dos processos de negócio e Atividades de Empresa e reflete os procedimentos do negócio a serem seguidos para atingir seus objetivos, respeitando suas limitações. Esta separação do comportamento da funcionalidade é uma propriedade do paradigma de modelagem CIMOSA que possibilita rever o comportamento para satisfazer circunstâncias dinâmicas, sem alterar a funcionalidade instalada e vice-versa (CIMOSA Association, 1996).

d) Processos de Negócio

São subprocessos dos processos do domínio definidos pelo usuário para satisfazer sub-objetivos e restrições desses. Na prática, indicam sequências parciais de execução (ou fluxo de controle) de funcionalidades da empresa de acordo com acontecimentos ou solicitações ocorrendo na empresa ou fora dela (CIMOSA Association, 1996).

Os componentes desses processos são Atividades de Empresa e processos de negócio de mais baixo nível, organizados segundo uma estrutura funcional hierárquica. Esses processos visam atingir os objetivos e respeitar as restrições derivadas dos processos do domínio. Cada ocorrência de Processo de Negócio é executada a partir da chamada de um processo superior, diferentemente dos processos do domínio que são executados somente a partir de eventos.

A execução de um Processo de Negócio gera um *Ending Status*, um valor gerado pelo último componente desse tipo de processo, sendo indicado na sua saída de controle desse elemento como resultado do seu processamento. Esse valor possibilita aos processos superiores controlarem a execução das funções, ao indicar falha, sucesso ou outra condição predefinida.

e) Atividade de Empresa

Na fase de modelagem dos requisitos, cada Atividade de Empresa é definida descrevendo-se textualmente sua função e estabelecendo-se suas entradas e saídas, em termos de Vistas de Objeto. Essas atividades ocupam o nível mais baixo da estrutura funcional (Gachés, 1999), constituindo assim a parte mais elementar da funcionalidade da empresa; são caracterizadas por suas entradas e saídas e executadas de acordo com a ordem de ativação estabelecida nos procedimentos dos processos.

Uma Atividade de Empresa nunca pertence a um Processo, por isso pode ser empregada por um ou vários processos via seus procedimentos (Gachés, 1999). Este relacionamento garante a separação entre funcionalidade, constituído pelas Atividades de Empresa, e comportamento, descrito por seus processos, possibilitando rever o comportamento do domínio, sem alterar a funcionalidade instalada.

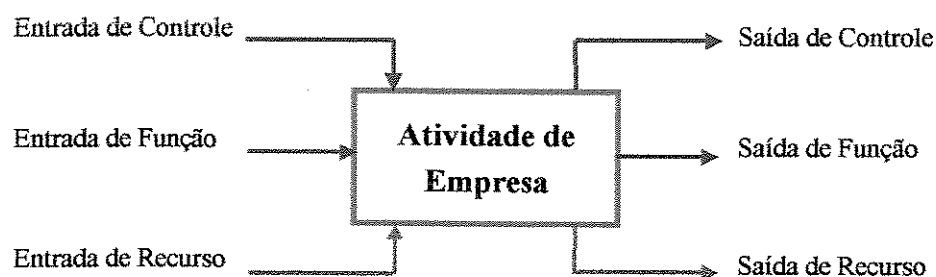


Figura 3.6 Modelo do construtor Atividade de Empresa

Esse construtor Atividade de Empresa é graficamente representado na Figura 3.6 e possibilita descrever as ações e operações necessárias para gerar as saídas, definidas a partir das entradas fornecidas. Suas estradas e saídas são:

- Entrada de Função – É composta por um conjunto de Vistas de Objeto necessário para executar a atividade;
- Entrada de Controle – Consiste numa lista de Vistas de Objeto e/ou conhecimento que dirigem a execução da atividade;

- Entrada de Recurso – Define o conjunto de capacidades necessário para suportar a execução da atividade da empresa;
- Saída de Função – Compreende um conjunto de Vistas de Objeto resultante da execução da Atividade de Empresa;
- Saída de Controle – Consiste numa lista de *Ending Status* da atividade da empresa e por possíveis eventos que cada atividade da empresa pode gerar;
- Saída de Recurso – Não é considerada na fase de modelagem dos requisitos.

Os processos de negócio e Atividades de Empresa são executados segundo seqüências formalizadas em termos dos seguintes tipos de regras de procedimento:

- Ativação de Processo – Usado como regras iniciais num conjunto de regras de comportamento e definem as condições de ativação dos processos de domínio e dos processos de negócio;
- Forçada – Impõe a execução imediata de uma função, seja essa função um Processo de Negócio ou Atividade de Empresa;
- Condicional – Possibilita definir condições de execução de uma função dentre várias alternativas, representando condições de desvio no fluxo de controle;
- *Spawning* – Permite estabelecer condições para executar mais de uma função e assim representar a execução paralela de funções no fluxo de controle, possibilitando ativar síncrona ou assincronamente dois ou mais caminhos no fluxo de controle;
- *Rendezvous* – Usado para sincronizar a execução da função seguinte utilizando os resultados gerados pelas atividades anteriores e expressos como *Ending Status* (Gachés, 1999);
- *Looping* – Empregado para possibilitar repetição de atividades;
- Conclusão – Usado para indicar o fim de um conjunto de Regras de Comportamento.

Desses sete tipos de regras, a Metodologia CimOsa/rg adota os quatro seguintes: Forçada, Condicional, *Spawning* e *Rendezvous*.

3.2.2 Construtores da Vista de Informação

Na definição dos requisitos o propósito da Vista de Informação é captar as necessidades de informação de uma empresa e detalhá-las suficientemente para possibilitar sua derivação, com consistência, na vista de informação do modelo de especificação de projeto (Gachés, 1999). Essa definição envolve os dados globais do negócio e requisitos de informação, como percebidos pela alta gerência, e os dados detalhados do negócio e requisitos de informação, como definidos pelo usuário. As informações são modeladas numa linguagem orientada a objeto cujos conceitos e/ou construtores são essencialmente Objeto de Empresa, Vista de Objeto e Elemento de Informação.

Usando esses construtores o usuário descreve a vista de informação construindo o modelo semântico de informação o qual consiste num diagrama composto pelos objetos de empresa e seus relacionamentos de um domínio do sistema de informação da empresa, focalizando os conceitos de informação e seus relacionamentos, e o significado da informação referente a realidade da aplicação, ao invés de enfatizar as estruturas de armazenamento e de operações. Esse diagrama necessita ser coerente, preciso e de fácil formulação, constituindo uma facilidade oferecida pela ferramenta à análise e o gerenciamento do modelo de definição de requisitos. A facilidade é inerente ao próprio diagrama, dado que este é mais fácil de ser gerenciado do que os gabaritos textuais que descrevem os objetos de empresa. O diagrama também pode ser uma rede semântica cujos nós são conceitos de informação, descritos como objetos de empresa, representados como retângulos e arcos cujas direções indicam relacionamentos entre esses objetos.

Na abordagem de orientação a objetos cada objeto consiste num conjunto de métodos e dados. Os métodos são conjuntos de operações e os dados são propriedades ou atributos da entidade modelada. Os objetos são reunidos em classes ou grupos de objetos com propriedades semelhantes, mesmo comportamento, indicando que realizam as mesmas operações, mesmos relacionamentos com outros objetos e a mesma semântica (Rumbaugh *et al.*, 1991).

Classes são definições atemporais dos objetos de maneira que um objeto é apenas uma instância de uma classe. Com isso, objetos de uma mesma classe possuem os mesmos atributos e padrões comportamentais. Seus atributos definem propriedades estruturais ou descritivas de objetos ou ligações com outros objetos, e seus valores podem variar e ser restringidos ao longo do tempo. Seus comportamentos são definidos por um conjunto de métodos ou procedimentos codificados em uma linguagem apropriada e são constituídos pelas operações que o objeto realiza. Os métodos são ativados por mensagens recebidas pelo objeto.

Na teoria de orientação a objetos os termos instância e ocorrência possuem o mesmo significado. Na arquitetura CIMOSA esses termos são diferenciados devido à distinção entre seus dois ambientes: ambiente operacional e ambiente de engenharia. Instância é uma cópia de um objeto genérico, por exemplo um modelo particular derivado de um modelo parcial, e está relacionado com a fase de projeto. Ocorrência, como no caso da orientação a objetos, é uma cópia de instância cujos dados possuem valores específicos ao instante da execução. Por exemplo, ordem de produção é uma instância que é única no modelo da empresa, enquanto várias ocorrências deste objeto podem ser gerenciadas durante a execução do modelo (Gachés, 1999).

A seguir são descritos os dois construtores mais importantes dessa vista: Objeto de Empresa e Vista de Objeto (Gachés, 1999), que são similares, em seus princípios, a entidades estruturadas e vistas SQL (*Structured Query Language*) Vernadat (1996).

a) Objeto de Empresa

Consiste na descrição de uma entidade generalizada de empresa ou de um conjunto estruturado de entidades, por intermédio de um grupo limitado de propriedades descritivas ou atributos (Gachés, 1999). Este conceito resulta de uma tendência de unificação que visa modelar toda a realidade industrial, por intermédio de poucos conceitos universais num alto nível de abstração (Rumbaugh *et al.*, 1991).

Uma entidade generalizada representa uma pessoa, máquina ou conceito e caracteriza-se por poder ser pensada como um todo e possuir vida própria, significando identificação e

existência próprias (Gachés, 1999). Diferentemente do conceito de objeto, estabelecido na abordagem citada (Rumbaugh *et al.*, 1991; Booch, 1994), objetos de empresa não possuem métodos, porque foram propostos segundo a abordagem de modelagem orientada estruturalmente a objeto. Métodos poderiam ser acrescentados porém acarretariam dificuldades com a funcionalidade definida na Vista de Função (Vernadat, 1996). Na arquitetura CIMOSA objetos que possuem comportamento são chamados entidades funcionais e seus métodos definidos como Operações Funcionais.

Cada Objeto de Empresa é caracterizado por sua estrutura e ciclo de vida. A estrutura é definida por suas propriedades intrínsecas, expressas como atributos que são utilizados na formação das Vistas de Objeto. Essas vistas constituem a única maneira de ter-se acesso ao conteúdo de um Objeto de Empresa. Essas propriedades são:

- Elementos de informação – São propriedades elementares ou descritivas que podem ser agrupadas e representam informação que é indivisível sob o ponto de vista da análise (Gachés, 1999). A consistência e integridade desses elementos é garantida segundo restrições definidas num construtor específico denominado regras de integridade. Os elementos são: um atributo definido segundo seu tipo de dado, podendo ser usados todos os tipos de dados básicos da linguagem EXPRESS (Schenck e Wilson, 1994); uma estrutura de dados descrita como uma lista, um conjunto, um vetor ou um tipo de dado definido pelo usuário, usando a mesma sintaxe de EXPRESS; uma referência para outro Objeto de Empresa, sendo este considerado como um atributo, e torna-se uma parte do objeto definido. Cada elemento necessita ser definido de acordo com tipos determinados na tipologia de propriedades. Essa classificação define tipos elementares de dados a partir dos quais cada entidade-átomo, que pode ser um elemento de informação da vista de informação do modelo, pode ser qualificada. Uma tipologia simples consiste, por exemplo, no conjunto formado pelos tipos {INTEGER, REAL, CHARACTER, BOOLEAN}.
- SubObjeto de Empresa – É uma propriedade estruturada que consiste num conjunto estruturado de elementos de informação e ocorrências de objetos de empresa. A definição de

um subobjeto é feita agregando-se objetos inferiores hierarquicamente.

- Mecanismos de abstração – São ligações semânticas que conectam objetos de empresa para formar um modelo semântico de informação da vista de informação na modelagem de definição de requisitos (*CIMOSA Association*, 1996). Esses mecanismos são relacionamentos estabelecidos pelo usuário para associar objetos de empresa. Essas associações são quantificadas pelas cardinalidades ou restrições dos relacionamentos. Por exemplo, o Objeto de Empresa “produto” cujos itens são placa e cubos, possui uma placa e no mínimo um e no máximo seis cubos. Desses mecanismos de abstração a metodologia CimOsa/rg provê os mecanismos de generalização, agrupamentos forte e fraco e relacionamento generalizado.

i) Generalização ou Relacionamento *IsA*

É um mecanismo de abstração de objeto designado pela palavra-chave *IsA* e representado por um arco que se origina no objeto genérico, sendo equivalente a uma classe, na abordagem de orientação a objeto. É graficamente representado por uma seta cuja origem indica o objeto mais geral e destino assinala o objeto especializado. Esse relacionamento possibilita que cada Objeto de Empresa possa ser imaginado como um mais genérico, permitindo organizar a complexidade do sistema de informações numa estrutura denominada hierarquia *IsA*.

O relacionamento entre duas instâncias de Objeto de Empresa, sendo uma mais geral e outra mais específica, precisa ser distinguido de ocorrências de Objeto de Empresa. Por exemplo, o Objeto de Empresa ordem de produção é uma instância, única no modelo, onde suas várias cópias em execução, várias ordens de produção em progresso num determinado instante, são ditas ocorrências do objeto. Portanto, ordem de produção poderia ser uma particularização de outra instância chamada ordem a partir da qual herdaria algumas propriedades básicas. Este relacionamento possui três propriedades:

- Herança Simples ou Relacionamento *IsA* – Possibilita um Objeto de Empresa herdar as propriedades de um outro de nível mais alto, a menos que especificado de outra forma;
- Herança Múltipla – Significa que um Objeto de Empresa filho pode herdar propriedades de

objetos de nível mais alto ou pai. Neste caso cada objeto filho é totalmente dependente daqueles dos quais herdou propriedades, por isso em qualquer instante que um objeto superior for eliminado, seus descendentes necessitam ser reestruturados ou extintos;

- Não-reflexiva – Significa que um Objeto de Empresa não pode ser definido a partir de si mesmo.

ii) Agregação

Este mecanismo de abstração possibilita definir um Objeto de Empresa como sendo composto de outros, sendo esses considerados como propriedades do objeto de mais alto nível. Há dois tipos de agregação:

- Agregação forte – É um relacionamento entre objetos de empresa que permite definir um objeto de mais alto nível a partir de objetos-membro ou subobjetos. É designado palavra-chave *PartOf* a qual indica que os subobjetos são propriedades do objeto principal de maneira que quando uma ocorrência daquele que é agregado é destruída, são eliminadas as ocorrências relacionadas dos seus componentes (Gachés, 1999).
- Agregação fraca – É um relacionamento em que um Objeto de Empresa pode ser formado pela agregação de outros que poderão continuar existindo caso o objeto agregado seja destruído. Significa simplesmente que um Objeto de Empresa pode ser descrito por meio de subobjetos sem exigir uma condição de existência. Esse tipo de agregação pode ser uma lista ordenada de ocorrências de Objeto de Empresa, designada pela palavra-chave *ListOf*, ou um conjunto de ocorrências não necessariamente ordenadas, indicada pela palavra-chave *SetOf*.

iii) Relacionamento Generalizado Orientado

É designado por um arco nomeado orientado de um Objeto de Empresa mais genérico para um mais específico. O nome está associado ao contexto da aplicação e confere um significado à associação que reflete o referido contexto segundo o ponto de vista do usuário. Por exemplo, o Objeto de Empresa Instrução pode ser descrito como uma *ListOf* objetos de empresa operação.

b) Vista de Objeto

Consiste num grupo de propriedades de um Objeto de Empresa sendo esses dados ou atributos do mundo real; seus valores constituem percepções das manifestações ou estados do Objeto de Empresa. Vista de Objeto é uma imagem ou uma aparência do estado de um ou mais objetos da empresa num dado instante (Vernadat, 1996). Cada Vista de Objeto é definida na fase de análise de informação, identificando-se os elementos de informação dos objetos de empresa ou atributos utilizados como entrada e/ou saída das Atividades de Empresa. Essas vistas representam estruturas dos dados e não estão sujeitas a mecanismos de abstração, exceto agregação fraca.

Podem existir na forma de entidades de informação, ou seja, representação de dados de um objeto do mundo real (Gachés, 1999). Cada Vista de Objeto é relacionada a um e somente um Objeto de Empresa, mesmo que este resulte de uma composição ou de relacionamento generalizado com ou outros de mais baixo nível.

Para distinguir os objetos de empresa puramente físicos, por exemplo, máquina ou produto, daqueles formados inteiramente por informação, por exemplo, um programa de computador ou um plano de produção, existem dois tipos de Vistas de Objetos: vista física e vista de informação. Assim tipificadas essas vistas possibilitam descrever e distinguir o fluxo de material e o fluxo de informação de empresa. Exemplos de objetos de empresa e Vistas de Objetos extraídos dos apresentados por Vernadat (1996) são:

- Programa de Produção – É um Objeto de Empresa que pode ser descrito por um conjunto de propriedades intrínsecas, por exemplo, identificador do plano, data em que foi criado, nome do planejador, nome e quantidade do produto a ser montado, data a ser entregue, dentre outras. Um usuário trata com Vistas de Objeto deste objeto e nunca com o objeto em si porque sua representação é feita de forma conceitual por intermédio de atributos. Por exemplo, o planejador pode decidir imprimir as informações do plano, editá-lo e salvá-lo. Todas estas são diferentes vistas do mesmo objeto mas não o objeto em si.
- Fabricação de Peça – No início do processo fabril, a peça é apenas um pedaço de metal a ser

cunhado ou estampado (blank), ele é então desbastado, usinado (a peça é conformada e material é removido), e então pode ser pintada. Estas também são vistas de um objeto concreto.

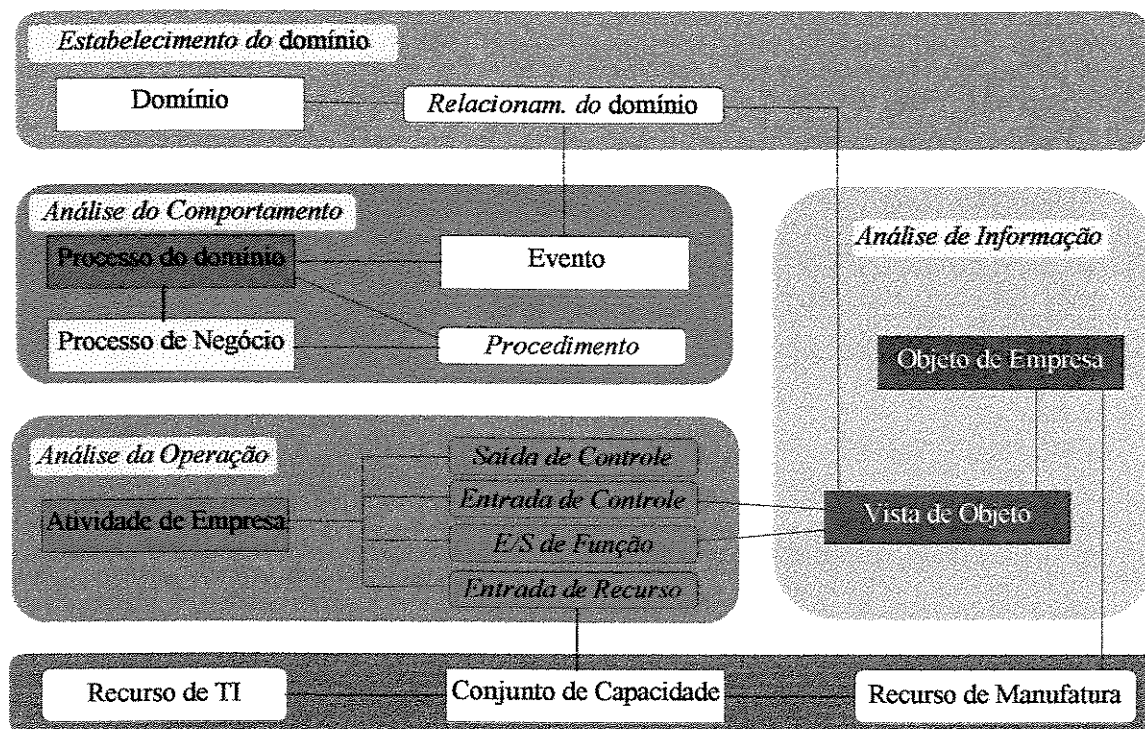


Figura 3.7 Principais Conceitos CIMOSA

Fonte: (Gachés, 1999);

3.2.3 Construtor da Vista de Recurso

Na modelagem de definição dos requisitos, nenhuma suposição é feita acerca do recurso necessário para suportar funções. A entrada de recurso da Atividade de Empresa refere-se somente a um construtor particular chamado conjunto de capacidade. Ele é a descrição de todas as Capacidades necessárias para que um recurso realize uma Atividade de Empresa. O Conjunto de Capacidade é uma coleção de atributos que tornam um recurso apropriado para uma Atividade de Empresa ou classe delas. Este conjunto de propriedades pode ser fornecido por um Objeto de Empresa chamado objeto recurso. Cada capacidade é uma propriedade elementar ou característica de um objeto recurso. Os principais conceitos CIMOSA descritos estão relacionados segundo as quatro vistas apresentadas na Figura 3.7.

3.3 Processo de Modelagem CimOsa/rg

A metodologia CimOsa/rg prescreve como definir e analisar um domínio, estruturá-lo e determinar seu comportamento, segundo os construtores e paradigma descritos nas seções 3.2.1 e 3.2.2. Esta prescrição constitui um processo que, segundo Gachés (1999) é estritamente derivado do Ciclo de Vida CIMOSA e significa definir os objetivos e restrições globais do negócio aplicáveis ao domínio e então desmembrá-los em subobjetivos e sub-restrições a serem satisfeitos por funções e subfunções.

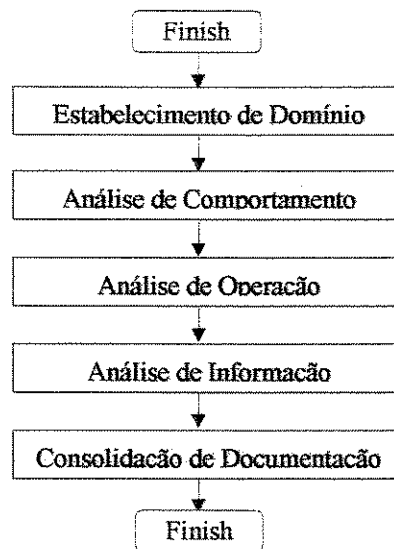


Figura 3.8 Processo Definição de Requisitos

Os objetivos e restrições podem ser qualitativos ou quantitativos e expressos textualmente, mantendo-se visíveis nos demais níveis de modelagem, podendo ser revistos e rastreados na análise do modelo. O processo possui as cinco fases ou construtores mostrados na Figura 3.8, os quais descrevem procedimentos, funções a serem realizadas e as informações a serem usadas/produzidas pelos usuários para criarem o modelo de empresa.

Esses construtores são Processos de Negócio e formam o Processo de Domínio de definição de requisitos mostrado na Figura 3.8. Cada fase é um Processo de Negócio executado segundo o paradigma de modelagem CimOsa/rg e seus construtores, como mostrado na Figura 3.5.

Processo 1: Estabelecer Domínio

Um domínio CIMOSA representa uma parte da empresa a ser analisada e para a qual será criada um Modelo Particular. Cada domínio é estabelecido executando-se os quatro passos mostrados na Figura 9 e respeitando-se alguns princípios básicos: concebê-lo como uma rede de processos ao invés de áreas funcionais mapeadas na estrutura organizacional, delimitá-lo de maneira que contenha plenamente todos os processos necessários para satisfazer um subconjunto de objetivos da empresa, evitar sobreposição e maximizar sua coesão limitando a interdependência entre domínios (Gachés, 1999).

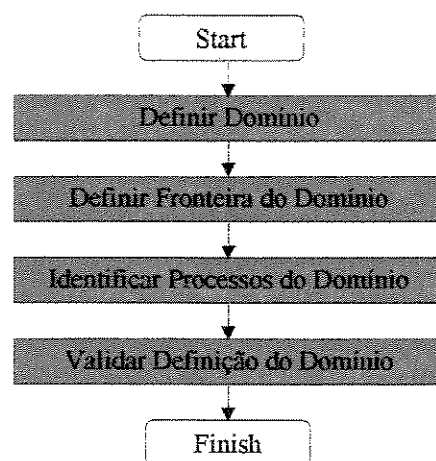


Figura 3.9 Processo Estabelecer Domínio

Primeiro a alta gerência explicita os objetivos a serem atingidos, as restrições impostas e responsabilidades do domínio, a partir das definições estratégicas globais a empresa. As restrições são limitações referentes a orçamentos, pessoal, máquinas etc., alocados para o domínio. Suas fronteiras são definidas listando-se os estímulos, representados como eventos, e Vistas de Objetos trocados com os domínios adjacentes e possibilitam identificar os processos do domínio. A definição do domínio é concluída com sua validação: o usuário verifica se os objetivos, restrições e responsabilidades estão coerentes, se todos os eventos e Vistas de Objeto trocados com os demais fazem parte da fronteira e se os processos do domínio identificados correspondem aos eventos recebidos.

Processo 2: Análise de Comportamento

Cada processo do domínio anteriormente identificado é esboçado e revisado de modo a atingir um subjetivo que é derivado do objetivo do domínio e em seguida decomposto em Processos de Negócio e Atividades de Empresa, que são organizados numa estrutura hierárquica como a mostrada na Figura 3.10.

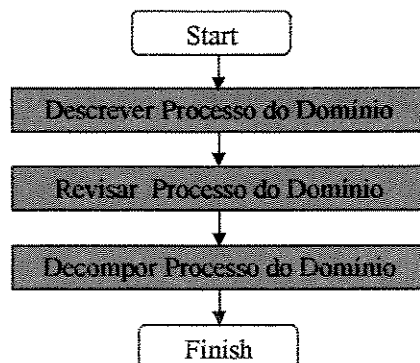


Figura 3.10 Processo Análise de Comportamento

Finalmente, estabelece-se a ordem ou seqüência de ativação dos processos de negócio e atividades da empresa. Esta seqüência representa o comportamento do processo de domínio e consequentemente seu fluxo de trabalho, e sua formalização é feita em termos de regras que são reunidas em procedimentos formais. Durante o estabelecimento de domínio, identifica-se a lista de processos de domínio e durante a análise de comportamento cada processo desses é decomposto em funções de mais baixo nível, processos de negócio e Atividades de Empresa, e provida de um comportamento do processo que expressa num procedimento seu fluxo de ação.

A referida análise pode ter permitido identificar condições de exceção que não podem ser incluídas no fluxo de controle ou procedimento. Tais exceções precisam ser identificadas como Evento interno, que implica consequentemente a definição de novos processos de domínio para descrever como o domínio reage a estes eventos.

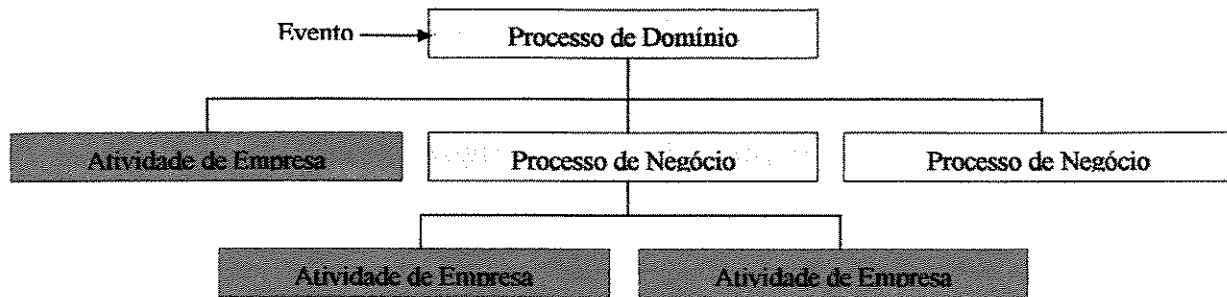


Figura 3.11 Estrutura de um Processo de Domínio

Ao final desse processo tem-se as duas partes do domínio: funcionalidade ou parte estática, expressa em termos de processos de negócios e Atividades de Empresa, e comportamento ou parte dinâmica, representado pelos procedimentos contidos em cada processo do domínio, como mostra a Figura 3.11.

Processo 3: Análise da Operação

Nos processos anteriores foram definidos o domínio e seus processos e esses hierarquizados compondo os alto processos de alto nível - Processos de Domínio e Processos de Negócio e suas funções de mais baixo nível ou Atividades de Empresa, como mostra a Figura 3.11. A análise da operação - terceiro processo na definição de requisitos, significa analisar cada Atividade da empresa e consistem em descrever textualmente e sem ambigüidade a função de cada Atividade da Empresa e identificar suas entradas/saídas. Essas entradas/saídas contêm os elementos que possibilitam conectar umas as outras tais atividades e assim incorporar à empresa a funcionalidade que constituem; também possibilita identificar as Vistas de Objeto processadas/geradas, o conhecimento necessário a realização de cada atividade e os desempenhos dos recursos que as executarão.

Ao final desses três primeiros processos, como apresentados na Figura 3.8, tem-se a descrição da vista de função do modelo de definição de requisitos. Significa que o domínio foi estabelecido e identificados e estruturados seus processos e atividades. A descrição completa da vista de função contém todos os requisitos de informação já que estão porquê as entradas e/ou saídas das Atividade da empresa.

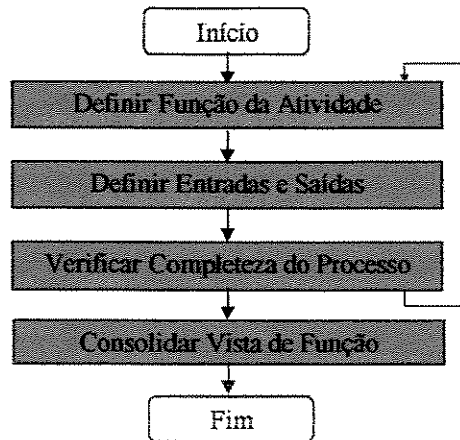


Figura 3.12 Processo Análise da Operação

O usuário precisa então estabelecer as ligações entre a vista de função e a vista de informação do domínio. Significa descrever as Vistas de Objeto envolvidas nas entradas/saídas das Atividades de Empresa e consolidar esta informação para construir os objetos da empresa pertencentes ao domínio. Na fase seguinte, análise de informação, definem-se as Vistas de Objetos e objetos de empresa a partir dos quais constrói-se o modelo que representa a vista de informação.

Processo 4: Análise de Informação

Nos três processos anteriores, mostrados na Figura 3.8, o usuário definiu, decompôs e estruturou o domínio em termos de suas atividades e processos, a partir dos quais determinou as necessidades de informações e de recurso. No estabelecimento das fronteiras do domínio o usuário identificou as principais Vistas de objeto trocadas com os domínios adjacentes e na Análise da Operação definiu as entradas/saídas das Atividades de Empresa. Essas entradas e saídas expressam as necessidades de informação e as características de desempenho dos recursos necessários a sua execução. Se a Vista de Função estiver completa, a completeza dos requisitos na informação pode ser declarada. Na realidade, se outras partes de informação forem necessárias, elas teriam de ser processadas e necessitariam aparecer nas entradas ou saídas de no mínimo uma Atividade de Empresa (Gachés, 1999).

O usuário enfim construiu o modelo da Vista de Função e da Vista de Recursos referente ao nível de modelagem de Definição de Requisitos. Após identificar todas as Atividades de Empresa empregadas no domínio, o usuário executa a análise de informação para elaborar o modelo da Vista de Informação, penúltimo dos processos da Definição de Requisitos, como mostra a Figura 3.8. Este modelo define os requisitos de informação do domínio: consiste num diagrama composto pelos objetos de empresa do domínio e seus relacionamentos, mais as descrições desses objetos e de suas Vistas de objeto. Isto é realizado na Análise de Informação.

Como o usuário não é necessariamente um especialista em modelagem de informação” a Metodologia CimOsa/rg oferece um paradigma “simples” para capturar estes requisitos e expressá-los no referido modelo (Gachés, 1999). A Análise de Informação é realizada em dois passos: descrição de todas as Vistas de objeto envolvidas nas Atividades de Empresa e definição e estruturação (relacionamentos) dos objetos da empresa.

Estes passos são realizados preocupando-se em evitar a definição de objetos redundantes e estabelecer suas ligações e dependências. Por exemplo, se um elemento de uma entrada e/ou saída de Atividade de Empresa pertencer a dois objetos de empresa, estes provavelmente formarão um único objeto ao qual serão atribuídos nomes diferentes no ambiente e cultura tradicionais de manufatura.

Se parte de um Objeto de Empresa, constituída por um conjunto de propriedades, é tal que nenhuma de suas propriedades é partilhada por outra parte do Objeto de Empresa, então somente neste caso, esta parte pode ser considerada como um subobjeto (Objeto de Empresa definido como uma PartOf de um de mais alto nível.) de outra forma, esta parte é somente um aspecto específico (Vista de Objeto) do Objeto de Empresa.

O primeiro passo consiste na descrição de todas as Vistas de objeto envolvidas nas Atividades de Empresa – Essas vistas são caracterizadas a partir das entradas/saídas das Atividades de Empresa empregadas no domínio. Vistas de objeto fazem parte da vista de informação e são utilizadas como entradas/saídas da Atividade de Empresa constituindo assim forte ligação entre essas vistas. As Vistas de Objetos são descritas estruturando-se os elementos

de informação presentes nas entradas/saídas das Atividades de Empresa. Uma vez descritas as Vistas de Objeto clarificarão a vista que um usuário tem dos objetos com os quais lida. Cada Vista de Objeto é definida por um conjunto de propriedades ou elementos de informação e são relacionadas a um objeto da empresa construído agregando-se todas as propriedades das Vistas de Objeto. Definir uma Vista de Objeto consiste em identificar seus componentes - elementos de Informação ou Vistas de Objetos mais elementares. A recursividade na definição das Vistas de objeto e objetos de empresa aplica-se da seguintes maneira: como objeto da empresa pode ser definido como um conjunto de Vistas de Objeto e elementos de Informação, o mesmo se aplica a Vistas de objeto.

O segundo passo é a definição e estruturação (relacionamentos) dos objetos da empresa – Esta definição é feita descrevendo e estruturando objetos da empresa a partir das Vistas de Objeto. Definir um objeto da empresa consiste em reunir todos os elementos de Informação identificados como componentes de todas as Vistas de Objeto que referem-se aquele Objeto de Empresa específico, considerando o fato de que um elemento de Informação pode ser transformado num Relacionamento com outro Objeto de Empresa.

O Modelo gerado ao final dessas cinco fases consiste num objeto de alto nível construído progressivamente durante a execução do processo de modelagem, e compreende um conjunto de objetos elementares de modo a descrever a vista de função, a vista de informação do processo modelado e os relacionamentos. A relação entre essas Vistas de Objeto e as entradas/saídas das Atividades de Empresa constitui uma ligação entre a vista de função à vista de informação (Gachés, 1999). O Modelo é documentado de duas formas que exprimem duas vistas do mesmo objeto: uma documentação hipertexto, gerada automaticamente pelo CimTool, e uma documentação explicativa, constituída por um arquivo Word, gerado pelo autor com auxílio do CimTool.

Este capítulo descreveu o núcleo do suporte metodológico – a arquitetura CIMOSA e a metodologia CimOsa/rg – à execução do trabalho descrito nesta monografia. O próximo capítulo descreve a Plataforma PIPEFA, mostrando seus conceitos, propósitos e sua trajetória evolutiva.

Capítulo 4

Plataforma PIPEFA

Este capítulo descreve a plataforma PIPEFA, abordando sua concepção, projeto, ampliação, estado atual e trabalhos nela fundamentados. Modela seu fluxo de materiais, redefine seus principais elementos e uniformiza a terminologia empregada.

4.1 Introdução

A PIPEFA, Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação, é um ambiente de ensino e pesquisa destinado a viabilizar a geração e transferência de conhecimentos e técnicas de planejamento e controle da produção, controle de chão de fábrica e metodologias para integração de empresas. Seu desenvolvimento iniciou-se em 1993, por intermédio de um projeto realizado em conjunto pelas instituições: Instituto Nacional de Tecnologia da Informação (ITI), Laboratório de Automação Integrada e Robótica (LAR), e Laboratoire d'Ingénierie Intégrée des Systèmes Industriels (LIISI), com apoio da FAPESP e CAPES-COFECUB.

Essa plataforma foi inicialmente concebida para ser um chão de fábrica semi-automático de manufatura, constituído por centros de trabalho, monitorados e controlados por um sistema computacional de comunicação e controle, contando com mão-de-obra para realizar algumas de suas tarefas. Essa concepção preliminar da plataforma está organizada segundo a estrutura mostrada na Figura 4.1 e fundamenta-se nos conceitos do ambiente PEREGA, *Plateforme Expérimentale pour la Recherche et l'Enseignement en Génie Automatique*, desenvolvida pelo LIISI, França. Seus requisitos são: repetitibilidade dos conceitos e das soluções tecnológicas

desenvolvidas, implementação gradual, baixo custo de operação, capacidade de incorporar novas técnicas e tecnologias e inclusão de novos parceiros.

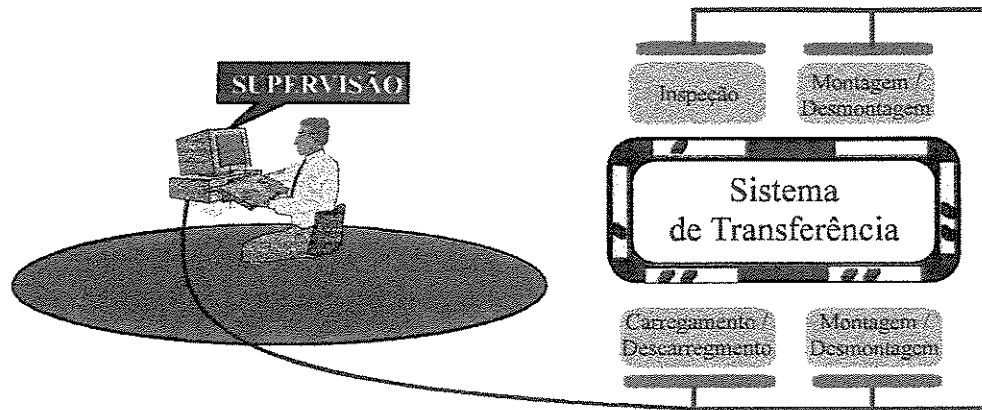


Figura 4.1 Proposta Inicial da Plataforma PIPEFA.

4.2 Evolução da Plataforma

Com a finalidade de viabilizar a utilização das técnicas de planejamento e controle da produção, os algoritmos de programação e otimização desenvolvidos pelo ITI e a inclusão de novos parceiros ao projeto, a plataforma foi ampliada passando a ser representada pela estrutura funcional mostrada na Figura 4.2. Essa estrutura delinea as funções que planejam e gerem a produção como também aquelas executadas pelo chão de fábrica. As interações dessas funções são suportadas por uma infra-estrutura computacional composta por aplicativos e bases de dados instalados no ITI e na Unicamp, interoperando via Internet. Consoante com essa evolução, várias propostas de modelagem e de soluções tecnológicas aplicadas à plataforma vêm sendo apresentadas em artigos e em dissertações de mestrado e de doutorado.

Koyama (2001) propõe uma arquitetura reativa para controle de chão de fábrica aplicada a essa plataforma, sendo que a arquitetura foi projetada para tratar explicitamente o problema de reconfiguração da produção, no caso de falhas ou pequenas modificações na produção.

Georgini (1999) apresenta uma estruturação da parte de comando de um sistema automático de produção, enfatizando a implementação de um sistema supervisor.

Louni *et al.* (1999) modelam a operação do chão de fábrica, segundo uma abordagem de análise funcional, e descrevem a funcionalidade dos controladores dos centros de trabalho utilizando o formalismo Hyper-GRFCET.

Campos (1998) apresenta uma proposta de modelagem baseada na arquitetura CIMOSA para a integração de sistemas de gestão de produção em empresas de manufatura, focalizando a plataforma PIPEFA.

Viana *et al.* (1997) propõem uma estrutura conceitual ou framework para validar arquiteturas de controle distribuído, por intermédio da modelagem das características desse sistema, utilizando ferramentas de análise estruturada, traduzindo a dinâmica descrita em modelos de simulação elaborados empregando Redes de Petri Coloridas e Temporizadas. Detalhes acerca de Redes de Petri são fornecidos por Peterson (1981).

Araújo (1997) procura demonstrar a adequabilidade da utilização de um sistema de comunicação do tipo Fieldbus no chão de fábrica da plataforma, tendo como referência o modelo NBS desenvolvido pelo NIST (McLean *et al.*, 1993), descrito no capítulo 2 desta monografia, seção 2.4. Esse modelo tem como principal objetivo auxiliar a definir as necessidades de automação em empresas de manufatura de peças discretas com pequenos lotes (batch), como por exemplo, aquelas que fornecem peças para a indústria aeronáutica, automobilística, e de máquinas, as quais são responsáveis por 75% da produção nos Estados Unidos (Bernus *et al.*, 1996). Como descrito no segundo capítulo desta monografia esse modelo estratifica as tarefas de um sistema de controle em cinco níveis hierárquicos: empresa, fábrica, célula, estação e equipamento. Segundo Araújo (1997), a funcionalidade do chão de fábrica corresponde a de uma célula de manufatura e a de seus centros de trabalho as das estações.

Pereira *et al.* (1997) propõem o conceito de empresa cooperativa e desenvolvem um modelo funcional da plataforma, segundo a abordagem de análise estruturada. Empresa cooperativa significa uma empresa formada por unidades remotas, focalizadas em suas atividades essenciais que cooperam entre si planejando globalmente a produção e considerando suas capacidades produtivas individuais.

As seções seguintes detalham a estrutura da plataforma, seus recursos, relacionamentos e operação.

4.2 Estrutura Funcional da Plataforma

O escopo da plataforma foi ampliado passando a incorporar funções de planejamento e controle da produção somadas às realizadas pelo próprio chão de fábrica. Essas funções, bem como os recursos que as executam estão funcionalmente organizados segundo a estrutura mostrada na Figura 4.2, as quais inter-relacionam-se com o suporte da Internet. Nesta estrutura as funções de planejamento são executadas no ITI, sendo o chão de fábrica instalado na Unicamp.

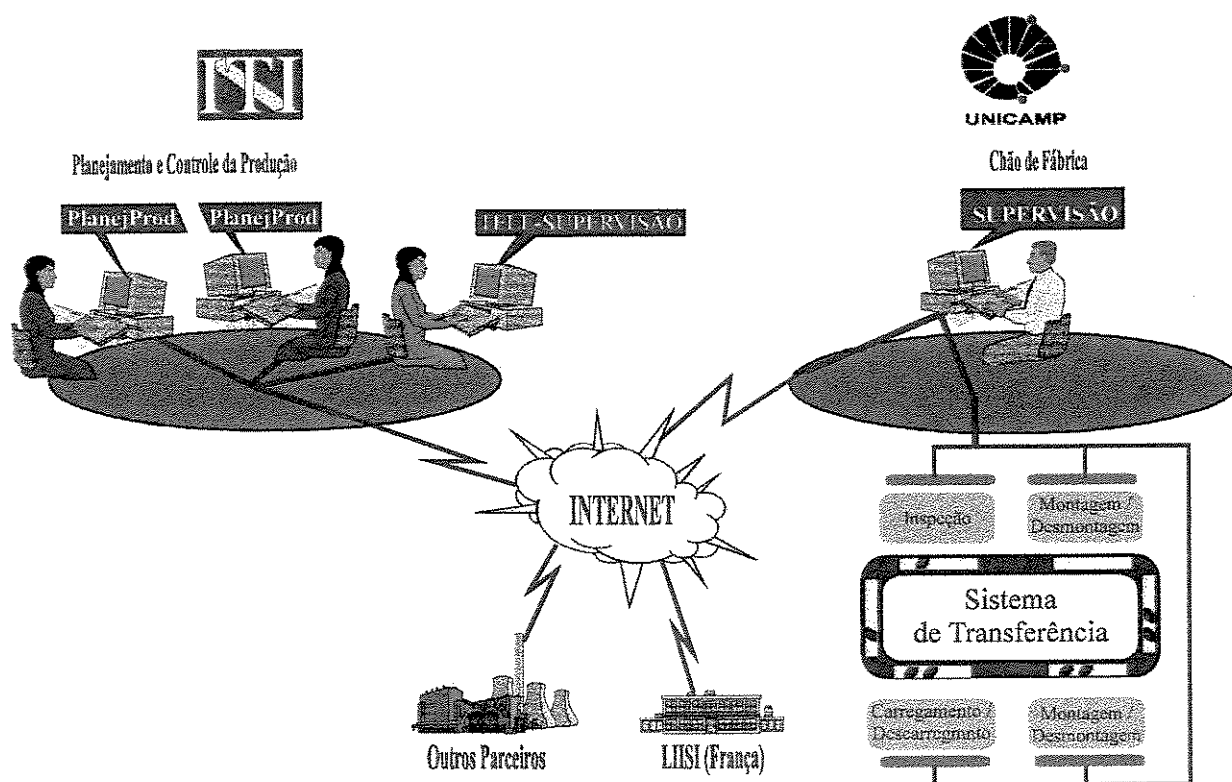


Figura 4.2 Estrutura Funcional da Plataforma

Com o propósito de caracterizar a plataforma como um sistema de produção análogo a um sistema industrial convencional, este trabalho define suas funções e interfaces, tendo como contexto a plataforma, interagindo com as áreas funcionais de uma empresa genérica de

manufatura. Segundo o modelo de referência empresarial de Purdue (Williams, 1988) essas áreas são: Marketing & Vendas, Engenharia, Pesquisa & Desenvolvimento, Recebimento e Expedição de Produtos. No âmbito deste projeto essas áreas são virtuais, mas interagem com a plataforma, simulando-se os dados que teoricamente enviam e recebem numa empresa real. Simulam-se inclusive, dados como pedidos de compra, aviso de recebimento de material, dentre outros, abrangendo assim as inter-relações com clientes e fornecedores, considerados pelo modelo de Purdue, como entidades externas à empresa (Williams, 1988).

Na estrutura mostrada na Figura 4.2, as decisões gerenciais destinam-se a atender uma demanda supostamente estocástica, gerada pelos pedidos dos clientes somados às previsões de vendas. Essas decisões resultam em ordens de produção que listam os produtos, quantidades e datas em que serão produzidos. Nessa plataforma os planejadores tomam essas decisões no ITI auxiliados pelos aplicativos Prodcon (Passos *et al.*, 1996) e Retra (Carvalho e Silva Filho, 1996), os quais foram desenvolvidos pelo ITI, gerando, além das ordens de produção, os pedidos de compra de materiais a serem enviados aos fornecedores. Esses aplicativos baseiam-se em dados como pedidos dos clientes, previsões de vendas, prazos de entrega dos produtos e materiais utilizados e na capacidade produtiva disponível do chão de fábrica.

Planejadores são especialistas que estimam a previsão de vendas a partir de dados históricos, decidindo as datas e quantidades nas quais os produtos serão montados, tendo como suporte aplicativos como os acima descritos. Eles avaliam as ordens de produção, verificando quais delas satisfazem critérios como custos, prioridade do pedido, níveis mínimo e máximo de estoques desejáveis. Como mostra a Figura 4.2, os planejadores permanecem no ITI e enviam, via Internet, para o chão de fábrica localizado na Unicamp, as ordens de produção aprovadas. As seções seguintes detalham a estrutura funcional da plataforma, descrevendo seus elementos de planejamento e controle da produção e de chão de fábrica.

4.3 Planejamento e Controle da Produção

As funções de planejamento e controle administram a montagem dos produtos usando

técnicas de *MRP II* aliadas a técnicas de otimização da produção. *MRP II* significa Planejamento de Recursos de Manufatura, do inglês, *Manufacturing Resource Planning*. Essas funções são executadas por aplicativos e planejadores da produção; os aplicativos auxiliam os planejadores nas decisões gerenciais, elaborando e analisando programas de produção e determinando níveis de estoques aceitáveis, e nas decisões operacionais, alocando máquinas para atender ordens específicas de produção, seqüenciando operações, calculando tamanho de lotes, dentre outras funções. Os aplicativos são estruturados nos seguintes módulos:

4.3.1 Módulo Básico

Este módulo oferece uma interface homem-máquina com cadastros que permitem parametrizar setores da empresa e uma base de dados que os mantêm armazenados. Esses cadastros dividem-se em tecnológicos e comerciais. Cadastros tecnológicos compreendem a configuração lógica da fábrica, abrangendo setores de recebimento, armazenagem, expedição, montagem e controle de qualidade; as estruturas dos produtos, expressas em termos dos códigos dos componentes e nomes incidências; e os processos de fabricação, definidos pelos códigos de componentes e de operação fabris, código do centro de trabalho onde a operação é executada, tempos de preparação e processamento. Os cadastros comerciais contêm os registros de pedidos de compra e venda. Esses parâmetros viabilizam as interações entre os módulos seguintes e entre eles e os setores de Vendas & Marketing, Pesquisa & Desenvolvimento, Engenharia, Chão de Fábrica, Recebimento e Expedição de Materiais.

4.3.2 Controle da Fábrica

Este módulo controla o recebimento de materiais, verificando pedidos de compra associados a quantidades recebidas, indicando quantidades aceitas e rejeitadas, controla os centros de fabricação, monitorando suas operações e quantidades de materiais disponíveis e montagens realizadas; supervisiona controle de qualidade, monitorando as quantidades aprovadas, rejeitadas e prontas para serem testadas; controla estoques, registrando a movimentação de materiais e expedição de produtos.

4.3.3 Planejamento da Produção

Este planejamento baseia-se na técnica de gestão MRP II, cujo princípio básico é o cálculo das necessidades, das quantidades e dos momentos em que são necessários os recursos da manufatura e consistem em materiais, pessoal e equipamentos utilizados para cumprir os programas de entrega de produtos com o mínimo de formação de estoque. Estes cálculos são feitos a partir das necessidades dos produtos finais. O planejamento é executado por dois aplicativos: Prodcon e Retra. Os principais módulos do Prodcon são: Planejamento Mestre da Produção – MPS, do inglês, Master Production Planning, Planejamento de Recursos de Materiais – MRP, do inglês, Material Requirements Planning e Controle de Estoque. Estes módulos planejam a produção segundo a técnica backward ou de “para trás”, significando que as datas em que as montagens devem ser iniciadas são determinadas calculando-se a diferença entre a data de entrega de cada produto e o tempo necessário para produzi-lo.

- MPS – Este módulo gera um plano de produção que determina a quantidade de cada produto a ser concluído ao final de um horizonte de planejamento de curto prazo, uma semana, por exemplo. De maneira simplificada este plano resulta da comparação das quantidades a serem produzidas, calculadas a partir dos pedidos dos clientes e previsões de venda, com os estoques da empresa. O plano é expresso em termos de ordens de produção de tipos de produtos. Essa funcionalidade confere a este módulo o nível de fábrica do modelo NBS, conforme descrito no segundo capítulo;
- Rede de Transporte – Retra – Este aplicativo realiza a otimização do sistema tendo como restrição os recursos disponíveis para produção. Ele fornece o melhor escalonamento da produção em termos de quantidade de demanda atendida no prazo previsto ou com atraso para cada família de produtos e utilização de máquinas, segundo períodos de produção arbitrados pelos planejadores. O módulo recebe as ordens de produção de tipos geradas pelo MPS e simula vários cenários de produção, tendo em conta a disponibilidade dos recursos físicos frente às necessidades de produção, segundo a árvore do produto, processos de fabricação, discretização temporal em períodos como turnos e dias, e preços;

- *Material Requirement Planning*, MRP – Este módulo quantifica os materiais que necessitam ser produzidos e comprados, gerando ordens de produção e de compra para atender à demanda interna expressa nas ordens de produção criadas pelos módulos MPS e Retra. Para tanto explode a família de tipos em produtos e cada produto em sua árvore de componentes. Os componentes são todos aqueles que compõem o item, incluindo os fabricados, comprados e os retirados do estoque. O módulo gera ordens e pedidos de compra que são analisados pelos planejadores da produção;
- Controle de Operações do Chão de Fábrica – Este módulo gerencia o chão de fábrica e juntamente com o submódulo de telesupervisão implementa as interações entre as unidades. O gerenciamento é *on-line* e consiste em registrar os produtos montados, rejeitados, requisitados ao estoque, enviados para estoque e para expedição, material recebido do fornecedor, tempo gasto na fabricação. Essa funcionalidade baseia-se nas ordens de produção consolidadas que são recebidas do planejamento da produção. As interações consistem em enviar ordens de produção ao módulo de telesupervisão e desse receber informações referentes às ordens executadas, níveis de estoques.

4.4 Chão de Fábrica

Como descrito na seção 4.1 o chão de fábrica representa a primeira idealização da plataforma, sendo formado por cinco centros de trabalho monitorados e controlados por um sistema supervisorio. Essa concepção inicial tornou-se a parte operacional ou chão de fábrica da plataforma, segundo sua estrutura funcional, mostrada na Figura 4.2. Esse chão de fábrica é uma linha de montagem que monitora, controla e executa a produção de uma gama de vinte e seis diferentes produtos para atender uma demanda preexistente à Plataforma. Isto envolve a gestão e execução dos processos de montagem, desmontagem, teste e retrabalho de produtos, recebimento, armazenagem, transporte e expedição de materiais.

Neste trabalho, a linha de montagem opera sob demanda, um tipo de manufatura cujas características são: os subconjuntos essenciais do produto final são os mesmos para todos os produtos e podem ser armazenados até o pedido do cliente ser formalizado, é possível mudar

outros componentes na montagem final, as interações com os clientes restringem-se às vendas, a diferenciação dos produtos acontece durante o processo de montagem do produto final, as entregas tendem a ser de médio prazo e limitadas pela disponibilidade dos componentes essenciais do produto (Altamirano, 1999).

Nesse projeto a demanda a ser atendida é fictícia, gerada via simulação e posteriormente expressa em ordens de produção pela função de planejamento. Essas ordens tornam-se metas a serem atingidas pelos centros de trabalho do chão de fábrica que como mostrados na Figura 4.1, cooperam entre si na transferência de materiais, montagem, inspeção, armazenagem e eventual retrabalho de produtos. Esses centros operam sob comando de um sistema de controle automático, formado por um aplicativo, constituído por um sistema supervisor, e pelos controladores dos centros de trabalho. Esse aplicativo oferece uma interface homem-máquina, por intermédio da qual um operador obtém informações atualizadas sobre o estado do chão de fábrica, podendo interferir na operação de cada um desses centros.

4.4.1 Recursos do Chão de Fábrica

Consideram-se recursos do chão de fábrica a matéria-prima, a mão-de-obra e os centros de trabalho. A seguir detalha-se cada um desses recursos.

a) Matéria-prima

É formada por uma quantidade limitada de placas e cubos LEGO^{MR} previamente adquiridos e plenamente reutilizados. Cada placa possui uma etiqueta na qual está registrado em código de barras o número de série que permitirá identificar e, se necessário, rastrear cada produto. Esse número é obtido por intermédio de um processo de leitura ótica em cada um dos postos, permitindo-lhes efetuar as operações previstas no plano de processos de cada produto.

A reutilização é viabilizada porque as operações não desgastam as placas, o que torna desnecessários a compra e transporte reais desses itens de um fornecedor, oferecendo benefícios como redução de custos e preservação do meio ambiente. Além disso, clientes e fornecedores da plataforma são entidades virtuais e, como tal, emitem pedidos de compra e venda fictícios,

gerados via simulação, considerando restrições como: impedimentos da entrega do material pelo fornecedor, alteração na quantidade do produto e do seu prazo de entrega etc. A coexistência da reutilização com essa simulação confere à Plataforma parte da funcionalidade e dos relacionamentos dos processos de compra e de recebimento presentes numa empresa industrial.

b) Centros de Trabalho

São máquinas dotadas de Controladores Lógicos Programáveis, CLPs, que monitoram e controlam suas operações sob comando de um sistema de supervisão. A unidade possui cinco centros de trabalho, organizados e fisicamente dispostos conforme a estrutura mostrada na Figura 4.1. A distribuição espacial desses centros tem como critério a agregação dos produtos em famílias. Esse critério ao mesmo tempo que facilita o cálculo da capacidade produtiva da unidade reduz as distâncias entre os centros, simplificando e facilitando o deslocamento de materiais e consequentemente minimizando o lead-time e os custos operacionais desta unidade.

A programação dos períodos de operação desses centros é predefinida em uma agenda ou schedule que especifica os cinco dias úteis da semana, em dois turnos de quatro horas. Esses períodos de funcionamento juntamente com a capacidade de cada centro possibilitam calcular a capacidade produtiva dessa unidade. Já o cálculo da disponibilidade dessa capacidade leva em conta o calendário da manutenção preventiva da unidade. Esse calendário é gerado tendo em conta aspectos da demanda a qual, embora seja simulada, é calculada considerando aspectos como sazonalidade das vendas, bem como a manutenção preventiva dos centros de trabalho e equipamentos associados, tais como sensores e atuadores. Esse procedimento confere um caráter determinístico à manutenção como processo de suporte. Os cinco centros de trabalho do chão de fábrica são: carregamento e descarregamento de material, montagem e desmontagem central, montagem e desmontagem lateral, inspeção e transporte (Martins, 1999; Pereira *et al.*, 1997; Araújo, 1997; Koyama, 1995).

- Centro de carregamento e descarregamento – Este centro armazena e transfere placas para o Centro de Transportes e desse retira e estoca produtos acabados;
- Centro de montagem e Desmontagem lateral – Este centro retira a placa do sistema de

transporte e insere um ou dois cubos em cada uma das laterais da placa, dependendo do modelo do produto, transferindo-o posteriormente para o centro de transporte;

- Centro de montagem e Desmontagem central – Este centro efetua a montagem de produtos que possuem cubos na posição central da placa. Ele retira a placa do sistema de transporte, dependendo do produto a ser montado insere, um ou dois cubos e depois transfere o produto para o centro de transporte;

- Centro de inspeção – Este centro retira cada produto acabado do sistema de transporte e testa sua qualidade comparando sua geometria com a prevista em seu modelo. A partir dessa comparação indica se o produto está aprovado, rejeitado e se necessita ser recuperado ou retrabalhado;

- Centro de transporte – Este centro transfere placas, cubos, produtos acabados, semi-acabados e refugos nele depositados pelos demais, sendo simultaneamente um depósito que armazena temporariamente os produtos intermediários, permitindo-os operar de forma independente. Além dessas funções também auxilia o centro de montagem lateral efetuando a rotação das placas cujos produtos possuam cubos em ambas as laterais. O acionamento deste centro ocorre em tempo real cada vez que algum dos centros de trabalho finaliza suas operações num produto, por isso sua operação influencia de maneira determinante o desempenho do chão de fábrica.

c) Mão-de-obra

Além desses recursos o chão de fábrica conta com um operador que transfere manualmente a matéria-prima recebida, realiza a expedição de produtos acabados e remove eventuais refugos do local onde estão armazenados. A recepção e expedição mencionadas são realizadas simbolicamente, graças a reutilização dos materiais. Também simula o recebimento de materiais, interage com os planejadores da produção e monitora a operação fabril. Essa pluralidade de atividades exige que esse operador seja polivalente, multifuncional e capaz de adaptar-se a diferentes situações de modo a estar presente não apenas num único centro de trabalho. Esses aspectos contrapõem-se aos preconizados pelo paradigma da especialização ou Taylorismo o qual propõe tarefas monótonas e isoladas e atuação do operador limitada a uma máquina.

4.4.2 Produtos

Os produtos hipoteticamente comercializados pela plataforma são considerados genéricos (Araújo, 1997) por permitirem representar aqueles produzidos em sistemas industriais reais. Cada produto é formado por uma placa com no mínimo zero e no máximo seis cubos distribuídos numa estrutura definida pelas três posições da placa, nas quais os cubos podem ser fixados e pelo número mínimo de zero e máximo de dois cubos que podem ser inseridos ou removidos de cada uma dessas posições. Essas são as posições central, lateral direita e lateral esquerda de cada placa. Assim estruturados, os produtos distinguem-se pelos diferentes números de cubos em cada uma das posições mencionadas, podendo atualmente ser montados vinte e seis diferentes produtos. A estrutura de cada produto, como mostra a Figura 4.3, compreende dois níveis: o primeiro é representado pela placa na qual os cubos são inseridos; o segundo é constituído pelos cubos. Essa estrutura indica que a incidência de cubos – o número em que podem ser inseridos numa das três posições: central, lateral direita e/ou lateral esquerda – varia de 0 a 2, como apresenta a referida figura. A ampliação dessa gama de produtos vem sendo considerada a distinção das placas e cubos por intermédio de suas cores.

A identificação dos produtos pelos centros de trabalho é realizada por intermédio de um leitor ótico contido em cada centro; esse dispositivo lê o número de série de cada produto gravado, via código de barras, numa etiqueta fixada em cada placa. Futuramente essa solução poderá ser substituída por etiquetas indutivas que possibilitarão monitorar eficientemente a produção. Uma das características desses produtos é que dispensam ajustes iniciais dos centros de trabalho, proporcionando redução do lead-time e simplificação das operações de montagem e teste dos produtos.

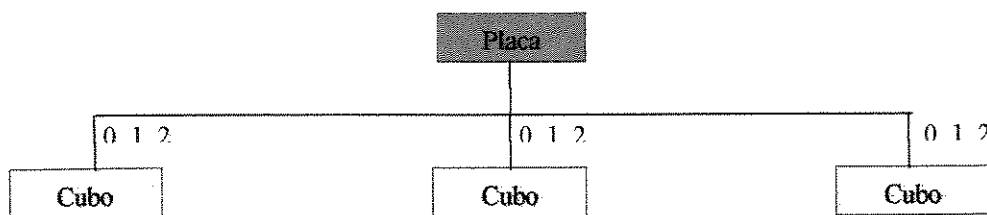


Figura 4.3 Estrutura do Produto PIPEFA

Com a finalidade de facilitar a alocação de carga nos centros de trabalho, esses produtos são organizados em famílias, as quais são formadas por grupos de itens que dividem etapas e tempos comuns em termos de custos e centros de trabalho. Como qualquer sistema industrial o chão de fábrica da plataforma é passível de erros e, como tal, seus produtos podem apresentar defeitos. Considerando essa possibilidade propõe-se a seguinte tipificação dos produtos:

- Produto aprovado – É aquele cujos cubos estão inseridos nos locais e quantidades corretas na placa-base;
- Produto defeituoso – É todo aquele produto em que há falta ou excesso de cubo nas posições predefinidas da placa, podendo ser recuperado ou refugado. O produto pode ser retrabalhado quando sua recuperação envolver uma única operação de fixação de cubos na placa em cada um dos centros de montagem;
- Refugos – São produtos cujos defeitos impedem sua recuperação, sendo caracterizados por necessitarem ou terem em excesso dois cubos.

4.4.3 Armazenagem de Materiais

No chão de fábrica os materiais são armazenados conforme políticas de estoques mínimos. Segundo de Moura Júnior (1996) estoques consomem capital de giro, exigem espaço para armazenagem, requerem transporte e manuseio, deterioram-se, tornam-se obsoletos e requerem segurança.

A manutenção de estoques elevados pode acarretar um custo muito alto para um sistema de manufatura. Indicadores de qualidade e de produtividade podem ser definidos com base nos níveis desses estoques. Conceituam-se a seguir os estoques dos materiais processados no chão de fábrica sendo que o próximo capítulo apresenta o modelo de seu gerenciamento.

- Estoque de placas – Consiste em placas empilhadas pelo operador num armazém dotado de mecanismo que, sob comando do sistema de controle, transfere-as para o centro de transporte;
- Estoque de cubos – Existem dois estoques de cubos e que estão fisicamente distribuídos em

dois armazéns separados: o primeiro está unido ao centro de montagem central e o segundo junto ao centro de montagem lateral;

- Estoque de produtos aprovados – É formado por aqueles produtos que possuem qualidade aprovada pelo centro de inspeção. Esses produtos são retirados do sistema de transporte e empilhados por um mecanismo automático num armazém comandado pelo sistema de controle;
- Estoque intermediário – Consiste nos produtos sendo montados, inspecionados, transportados ou retrabalhados. Esses itens são temporariamente armazenados em quantidades limitadas nos centros de trabalho, em particular no centro de transporte. Como os demais estoques esse também implica em custos, necessitando portanto ter seu volume controlado;
- Estoque de refugos – É formado por produtos cujos defeitos são considerados irre recuperáveis e mantidos num armazém específico.

4.4.4 Fluxo de Material

As placas, cubos e produtos são escoados em função dos processos físicos executados no chão de fábrica e dos roteiros de produção. Os processos são: montagem, desmontagem, retrabalho e armazenagem de produtos. Os roteiros são seqüências estáticas de centros de trabalho nos quais fluem os materiais, sendo que cada roteiro é definido em função do plano de processo e da qualidade do produto. Como esse plano contém todas as atividades dos processos citados, sua influência na definição de cada roteiro é determinada relacionando-se cada atividade com o recurso exigido para realizá-la, podendo esse ser centro de trabalho ou operador. De forma semelhante, a qualidade do produto influencia na definição dos roteiros por ser a partir dela que os produtos são encaminhados para recursos distintos, como por exemplo, os produtos aprovados são remetidos ao centro de carregamento ou descarregamento para serem armazenados.

Tendo em conta essas considerações, propõe-se o grafo mostrado na Figura 4.4 como um modelo que representa o escoamento dos materiais no chão de fábrica e como um mecanismo que auxilia a definição dos roteiros dos produtos descritos a seguir. É necessário registrar que esse grafo representa apenas os recursos físicos, constituídos pelos centros de trabalho, que executam

as montagens, desmontagens, inspeção, armazenagem e as transferências de materiais no chão de fábrica.

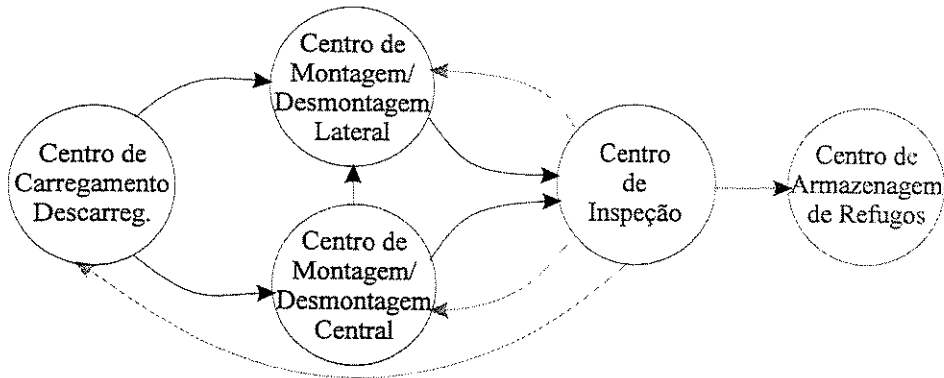


Figura 4.4 Fluxos de materiais na unidade de chão de fábrica

4.4.5 Roteiros de Produção

A semântica associada aos símbolos desse grafo, seus arcos e nós, é definida a seguir: os nós significam centros de trabalho e os arcos representam os fluxos de materiais entre esses centros. Utilizando esse grafo como uma representação do fluxo de material no chão de fábrica definem-se a seguir os roteiros de produção bem como a operação do chão de fábrica. A partir desses conceitos este trabalho define três roteiros básicos de produção. São eles:

- Roteiro 1 – É formado pelos três centros de trabalho: carregamento e descarregamento, montagem central e inspeção, definindo a trajetória dos produtos que possuem cubos somente na posição central da placa;
- Roteiro 2 – É definido pelos centros de carregamento e descarregamento, montagem lateral e inspeção. Este roteiro é seguido pelos que possuem cubos somente nas laterais da placa;
- Roteiro 3 – Consiste nos centros de carregamento e descarregamento, centro de montagem central, centro de montagem lateral e centro de inspeção. Este roteiro compreende os produtos que possuem cubos nas três posições previstas da placa: central, lateral direita e lateral esquerda.

Como afirmado, somam-se a esses três roteiros aqueles que dependem da qualidade do produto, como indicam os arcos dirigidos do centro de inspeção para os centros de montagens, carregamento ou descarregamento e refugos. Assim sendo, o roteiro definido pelos centros de inspeção e de carregamento e descarregamento é percorrido por todos os produtos aprovados e por isso soma-se aos três roteiros anteriormente definidos. De forma análoga todos os produtos refugados seguem o roteiro compreendido pelo centro de inspeção e o local onde os refugos são armazenados. Os demais roteiros contemplam os produtos a serem retrabalhados, como apresenta o grafo mostrado na Figura 4.4. Exemplificando: produtos cujos defeitos consistam na falta ou excesso de cubo na posição central da placa seguem do centro de inspeção para o de montagem central, retornam ao centro de inspeção, de onde são remetidos para um dos locais de armazenagem: centro de carregamento e descarregamento ou armazém de refugos.

4.4.6 Processos Físicos e Operação do Chão de Fábrica

O processo fabril inicia-se com a liberação e transferência de uma placa do centro de carregamento e descarregamento para o centro de transporte. A liberação e transferência dos cubos acontecem em cada um dos centros de montagem, depois que a placa esteja no interior dos mesmos. Esse processo evolui segundo os roteiros anteriormente definidos de acordo com o plano de processo do produto em processo. Sua execução é gerenciada pelo sistema de controle do chão de fábrica no sentido de montar os produtos nas quantidades especificadas pela ordem de produção em curso. A descrição dos centros de montagem e da mão-de-obra apresentada provêem mais detalhes desse processo.

4.4.7 Redefinição Conceitual dos Centros de Trabalho

A conceituação dos centros de trabalho e dos roteiros de produção como apresentada, fundamenta-se nos documentos do projeto da plataforma e nas dissertações de mestrado e de doutorado citados na seção 4.2. Notam-se, contudo, deficiências semânticas na definição desses centros, haja vista que seus conceitos fundamentam-se nos seus detalhes de implementação, dificultando ambas: a análise de suas operações e a descrição do fluxo de materiais. Como

exemplo, o centro de carregamento ou descarregamento é descrito como um recurso cuja função de carregamento significa transferir placa do seu armazém interno para o centro de transporte, e a função descarregamento significa retirar produto acabado do centro de transporte e armazená-lo localmente.

As deficiências citadas acarretam ambigüidades na interpretação das funções e atribuições de cada um desses centros. Com isso a estrutura da plataforma como mostrada na Figura 4.1, bem como o grafo representando o fluxo de materiais na Figura 4.4 e a descrição textual dos centros de trabalho ainda exigem do analista informações extras para compreensão desses recursos e dos seus inter-relacionamentos físicos. Essas informações incluem o local no qual os cubos estão estocados, local onde serão armazenados produtos aprovados e refugos, dentre outras.

A proposta a seguir redefine esses centros e suas inter-relações físicas constituindo um novo modelo conceitual representado pelo grafo mostrado na Figura 4.5. Esse modelo pretende conceituar de forma inequívoca esses centros, fundamentando-se nas suas funcionalidades e abstraindo-se de suas características de implementação. A semântica associada a esse modelo é a mesma daquela mostrada na Figura 4.4: nós representam armazéns e centros de trabalho, arcos indicam os fluxos de materiais entre eles. Cabe esclarecer que esses fluxos são viabilizados por um centro de transporte cuja representação aparece somente no modelo de implementação da unidade, como mostra a Figura 4.1. Os fluxos de dados entre esses centros e entre eles e os processos que planejam e executam a produção são abordados no capítulo cinco. Isto é feito em termos de Vistas de Objeto processadas pelas Atividades de Empresa.

No novo modelo os centros de armazenagem são nomeados conforme o material estocado: matéria-prima ou produtos. Explicita-se assim, sem ambigüidades, a atribuição e o conteúdo de cada centro na unidade. Esses centros são fisicamente pequenos e geridos de maneira a manterem quantidades mínimas armazenadas como estratégia para evitar o desperdício de investimento e de espaço, facilitando a transferência de material e a detecção de falhas na produção.

Descrevem-se a seguir as funcionalidades dos centros propostos nessa redefinição tendo-se em conta que as placas e cubos são estocados em armazéns específicos: os centros de

armazenagem 1 e 2 estocam cubos, e as placas são mantidas no centro de armazenagem de placas, como mostra a Figura 4.5.

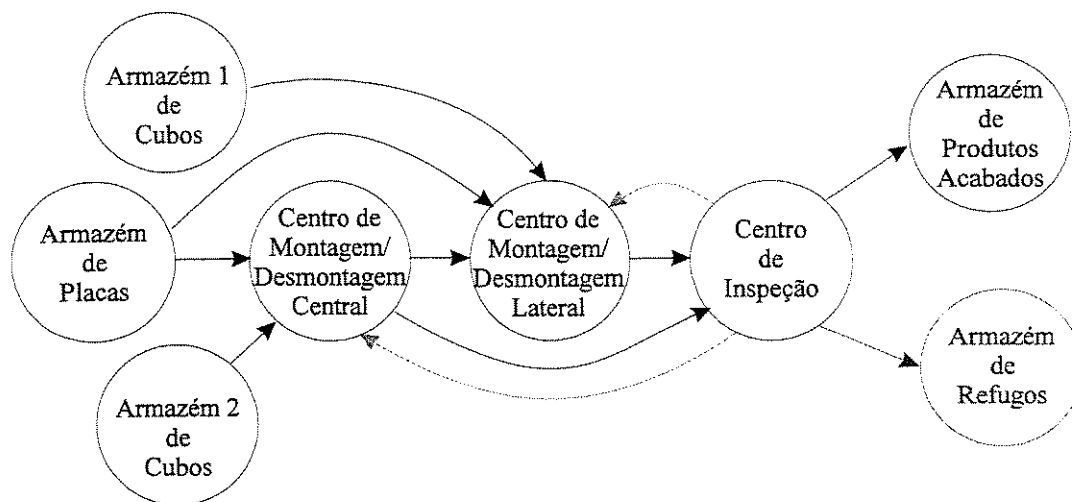


Figura 4.5 Proposta de redefinição conceitual dos centros de trabalho.

- a) Armazém de placas – Este local mantém empilhadas as placas transportadas pelo operador. Esse armazém é dotado de um mecanismo que transfere uma placa por vez para o sistema de transporte sob comando do sistema de controle do chão de fábrica;
- b) Armazéns de cubos – São dois armazéns de cubos com a mesma capacidade: o primeiro mantém cubos para montagem central; o segundo provê cubos para montagem lateral;
- c) Armazém de produtos acabados – Este armazém retira produtos acabados do sistema de transporte, estoca-os no seu interior e libera-os para expedição sob comando do sistema de controle. O movimento do material, constituído pelo recebimento ou expedição de produtos, é registrado pelo sistema de controle do chão de fábrica;
- d) Armazém de refugos – Retira os produtos refugados do sistema de transporte e armazena-os no seu interior.

Os armazéns de placas e de produtos acabados são implementados por duas máquinas e designados como um centro de montagem “carregamento/descarregamento” nos trabalhos até então publicados. O primeiro armazém de cubos está fisicamente ligado ao centro de montagem

central, enquanto que o centro 2 está ligado ao de montagem lateral. Estas ligações físicas são implementadas como planos inclinados que deslocam os cubos e assim dispensam a utilização de dispositivo móvel para transportá-los dos seus estoques para seus locais de processamento.

Nesse novo modelo o fluxo de material pode ser descrito como a seguir: cada placa é transferida do seu centro de armazenagem para um dos centros de montagem, e seguir para o centro de inspeção ou para o centro de montagem lateral. Ao mesmo tempo os cubos são transferidos diretamente dos seus armazéns para os centros de montagem, segundo rotas individuais, conforme o grafo mostrado na Figura 4.4, sendo que o número de cubos transferidos varia conforme a geometria do produto. Após a montagem o produto segue do centro no qual foi realizada a última montagem para o centro de inspeção e desse segue para o armazém de produtos acabados, armazém de refugos ou para um dos centros de montagem para que seja recuperado.

4.4.8 Controle Operacional do Chão de Fábrica

O processo físico no chão de fábrica recebe e transfere placas e cubos, monta, inspeciona, expede produtos. Esse processo é realizado sob comando de um sistema de controle que em tempo real se comunica com a unidade de planejamento e com os meios produtivos, que são centros de trabalho e operador, aloca a esses centros as tarefas geradas a partir das ordens de produção e dos seus planos de processos, monitora, coordena e corrige a execução dessas ordens e mantém informada a unidade de planejamento.

Os componentes desse sistema são um controlador do chão de fábrica, controladores de centros de trabalho, sensores e atuadores. As responsabilidades desses componentes são definidas e estratificadas em três níveis hierárquicos, como mostra a arquitetura do sistema, como apresentado na Figura 4.6.

A estratificação tem como regra que: o nível de detalhe da informação aumenta e o intervalo no qual a decisão é tomada diminui, à medida que as responsabilidades de controle deslocam-se do nível de controle do chão de fábrica para o nível dos centros de trabalho e desses

para os sensores e atuadores. Essas definições determinam a funcionalidade do sistema e sua capacidade de efetivamente tomar decisões. Além disso, a capacidade de tomar decisões com a velocidade e precisão necessárias dependerão de como as responsabilidades são divididas e coordenadas.

As funções da Plataforma PIPEFA, bem como seu mapeamento no modelo de referência NBS, são descritos por Araújo (1997). Esse modelo foi proposto pelo NIST e resumidamente descrito no segundo capítulo desta monografia. O modelo possui cinco níveis hierárquicos: empresa, fábrica, célula, estação e equipamentos, sendo que a funcionalidade da plataforma contempla os quatro últimos (Araújo, 1997). Como mostra a Figura 4.6, a arquitetura centraliza as funções do sistema no controlador do chão de fábrica, o qual constitui uma fonte que oferece acesso global a informação do estado do chão de fábrica, mas impede qualquer operação em caso de falha, limitando com isso a robustez desse sistema.

Nessa arquitetura os componentes estão nomeados conforme suas funções e seus relacionamentos de controle indicados pelas linhas que os unem, incluindo a interação com a unidade de planejamento da produção. Esses relacionamentos são implementados utilizando-se redes de computadores, cujos padrões de comunicação e tecnologias variam conforme o fabricante dos equipamentos utilizados. Muitos dos problemas de integração advêm justamente dos diferentes protocolos de comunicação utilizados, conforme descrito no primeiro capítulo desta monografia. Dentre os protocolos utilizados destaca-se o protocolo MMS, Manufacturing Message Specification, que é um padrão internacional desenvolvido especificamente para viabilizar a comunicação desses elementos no chão de fábrica. Os componentes desse sistema são descritos a seguir.

Controlador do Chão de Fábrica

Na arquitetura mostrada na Figura 4.5 o controlador da célula é implementado por um módulo de supervisão integrado com um de telesupervisão. Ambos os módulos baseiam-se no sistema supervisório Wizcon^{MR}. Esse é um sistema do tipo SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition* -, que consiste de um aplicativo que captura dados do ambiente fabril e os

utiliza para monitorar e controlar as operações no chão de fábrica

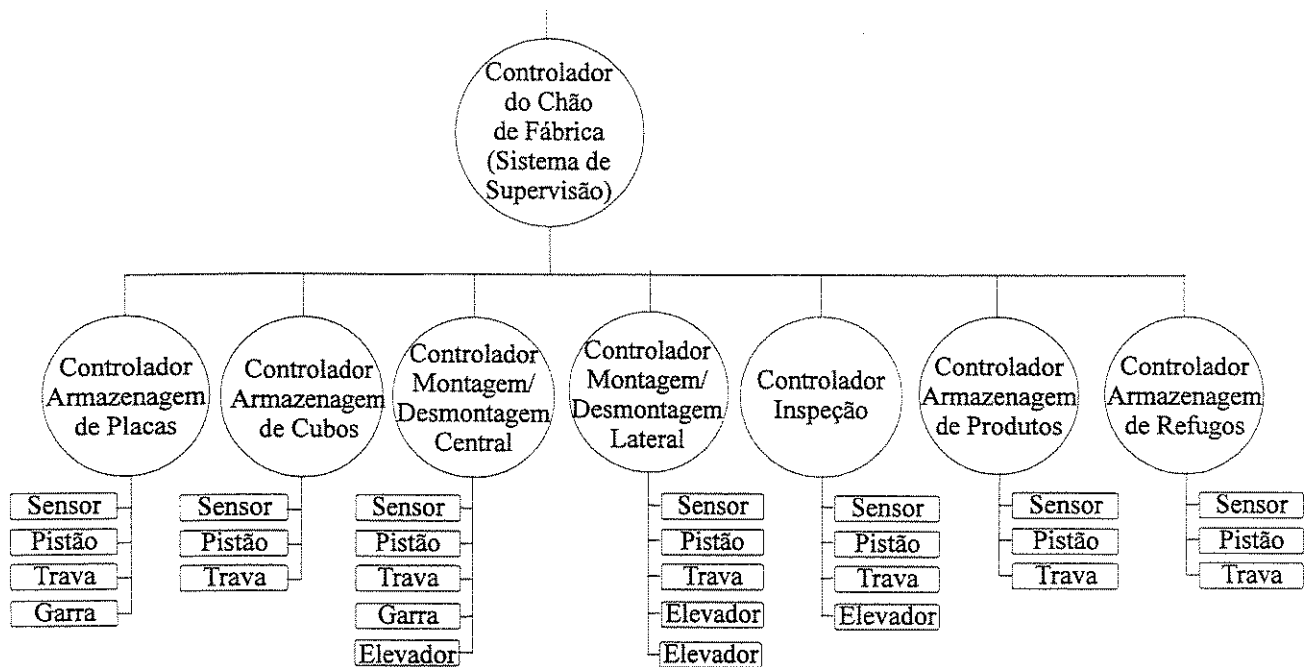


Figura 4.6 Arquitetura do Sistema de Controle do Chão de Fábrica da Plataforma PIPEFA.

O módulo de supervisão opera numa plataforma Windows 95 na Unicamp e o de telesupervisão funciona no ITI. Além do controlador acima descrito eles provêm uma interface ao operador com os dados operacionais e do andamento da produção interagindo com os controladores dos centros de trabalho, CLPs, por intermédio dos protocolos de comunicação. A seguir descrevem-se esses submódulos.

- Módulo de Telesupervisão

Seu propósito é viabilizar o monitoramento remoto do chão de fábrica de modo a reduzir o tempo de reação do sistema de fabril. Interage com o submódulo de Supervisão, via Internet, e oferece uma interface homem-máquina e um banco de dados proprietário no qual mantém-se uma imagem selecionada dos dados operacionais. A interface provê ao Planejamento e Controle da Produção dados instantâneos do chão de fábrica, semelhantes aos apresentados pelo Sistema de

Supervisão. Esses dados são estados das operações, dos recursos e dos materiais. Suas interações consistem em receber do controle de operações ordens de produção e enviar essas informações ao módulo de supervisão, na sequência em que os produtos serão montados. Recebe o estado destas ordens, por intermédio do módulo de supervisão, bem como a previsão de manutenção e relatórios de falhas das máquinas, dentre outras informações, encaminhando-as ao módulo de controle de operações. Também pode receber informações úteis à área de engenharia de processos, como por exemplo, níveis elevados de rejeito, solicitação de manutenção e redução de tempos de máquinas, e ainda relatórios, condições de alarme e condições normais de trabalho.

- Módulo de Supervisão

Este módulo monitora, controla e supervisiona em tempo real as operações do chão de fábrica a partir de ordens de produção recebidas da unidade de planejamento e controle da produção; recebe as ordens de produção do módulo de telesupervisão, identifica o produto e o processo a ser realizado; em seguida, verifica a sequência das operações e a disponibilidade de materiais, somente então executa o processo, podendo esse ser de montagem, desmontagem ou retrabalho. Este módulo apresenta em uma interface e mantém em base de dados proprietária, dados que indicam com precisão em qual centro de trabalho cada item se encontra, qual fase do processo fabril está sendo executada, estado dos centros de trabalho e da planta de utilidades. Fornece esses dados à unidade de planejamento por intermédio do módulo de telesupervisão.

4.5 Funcionamento da Plataforma

A Figura 4.7 é um diagrama dos fluxos de dados da plataforma, gerado segundo a abordagem de análise estruturada, resumidamente descrita no capítulo 2 desta monografia, representado um detalhamento da estrutura funcional da plataforma, mostrada na Figura 4.2. Seus círculos representam as funcionalidades ou módulos descritos nas seções anteriores e os retângulos sombreados designam os armazenadores de dados; as linhas que unem esses círculos indicam procedimento de leitura quando a seta está em direção ao módulo, e significando escrita quando a seta está em direção ao armazenador. Levando em conta a Figura 4.7, descreve-se a seguir o funcionamento da plataforma, suas funções ou módulos de planejamento e controle da

produção são executadas a partir da demanda gerada via pedidos dos clientes e das informações referentes à capacidade produtiva disponível e ao calendário de manutenção.

Com auxílio de aplicativos específicos, os planejadores geram ordens de produção, analisam essas ordens, firmam e aquelas que são validadas são enviadas ao chão de fábrica; também emitem pedidos de compra de matéria-prima, buscando assim atender à demanda e manter os estoques nos níveis desejados. As ordens são influenciadas por fatores como prioridade do cliente, prazos de entrega, restrições de custos e dos tamanhos dos lotes, níveis de produção, capacidade e disponibilidade dos centros de trabalho e precedências das operações.

Como a plataforma possui apenas clientes fictícios, o fluxo entre eles e a plataforma é simulado. O módulo MPS é executado a partir da demanda a qual é composta pelos pedidos de venda e pela previsão de vendas. Esse módulo verifica o estoque, lendo o banco de dados da produção, e emite uma ordem de produção.

Após a geração da ordem, a equipe de planejamento executa o módulo Retra o qual permite simular vários cenários de produção. Esses cenários têm em conta as ordens geradas pelo MPS e a disponibilidade dos recursos físicos, o módulo Retra verifica às necessidades de produção, segundo a árvore do produto, processos de fabricação, turnos, dias e preços. São fornecidas então soluções otimizadas em termos de quantidade atendida, atendida com atraso para cada família de produtos e aproveitamento de máquinas, por períodos.

O MRP fornece as ordens de produção relativas aos itens a serem fabricados, comprados, retirados do estoque, para compor o item, explodindo a família em produtos e cada produto na sua árvore de componentes. Esse módulo emite as ordens de fabricação necessárias para atender à demanda interna criada pelos módulos MPS e Retra. A partir das ordens de produção geradas pelos módulos MRP e MPS, e considerando os processos de fabricação e recursos físicos.

O módulo CRP faz um balanceamento de carga das máquinas, ou seja, gera um calendário de produção por máquina, frente à demanda e à capacidade real de cada máquina. Cabe aos planejadores consolidarem ou não, ordens de produção, conforme critérios como custos, prazos,

prioridade de atendimento etc. de modo que as ordens consolidadas são enviadas ao módulo de controle do chão de fábrica, CCF. Esse módulo acompanha a operação do chão de fábrica, verificando o produto fabricado, rejeitado, requisitado ao estoque, enviado para estoque (acrescentando o valor de custo), calendário de manutenção, material recebido do fornecedor, tempo gasto na fabricação, etc. Fluem do módulo CCF para o de Telesupervisão dados e controle, porque ambos são executados automaticamente e regidos por eventos.

O controlador do chão de fábrica é implementado pelos módulos de Telesupervisão juntamente com o de Supervisão, de modo que o primeiro recebe do CCF as ordens de produção consolidadas e as envia ao módulo de Supervisão na seqüência em que devem ser executadas. O módulo CCF recebe desse controlador dados que indicam o estado destas ordens, previsão de manutenção, problemas com máquinas, níveis altos de rejeito, solicitação de manutenção, redução de tempos de máquinas.

O módulo de Supervisão executa cada ordem de produção, verificando o seqüenciamento das tarefas necessárias à realização das operações fabris: transferências, montagem ou desmontagem, inspeção e armazenagem. Esse módulo capta e armazena em tempo real, informações exatas referentes a qual centro de trabalho a placa e/ou cubo se encontra(m), estágio de cada operação fabril, se os centros de trabalho estão funcionando como esperado, informações sobre utilidades, tais como energia, ar comprimido, interface para relatórios e condições de alarme para o nível que se encontra. A coordenação do chão de fábrica é realizada e supervisionada por este módulo o qual que também supre de informações o módulo de telesupervisão, possuindo uma base de dados local dita de operação.

Os módulos que controlam as operações de armazenagem, montagem, desmontagem, inspeção e transporte são acionadas pelo módulo de Supervisão, estando a este nível comandos de leitura, escrita, disparo, parada, carga de programas, etc. Estes módulos comandam válvulas, chaves fim-de-curso, motores e leitoras de código e reportam ao nível de Supervisão informações relativas ao seu estado e dos elementos sob seu comando, espontaneamente ou sob demanda.

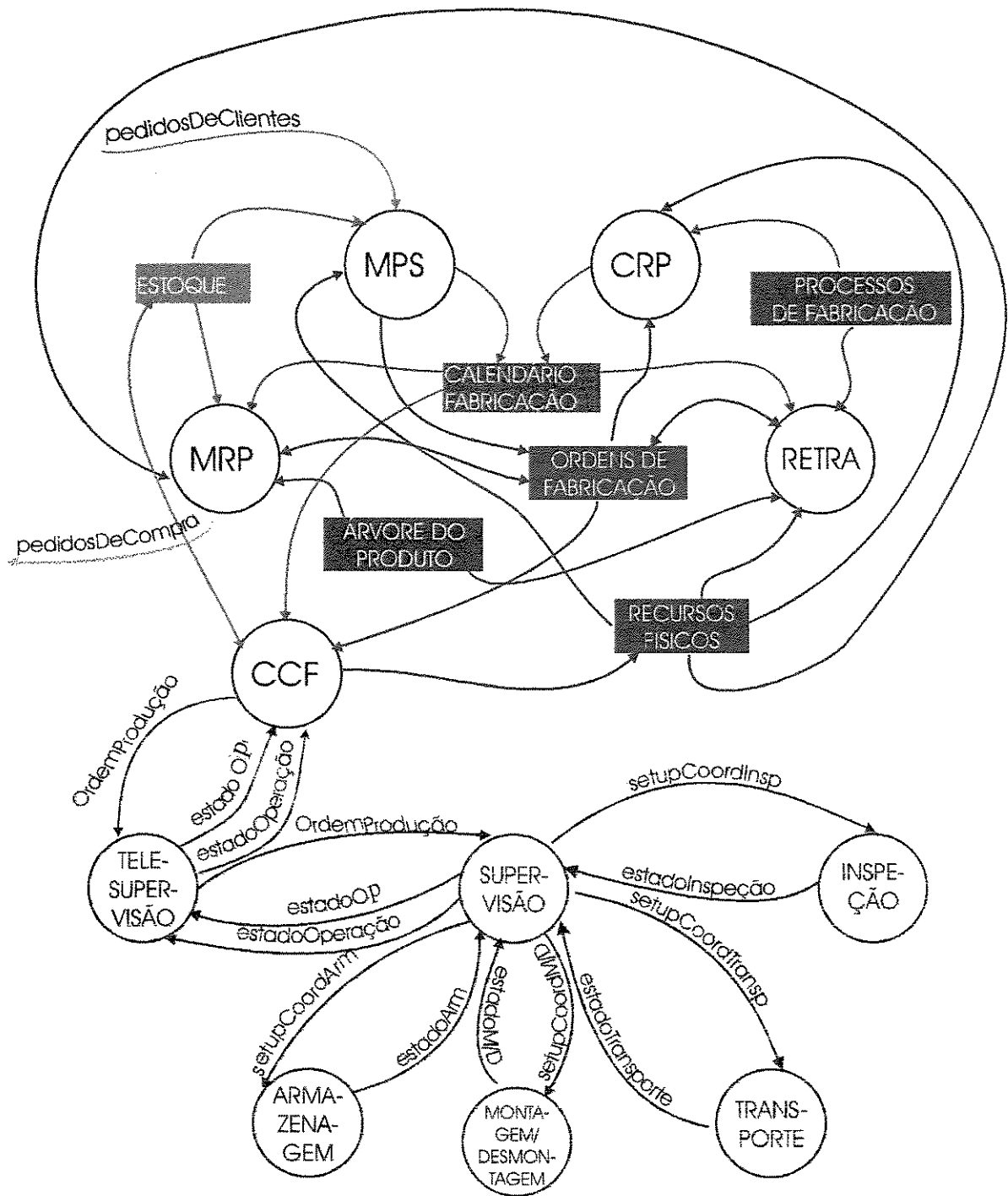


Figura 4.7 Diagrama de Fluxo de Dados da Plataforma PIPEFA

Este capítulo descreveu a plataforma PIPEFA, traçando sua trajetória evolutiva, mostrando a ampliação do seu escopo, tendo em consideração uma perspectiva funcional. O próximo capítulo considera essas definições e apresenta o desenvolvimento sistemático de um modelo conceitual dos requisitos funcionais dessa plataforma, empregando a metodologia CimOsa/rg, descrita no terceiro capítulo, e auxiliada pela ferramenta CimTool.

Capítulo 5

Proposta de Modelagem Empresarial: Aplicação à Plataforma PIPEFA

Este capítulo apresenta a modelagem empresarial da Plataforma PIPEFA, desenvolvendo um modelo conceitual que expressa seus requisitos funcionais, segundo a arquitetura CIMOSA e metodologia CimOsa/rg, utilizando a ferramenta computacional CimTool.

5.1 Introdução

A plataforma vem sendo descrita, textual e graficamente, em diferentes graus de abstração e de formalização em modelos gerados segundo técnicas de análise estruturada, tais como DFD e SADT, e técnicas formais como GRAFCET, HyperGRAFCET e Redes de Petri etc. Esses modelos constam nos artigos, documentos de projeto e em dissertações de mestrado e de doutorado, referenciados no capítulo 4 desta monografia.

Essas propostas visam representar acuradamente o funcionamento da plataforma, contudo, seu enfoque na operação do chão de fábrica e dos seus recursos, isolados dos processos de planejamento e controle da produção, tem restringido o escopo dos modelos, tornando-os descrições limitadas e desconexas. Isto agrava-se devido a falta de uniformidade de notação, gerando diversidade semântica, devido aos diferentes conceitos associados aos símbolos, e às conseqüentes inconsistências nos graus de abstração / detalhamento considerados. Como exemplo, citam-se as iniciativas de modelagem global da plataforma resumidas nos diagramas mostrados no capítulo 4, Figuras 4.2 e 4.7. Nesses, embora seus símbolos estejam associados a diferentes graus de detalhamento, ainda assim são representados no mesmo plano de abstração.

Esta exposição evidencia a necessidade de um modelo conceitual da plataforma, que seja coerente, consistente, não-ambíguo e a descreva na sua totalidade, explicitando sua estrutura funcional, interdependências, processos e fluxos. Também mostra a necessidade de um suporte metodológico cujos conceitos e diretrizes permitam descrever sistematicamente, segundo etapas sucessivas de detalhamento / abstração, a entidade sob consideração.

5.2 Considerações sobre o Suporte Metodológico

O suporte teórico a este trabalho compreende, principalmente, a arquitetura CIMOSA e metodologia CimOsa/rg, descritas no capítulo 3. Os conceitos CIMOSA e a linguagem e processo de modelagem CimOsa/rg permitem desenvolver um modelo conceitual de uma empresa, sistema de produção etc.

A linguagem é composta pelos construtores Domínio, Processo do Domínio, Processo de Negócio, Atividade de Empresa, Objeto de Empresa e Vista de Objeto; esses construtores são utilizados nesta seqüência ou sintaxe, obedecendo ao paradigma de modelagem CimOsa/rg descrito no capítulo 3, seção 3.2. Esta sintaxe possibilita o detalhamento e a estruturação de forma incremental da entidade sob consideração.

Cada construtor é uma entidade de modelagem ou uma classe, na terminologia de orientação a objetos, expresso por parâmetros que são organizados de forma tabular em gabaritos com sintaxe e semântica predefinidas pela metodologia. Os parâmetros são propriedades descritivas, definidas e tipificadas pelo usuário e têm sua consistência verificada pela ferramenta CimTool. Nessa ferramenta, a linguagem CimOsa/rg é apresentada de forma diagramática, tendo como símbolos retângulos que designam graficamente os construtores acima citados, sendo esses associados a gabaritos, como descrito no apêndice A1 desta monografia.

O processo de modelagem CimOsa/rg prescreve quatro fases para definição de requisitos de uma empresa: análise de comportamento, análise de operações, análise de informação e consolidação do modelo. Em cada fase detalha-se e estrutura-se a entidade de forma incremental.

5.3 Proposta de Modelagem da Plataforma PIPEFA

A proposta a seguir considera hipoteticamente essa plataforma como uma unidade de negócio – um sistema produtivo industrial – cujos objetivos são atender lucrativamente uma demanda variável, oferecendo produtos que satisfaçam às exigências de preço, qualidade e prazo de entrega, e respeitem suas restrições de custos, capacidade e não agressão ao meio ambiente.

Essas características conferem-lhe um caráter dinâmico, exigindo que sua descrição considere sua estrutura, funcionalidade e comportamento em seu próprio contexto, isto é, objetivos, restrições, regras, capacidades e estados. Os objetivos e restrições são supostamente definidos na fase de concepção ou planejamento estratégico, conforme prevê o ciclo de vida de uma empresa, descrito no segundo capítulo desta monografia.

Dentre as abordagens ou filosofias empregadas para administrar a produção destacam-se: JIT (Just In Time), OPT e *MRP II*. A filosofia Just in Time (JIT) surgiu no Japão, na década de setenta, tendo sua concepção e desenvolvimento básicos creditados à Toyota Motor Company, a qual buscava um sistema de administração capaz de balancear a produção com a demanda específica de diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo atraso. Esta filosofia caracteriza-se por "puxar" a produção a partir da demanda, produzindo em cada somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário. Isto é feito por intermédio de cartões de marcação – Kanban – que permitem a movimentação de materiais ao longo do processo produtivo.

A Tecnologia da Produção Otimizada – OPT – (do inglês, Optimized Production Technology) foi desenvolvida durante a década de 70 por Eliyahu Goldratt e Jeff Cox, a partir de um software para melhoria do planejamento da produção, tendo passado a englobar toda uma filosofia de produção que considera que há apenas uma meta a ser atingida: gerar dinheiro. Todas as outras “metas” da empresa, como por exemplo: qualidade, liderança do mercado, atendimento ao consumidor, são na verdade meios para se alcançar a meta principal. Detalhes dessas filosofias, bem como da abordagem MRP II são fornecidas por Corrêa e Ganesi (1996).

Neste trabalho define-se que a produção será administrada segundo a abordagem *MRP II*, significando que seus recursos de gerenciamento da produção serão traduzidos em Processos de Negócio e Atividades de Empresa. Utiliza-se essa abordagem face ao seu emprego universal nas empresas industriais e a sua consolidação no planejamento e controle da produção, apesar de considerar o lead time predefinido e constante, e supor a capacidade produtiva infinita. Sobre esse aspecto, estão sendo desenvolvidas técnicas que consideram essa capacidade do sistema produtivo finita como uma restrição a priori para a tomada de decisão de programação, buscando garantir que o programa de produção resultante seja viável, significando que pode ser realizado pela capacidade disponível no período considerado.

Desenvolve-se a seguir o modelo da plataforma, segundo três etapas-macro de modelagem: funcional, informação e recursos, utilizando os conceitos CIMOSA e as diretrizes fornecidas pela metodologia CimOsa/rg.

5.4 Modelagem Funcional

Nesta etapa formaliza-se a vista funcional do modelo da plataforma, significando descrever seus requisitos funcionais. Isto consiste em desmembrá-la em domínios e esses em processos que são estruturados em Processos de Negócio e Atividades de Empresa. Essas atividades constituem sua funcionalidade e os processos os procedimentos que regulam como age e reage a Eventos. Examinando-se as entradas e saídas dessas atividades, determinam-se seus requisitos de informações, materiais e recursos.

As necessidades de informações são expressas em Vistas de Objeto e em Objetos de Empresa, e as de recursos em Conjuntos de Capacidades. As Vistas de Objeto e os Eventos permitem modelar as interdependências e inter-relações dos domínios.

5.4.1 Estabelecimento de Domínios

Visando satisfazer os objetivos acima citados, propõem-se dois domínios: Planejamento e Controle da Produção e Chão de Fábrica, inter-relacionados por intermédio de Eventos e

contextualizados no âmbito de uma empresa genérica de manufatura. Os Domínios propostos são: D1 – Planejamento e Controle da Produção, e D2 – Chão de Fábrica, os quais são representados pelas elipses com seus nomes inscritos, segundo a simbologia CIMOSA, como mostra a Figura 5.1. Indica-se assim que esses domínios serão modelados de acordo com a metodologia CimOsa/rg; os demais domínios têm seus nomes prefixados pela letra n e são representados por elipses com dois traços paralelos inscritos, indicando que somente suas interfaces serão modelados segundo a metodologia citada.

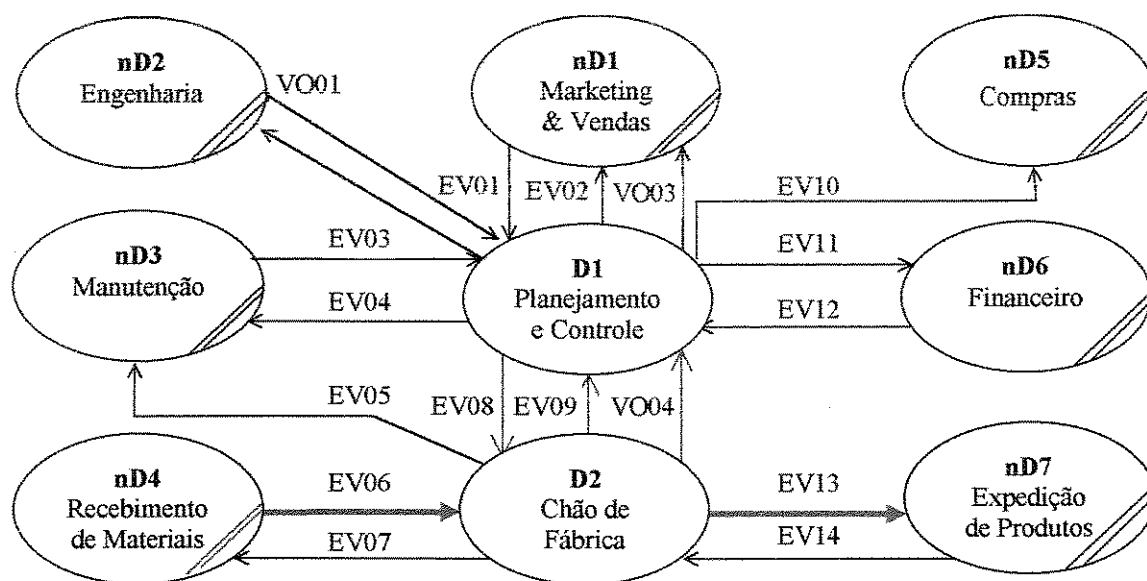


Figura 5.1 Plataforma Pipefa expressa segundo conceitos e símbolos CIMOSA.

A seguir descrevem-se os domínios propostos em termos da função, objetivos, restrições e fronteira de cada domínio.

i) Domínio 1 (D1): Planejamento e Controle de Produção

Esse domínio administra a produção da plataforma, planejando e programando a produção, monitorando e controlando necessidades presentes e futuras de matéria-prima, produtos e de capacidade produtiva, considerando restrições ambientais, expressas pelas limitações da capacidade de entrega de matéria-prima do fornecedor no prazo previsto, sazonalidades da demanda, e anomalias que temporariamente restrinjam a capacidade produtiva, como por

exemplo, interrupção do funcionamento de algum dos recursos etc. Isto requer cálculo dos níveis apropriados de estoques, programação das atividades de produção, captação e disponibilização de informações que indiquem a situação corrente, incorporação de processos que permitam reagir eficazmente a Eventos, como por exemplo, pedido de cliente preferencial, interação com processos trocando informações e materiais.

Isto é feito gerando ordens de produção que explicitam quantidades e datas em que produtos devem ser montados, alocando tarefas aos recursos operacionais, compatibilizando a carga e a capacidade produtiva; emitindo pedidos de compra de matéria-prima e solicitando manutenção de equipamento, tendo como contexto as restrições da capacidade produtiva instalada, disponibilidade de matéria-prima, pedidos sendo atendidos etc. Acompanhando e controlando o desempenho do sistema de produção para garantir a consecução dos objetivos e garantir a produção de quantidades ótimas, período a período, além do atendimento à demanda de uma forma economicamente aceitável por ambos: empresa e clientes.

Objetivos: Traduzir em planos de produção factíveis e economicamente viáveis, as demandas real e prevista, considerando as limitações internas e externas, e manter equilibradas a carga gerada por essas demandas com a capacidade produtiva disponível;

Restrições: satisfazer metas de custos e de prazos de entrega de produtos e de recebimento de material; manter sincronizadas as operações do sistema fabril com os planos de produção e desse com seu ambiente externo.

Fronteira – Cada Domínio é delimitado pelos Eventos e Vistas de Objeto enviados e/ou recebidos dos domínios adjacentes. Representa-se graficamente cada Evento por uma seta cujo nome possui o prefixo EV, seguido por um número; a mesma convenção vale para as Vistas de Objeto, sendo o que o prefixo é VO. Cada seta indica o Domínio que emite o Evento ou Vista de Objeto e o que recebe.

As fronteiras dos domínios D1 e D2 são explicitadas na Figura 5.1, segundo essa convenção. EV01: Pedido de Cliente, EV02: Confirmação de Pedido Atendido, EV03: Confirmação de Manutenção, EV04: Solicitação de Manutenção Programada, EV05: Solicitação

de Manutenção Urgente, EV06: Aviso de Chegada de Material, EV07 Confirmação de Recebimento de Material, EV08: Ordem de Produção, EV09: Confirmação de Recebimento de Ordem, EV10: Solicitação de Compra de Matéria-prima, EV11: Aviso de Envio de Produto para Cliente, EV13: Aviso de Envio de Produto para Despacho, EV14: Confirmação de Recebimento de Produto. Cabe destacar que os Eventos 06 e 13 possuem Vistas de Objeto associadas que representam respectivamente matéria-prima e produtos acabados. Além dessas Vistas de Objetos a vista VO01 contém a de cada produto.

ii) Domínio 2 (D2): Chão de Fábrica

Esse Domínio inicia sua operação a partir do recebimento do Evento Ordem de Produção. Seus processos monitoram, administram, montam e desmontam os produtos da Plataforma, realizando as transferências, transformações e inspeção de qualidade; também recebem e expedem materiais e informações e assim inter-relacionam esse Domínio com os demais de uma empresa genérica de manufatura, como mostra a Figura 5.1.

Suas decisões abrangem a determinação da execução de cada ordem de produção recebida, segundo sua prioridade, alocam tarefas aos recursos, conforme a disponibilidade desses, provêem realimentação do andamento da produção, bem como comunicam qualquer desvio referente a eventual falta de matéria-prima, níveis de estoque e refugo e, possivelmente, reescalonom o programa de produção representado pelo conjunto de ordens recebidas.

Seus processos operacionais consistem em seqüências de atividades previamente estabelecidas que efetuam montagens e desmontagens, suas rotinas operacionais. Esses processos competem por sua capacidade produtiva, representada pela soma das capacidades individuais dos recursos. Cada recurso possui um calendário associado que determina o tempo em que permanece operacional. Por exemplo, número de turnos em que opera, duração de cada turno ..., horas extras etc.

Objetivos: montar produtos genéricos, concebidos para serem confeccionados com placas e cubos Lego^{MR}, com qualidade garantida; maximizar a produtividade e a flexibilidade; minimizar o *lead time* e estoque intermediário; garantir o balanço entre as cargas representadas pelas ordens de

produção e a capacidade produtiva oferecida pelos seus recursos;

Restrições: matéria-prima fornecida por um único fabricante e reutilização do material empregado;

Fronteira – Como mostra a figura 5.1 a fronteira desse Domínio é Definida pelos Eventos EV04: Confirmação Recebimento Material, EV05: Chegada de Material, EV09: Confirma Expedição Produtos, EV:10 Expedição de Produtos, EV11: Ordem Produção, EV12: Exceção e OV02: Estado Ordem Produção.

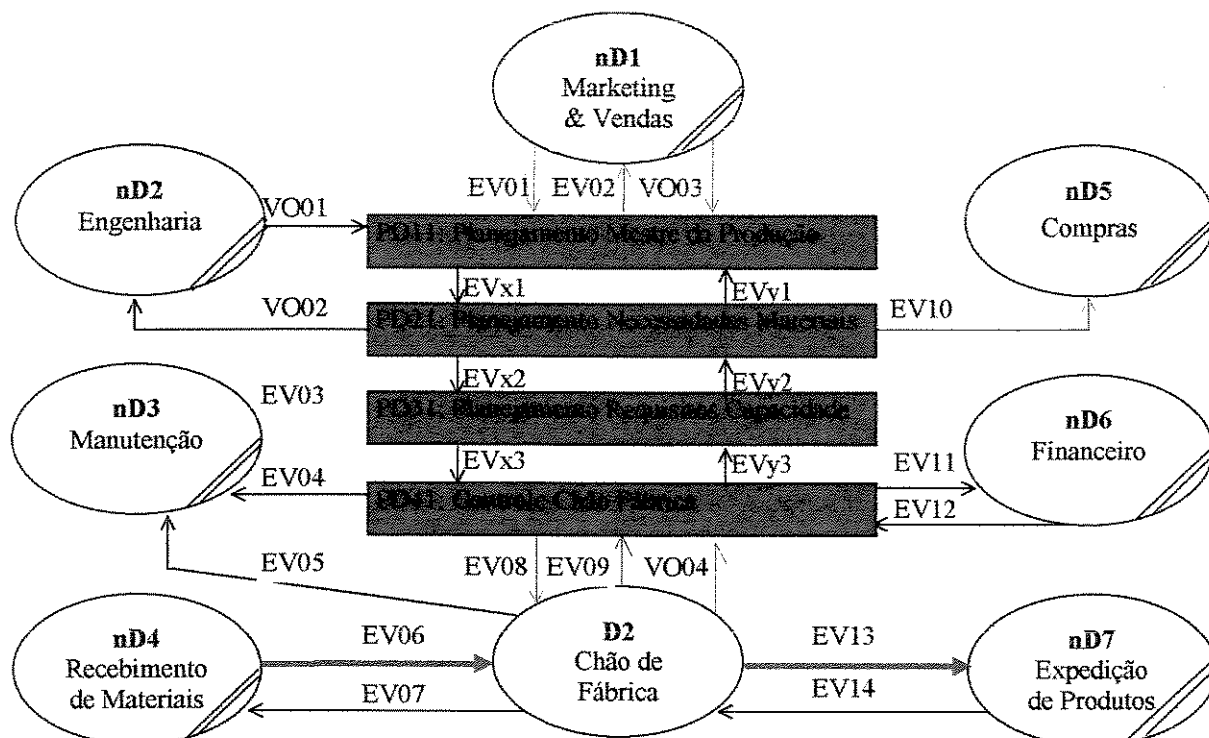


Figura 5.2. Processos do Domínio Planejamento e Controle da Produção

5.4.2 Análise de Comportamento

Nesta fase decompõem-se os dois Domínios propostos em Processos do Domínio e esses em Processos de Negócio e Atividades de Empresa, organizando-se esses últimos em estruturas funcionais hierárquicas. A decomposição inicia-se identificando-se a funcionalidade exigida para processar cada evento recebido, visando garantir que no ambiente de execução qualquer instância

de Evento criará uma instância do Processo do Domínio destinado a processá-lo.

Cada construtor é descrito a seguir segundo a sintaxe do seu gabarito, iniciando com um identificador, seguido por seu nome, função, representação gráfica, objetivos, restrições e o evento que o ativa; cada diagrama contém retângulos cujos nomes designam os Processos de Negócio e Atividades de Empresa que compõem o Processo do Domínio. Os retângulos vermelhos indicam Processos do Domínio, os amarelos representam Processos de Negócio e os retângulos verdes designam as Atividades de Empresa. Essas atividades constituem as funções que devem ser realizadas; as seqüências em que são executadas são representadas por se por intermédio de setas, cujos rótulos, indicam os resultados do processamento de ambos, Processos de Negócio e Atividades de Empresa. A disposição dos retângulos e regras exprime o comportamento ou fluxo de controle do processo em questão.

a) Processos do Domínio “Planejamento e Controle da Produção”

Esses processos são identificados verificando-se quais as funcionalidades que planejam e programam a produção tendo em conta o recebimento do Evento EV01, Pedido de Cliente, e dos demais Eventos recebidos por esse Domínio, como indicados na Figura 5.2. Nesta figura esses processos são indicados pelos retângulos e fundamentam-se na suposição de que a produção será administrada, segundo a abordagem MRP II. Significa que os recursos de gerenciamento dessa abordagem serão expressos em Processos de Negócio e Atividades de Empresa que planejam e programam a produção da Plataforma. Os Eventos rotulados como EVx são internos a esse Domínio e refletem a estratégia do tipo empurra que é característica da abordagem MRP II. Os Eventos designados por EVy representam as realimentações entre esses processos na iteratividade existente quanto da determinação das quantidades a serem produzidas, definição das datas em que as montagens serão executadas, necessidades de replanejamento etc. Os itens seguintes descrevem os Processos de Domínio mostrados na Figura 5.2.

- **PD11: Planejamento Mestre da Produção**

Este processo quantifica o balanço entre o suprimento e a demanda, calculando as quantidades de cada produto final a ser produzido por período e determinando as datas em que as

montagens de cada produto devem ser iniciadas, de modo a atender a demanda e manter os níveis mínimos de estoques no período em consideração. Essas quantidades são determinadas somando-se o número de cada produto vendido com suas respectivas previsões de venda no período, levando em consideração quantias estocadas e recebimentos programados. Esses cálculos são efetuados por Processos de Negócio cuja execução obedece a seqüência mostrada na Figura 5.3.

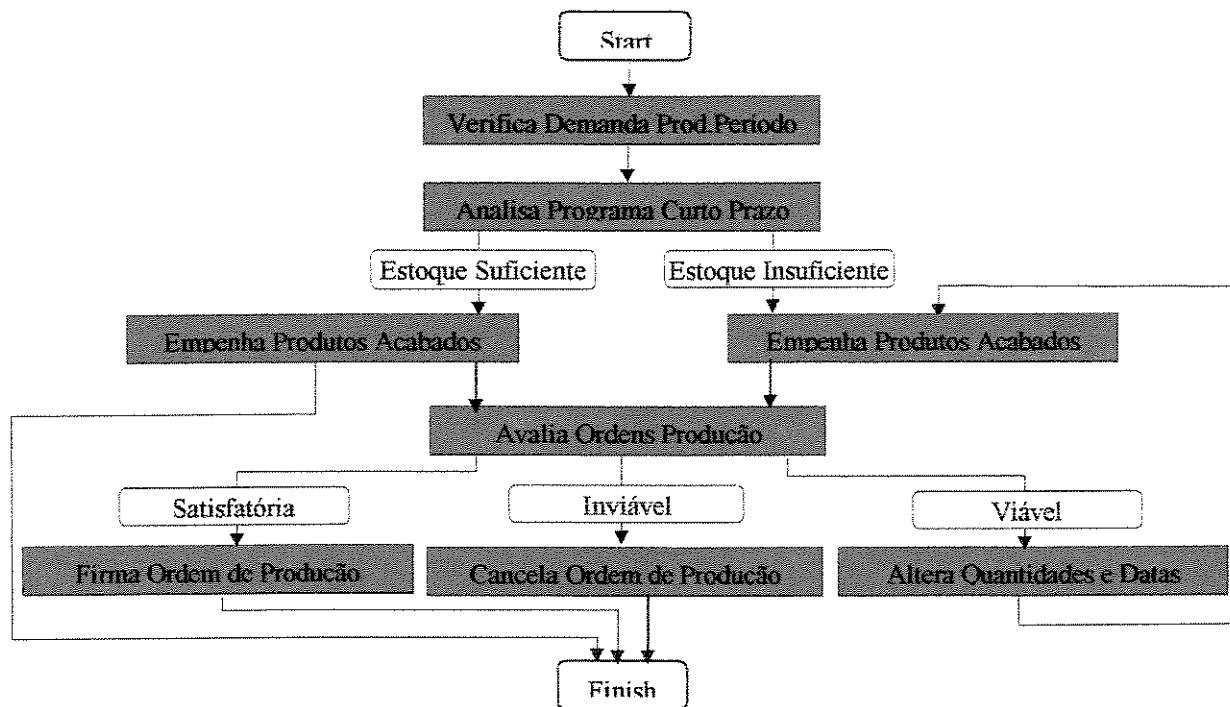


Figura 5.3 Processo do Domínio Planejamento Mestre da Produção

No caso específico da Plataforma PIPEFA cada ordem de produção refere-se a um único produto e indica a quantidade a ser montada e a data em que a montagem deve ser iniciada. Cada ordem refere-se a um período situado no horizonte de planejamento considerado. No contexto deste processo, esse horizonte é o intervalo de tempo para o qual o plano-mestre é considerado válido do ponto de vista do planejamento da produção e que depende dos prazos de entrega acumulados de todos os componentes. Por exemplo, o horizonte pode ser de um mês e os períodos serem semanais.

As decisões gerenciais são tomadas pelos planejadores da produção, avaliando se as

quantidades e datas estipuladas em cada ordem, satisfazem os requisitos correntes da empresa e permitem atender a demanda. Essas decisões consistem em firmar, liberar, modificar ou cancelar ordens de produção, segundo a sequência ou workflow mostrada na Figura 5.3. Essa sequência evidencia a iteratividade na geração de ordens de produção e nas decisões gerenciais subsequentes, baseadas na avaliação de cada ordem gerada.

As ordens inicialmente geradas são denominadas “sugeridas”; cada ordem é seguida avaliada e qualificada como satisfatória, viável ou inviável. Essa qualificação leva em conta o contexto corrente da plataforma em termos do número de pedidos a serem atendidos, níveis de estoques e previsão de vendas. Uma ordem é dita satisfatória quando a quantidade e a data nela estipuladas coadunam com o referido contexto. A ordem é dita inviável quando a quantidade e/ou a data é considerada econômica ou operacionalmente impossível de ser atendida. Considera-se uma ordem como sendo viável aquela cuja quantidade e/ou data são possíveis de serem modificadas sem comprometer os níveis de estoque e/ou atrasar a entrega do produto final. Depois de ser avaliada ordem pode ser firmada, alterada ou cancelada, como mostra a Figura 5.3. Cada uma das três possibilidades que cada ordem de produção pode assumir constitui um fluxo de controle desse Processo do Domínio e representa um conjunto de regras de seu comportamento. O conjunto desses fluxos, como Empresa mostrado na referida figura, é a representação funcional e dinâmica desse Processo de Domínio.

Segundo Corrêa *et al.* (2000), os sistemas do tipo MRP II provêm mecanismos de gerenciamento denominados mensagens de ação ou de “exceção” que são a forma principal de comunicação do sistema com o planejador. Mensagens como converter ordem firme planejada, antecipação e/ou adiamento de ordens firmes planejadas formam o elenco dessas mensagens. A avaliação de cada ordem realizada nesse processo, presume a utilização de um elenco como o ilustrado.

As quantidades e datas do conjunto de ordens firmadas formam o plano-mestre da produção: um plano operacional que possibilita a outros processos calcularem as necessidades de materiais e de capacidade para atender a demanda nos prazos determinados.

Objetivos: balancear suprimentos e demanda dos produtos acabados, período a período, gerar o plano detalhado para a montagem dos produtos acabados que suportem o plano agregado de produção e garantir a integração desses planos;

Restrições: capacidade (centros de trabalho, mão-de-obra e matéria-prima), ciclo de produção e tamanho de lote;

Evento: Gerar programa-mestre da produção.

- **PD21: Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP)**

As premissas desse processo são supor que são conhecidos a priori os itens de todos os produtos e seus tempos de obtenção ou lead time e que as demandas futuras de produtos acabados lhes são fornecidas. Baseado nessas premissas, calcula as necessidades de materiais – placas e cubos – para suprir essas demandas, programa a produção gerando e, quando necessário, alterando ordens de produção e/ou ordens de compra, tendo como referência o prazo de entrega de cada produto. Isto é feito como mostrado na figura 5.4.

O cálculo das necessidades fundamenta-se no conjunto de ordens de produção geradas pelo planejamento mestre da produção e na lista de itens de cada produto. Essas necessidades são um termo que exprime quantos itens são necessários para montar cada produto final indicado nessas ordens. As datas em que as montagens desses produtos devem ser iniciadas, bem como a aquisição da matéria-prima são definidas considerando o tempo de ressuprimento desses itens de modo a manter seus estoques de segurança nos níveis determinados pela gerência.

Os cálculos dessas quantidades e datas conferem a esse processo um cunho logístico, por determinarem e quantificarem o que produzir e/ou comprar; também conferem-lhe uma característica gerencial, representada pelas decisões de quando comprar e/ou montar, com a antecedência suficiente, que permita disponibilizar as quantidades certas, nos locais e momentos que permitam montar o volume necessário, evitando estoques. Contudo, por esse processo considerar a capacidade de produção infinita, gera datas muitas vezes operacional ou economicamente inviáveis que redundam em planos de produção não-realistas.

Objetivos: calcular as quantidades de materiais a serem adquiridos, indicar as datas em que devem ser recebidos nos locais previstos e determinar as quantidades de produtos a serem montados/manufaturados, de modo a aprimorar o atendimento ao usuário e maximizar eficiência.

Restrições: minimizar custos, mantendo estoques nos níveis apropriados e reduzindo os tempos das montagens;

Evento: Calcular Necessidades de Materiais (placas e cubos).

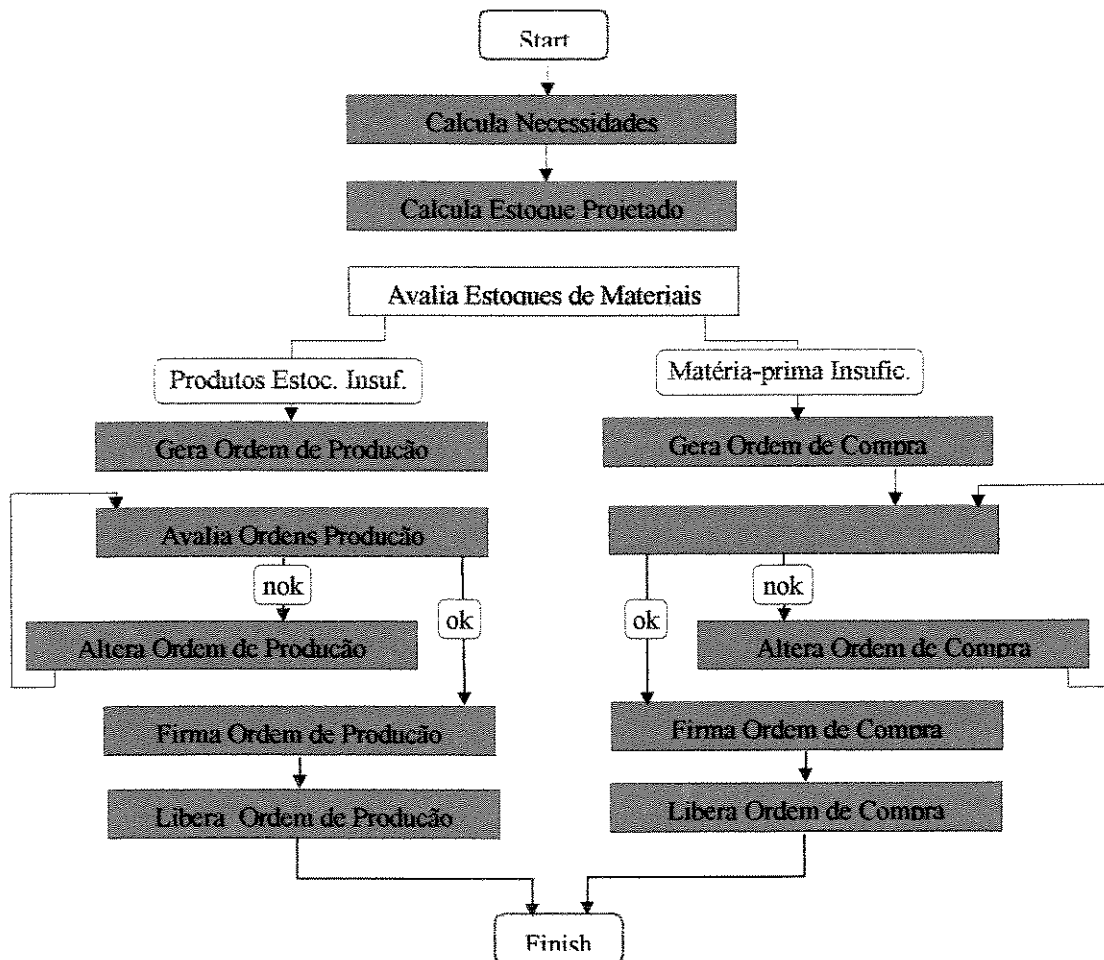


Figura 5.4 Processo do Domínio Planejamento das Necessidades de Materiais

• PD31: Planejamento dos Requisitos de Capacidades de Curto Prazo

Este processo calcula detalhadamente a capacidade necessária à montagem dos produtos

nas quantidades e datas estipuladas pelas ordens, buscando compatibilizar a carga com a capacidade operacional produtiva disponível. A carga é expressa pelo tempo gasto por cada centro de trabalho para produzir a quantidade estipulada de um determinado produto. A capacidade é definida pela soma das capacidades individuais dos recursos: centros de trabalho e mão-de-obra. A execução deste processo é estabelecida pela sequência formalizada na Figura 5.5.

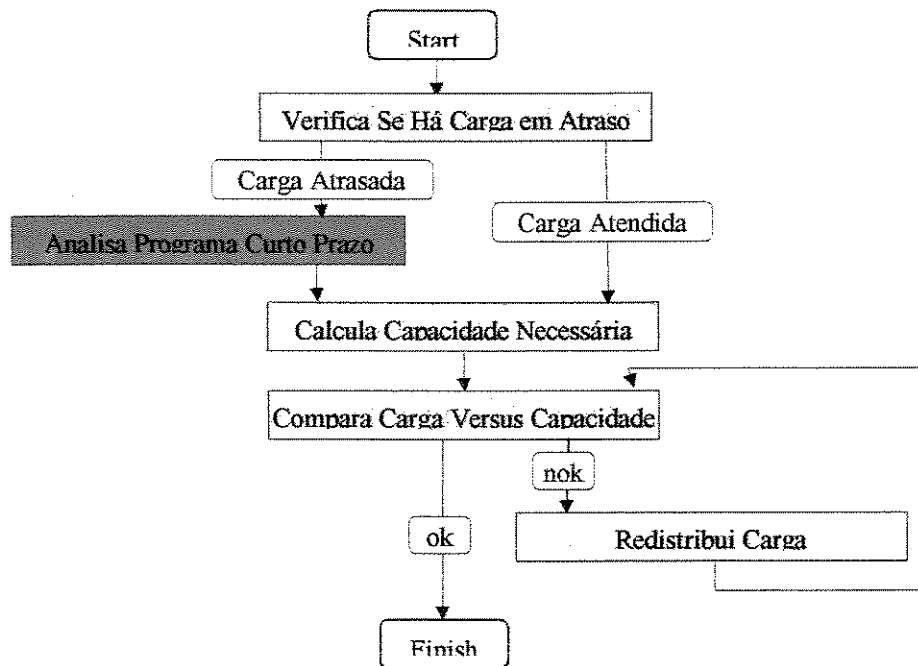


Figura 5.5 Processo do Domínio Planejamento dos Requisitos de Capacidade

As iterações existentes mostradas representam decisões gerenciais em buscando-se ajustar a carga com a capacidade, evitando atrasos no atendimento e mantendo os estoques nos níveis desejados. Segundo Corrêa *et al.* (2000), algumas das estratégias utilizadas para promover esse ajuste são dividir lotes em máquinas idênticas, dividir lotes de maneira a expedir uma menor quantidade, seqüenciar os lotes para minimizar tempos de ajustes, alternar rotas que requerem recursos diferentes etc.

Objetivos: Calcular a capacidade que necessita estar disponível no período considerado, indicar falta ou excesso dessa capacidade e permitir ajustar a produção à capacidade disponível para garantir as entregas nos prazos, evitando sobrecarga e/ou subutilização dos recursos disponíveis.

Restrições: Capacidade disponível no período considerado.

Evento: Alocar capacidade à carga.

- **PD41: Controle da Produção**

Controle de chão de fábrica significa um sistema que utiliza dados do chão de fábrica para manter e comunicar informação do estado das ordens de produção em execução nos centros de trabalho. Supõe-se que a gerência do chão de fábrica da Plataforma PIPEFA não necessite do desmembramento (splliting) e/ou superposição (overlapping) das ordens de produção, mas apenas de uma quantidade limitada de variáveis para a tomada de decisão de curto prazo.

Esse Processo do Domínio modela o controle da produção segundo os Processos de Negócio e Atividades de Empresa que recebem e registram as ordens de produção liberadas pelos planejadores, definem a sequência em que devem ser executadas, enviam-nas para execução no chão de fábrica, capturam e disponibilizam em tempo real o estado dessas ordens e do material em qualquer dos centros de trabalho e/ou armazéns, monitoram a mão-de-obra, tarefas e equipamentos.

Como mostra a Figura 5.6, suas decisões são expressas graficamente por setas nomeadas as quais indicam se há a necessidade de seqüenciar ou não as Ordens de Produção e a geração de exceções quando da detecção de qualquer desvio nos níveis predefinidos de estoques, refugos etc. O seqüenciamento representa uma alternativa operacional ao atendimento dessas ordens prioritárias ou a eventuais distúrbios detectados.

Cada alternativa baseia-se no acompanhamento da produção, verificando se as quantidades produzidas coincidem com as previstas em cada ordem de produção, bem como as quantidades de materiais utilizados e as horas-máquina e/ou horas-homem gastas e/ou paradas. Essas quantidades permitem a esse processo gerar índices de eficiência que indicam a precisão do planejamento, o desempenho de cada centro de trabalho isoladamente e do chão de fábrica como um todo. Permitem indicar, por exemplo, se o percentual de refugos é aceitável.

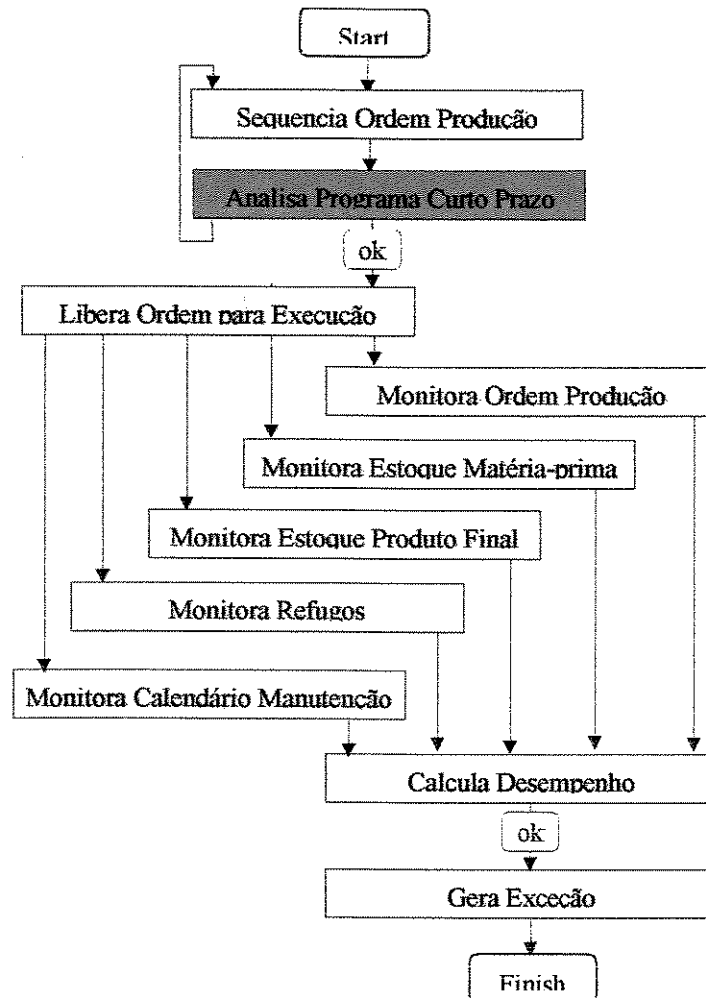


Figura 5.6 Processo do Domínio Controle do Chão de Fábrica

Caso detecte alguma diferença significativa entre os valores estipulados e aqueles que estão sendo obtidos esse processo indicará um desvio que será avaliado e conforme o resultado implicará numa decisão de refazer o plano-mestre da produção ou plano de materiais ou ainda ser refeita a programação e seqüenciamento da produção.

Objetivos: garantir a disponibilidade de placas, cubos e centros de trabalho para realização de cada ordem de produção no momento e local predefinidos, de modo a realizar as atividades nos prazos previstos, maximizando a utilização dos recursos e minimizando o estoque em processo.

Restrições: Número máximo de ordens de produção que podem ser controladas por vez.

Evento: Controlar a produção.

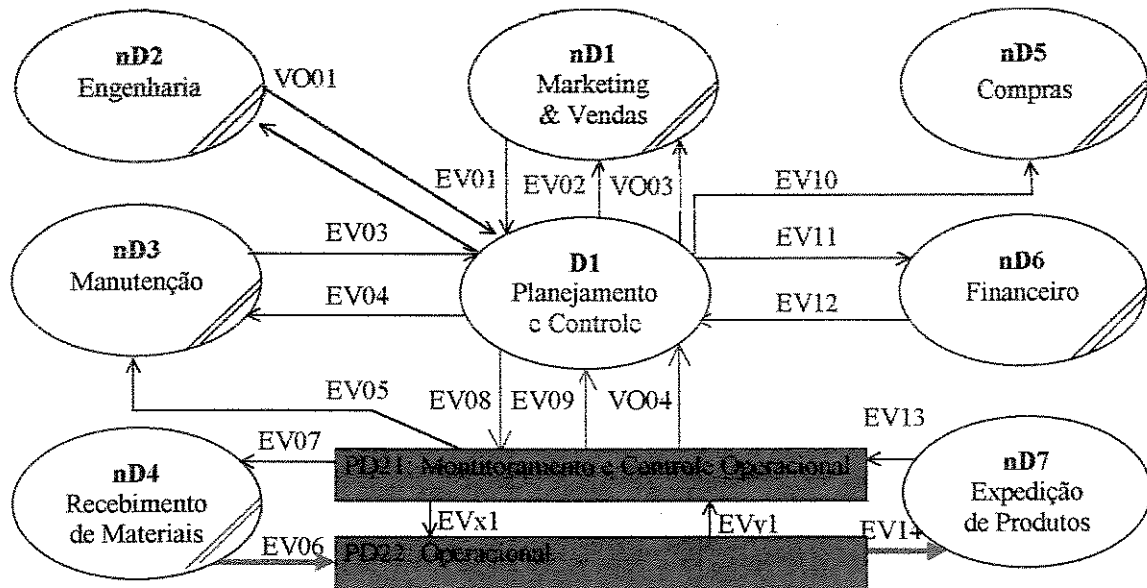


Figura 5.7 Processos do Domínio Chão de Fábrica

b) Processos do Domínio “Chão de Fábrica”

Esses processos são executados a partir do recebimento de ordens de produção e objetivam manter o balanço entre a carga e a capacidade fabril. Eles monitoram, controlam e executam movimentação e transformação de materiais, emitem avisos para transferência de lotes de produtos, emitem pedido de manutenção de equipamentos e mantêm o Domínio de Planejamento da Produção atualizado quanto ao estado da produção. Esses processos exprimem o comportamento - maneira de agir e reagir - do sistema de decisão do chão de fábrica. Suas reações às exceções, de forma inteiramente prevista, conferindo um caráter determinístico ao comportamento do chão de fábrica. As exceções abrangem falha de recurso, chegada de uma ordem de produção com prioridade mais elevada, requerendo o imediato reescalonamento da produção etc. Essa possibilidade de reescalonamento dota o chão de fábrica de um poder reativo.

Este trabalho agrupa esses processos em três categorias: administrativos, suporte e operacional. Os administrativos caracterizam-se por tomarem decisões e processarem unicamente

informação. Processos de suporte provêem condições aos processos operacionais, transferindo e armazenando materiais; os processos operacionais transformam matéria-prima em produtos acabados.

• **PD21: Monitoramento e Controle Operacional**

O processo de manufatura é dinâmico devido as mudanças nos recursos, falhas nos centros de trabalho, indisponibilidade de mão-de-obra, modificações nos pedidos dos clientes, rejeição e retrabalho de produtos, falta de energia elétrica etc., devendo ser acompanhado e regido acuradamente. Esse Processo do Domínio modela o monitoramento e controle das transformações e transferências de materiais no Domínio Chão de Fábrica, segundo a seqüência mostrada na Figura 5.7. O controle inicia-se verificando se a ordem de produção anexa a cada Evento EV11 recebido é ou não prioritária. Em caso positivo, reescala as ordens recebidas e avalia se o programa de produção, definido por essas ordens, satisfaz os requisitos vigentes segundo critérios tais como privilegiar entrega nos prazos previstos, atender a clientes preferenciais etc. Caso a ordem não seja prioritária ela permanecerá numa fila até a data de início de sua execução.

A execução de cada ordem de produção consiste no seu desmembramento em tarefas que resultarão nas transferências e transformações de materiais e no despacho dessas aos controladores dos centros de trabalho. Nesses centros procede-se de forma semelhante, sendo que as tarefas podem ser resumidas em primitivas de comando tais como MOVER e MONTAR. Ao mesmo tempo em que os Eventos são recebidos, são monitorados os estados dos centros de trabalho, estoques de materiais e equipamentos.

Os processos de monitoramento captam as variáveis que indicam os estados desses elementos, comparam-nos com valores-padrão e indicam quaisquer desvios detectados, solicitando a geração de exceções. Um exemplo seria a geração de um Evento que acusaria, por exemplo, se o índice de refugo ultrapassou o previsto ou se um dos centros de trabalho apresenta malfuncionamento. Cada desvio poderá ter implicações em horizontes e níveis de decisões distintos, tais como, reescalonamento da produção ou seqüenciamento das tarefas do Centro de

Trabalho. Poderá, por exemplo, ser necessário solicitar a manutenção de um desses centros.

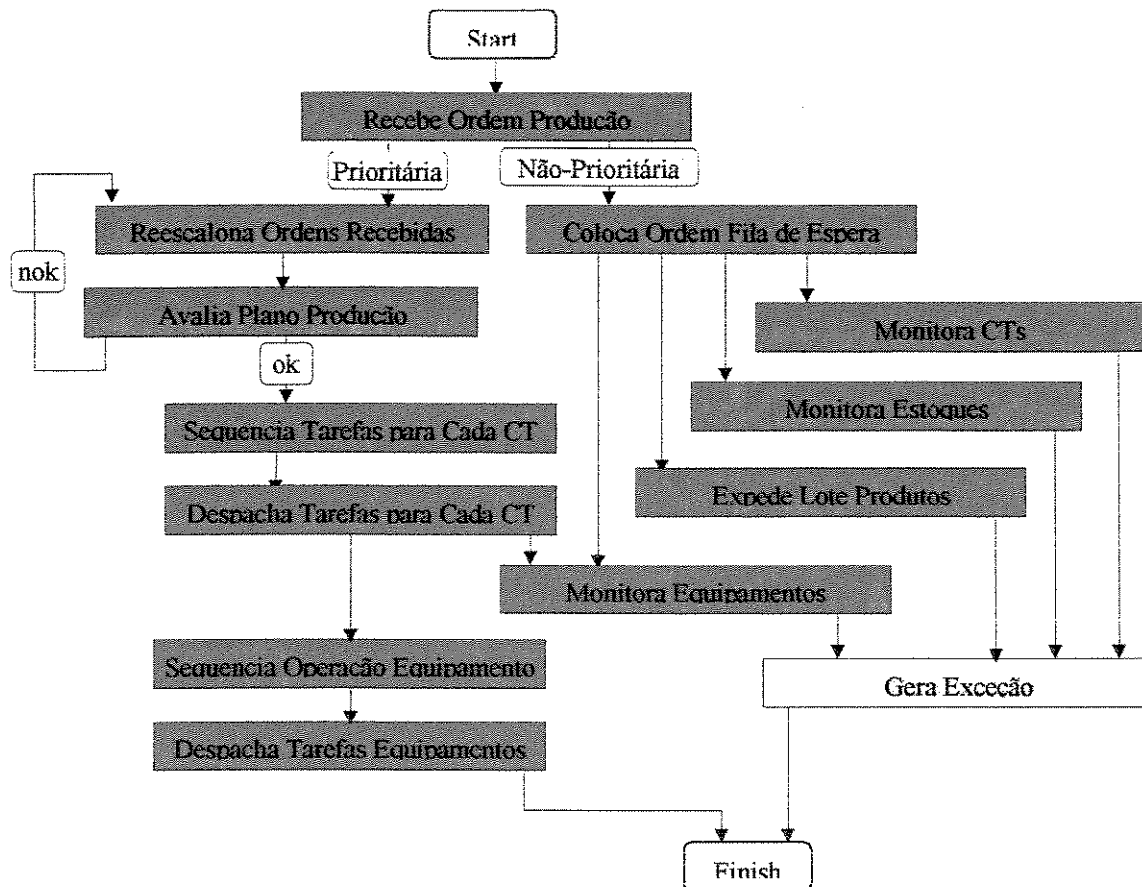


Figura 5.8 Processo do Domínio Monitoramento e Controle Operacional

Objetivos: garantir o balanço entre a produção planejada e sua capacidade operacional; monitor a qualidade e gerar um histórico dos problemas ou defeitos encontrados; monitorar os materiais: acompanhando o consumo de matérias-primas básicas em cada centro de trabalho; monitorar a produção: verificando o estado do estoque em processo e estado do recurso.

• PD22: Processo do Domínio Execução Fabril

Esse Processo do Domínio descreve o processo fabril da Plataforma PIPEFA explicitando as transferências, transformações, inspeções e armazenagens de materiais, e a seqüência em que essas são executadas, como mostra a Figura 5.9. Essa seqüência é ativada por Eventos da classe EV0x e objetiva a montagem de cada produto, iniciando-se com a retirada de uma placa,

realizada por um Processo de Negócio de suporte, Retira Placa de Estoque, seguida pela execução de um dos processos operacionais: montagem central, lateral ou de ambos. Para cada produto a ser montado é criada uma instância desse Processo do Domínio, de modo que existirão tantas cópias quantos forem os produtos sendo montados. A decisão de qual das montagens será realizada é tomada a partir do plano do processo de cada produto e indicada por regras que formalizam a logística dos deslocamentos de materiais. Essas regras são graficamente denotadas por setas nomeadas, como mostra a Figura 5.9.

Depois de montado o produto é enviado para ser inspecionado e assim ser verificada sua qualidade. As regras seguintes ao Processo de Negócio de Inspeção indicam o destino do produto em função da sua qualidade: Produtos aprovados são remetidos para ser armazenados; produtos defeituosos, porém recuperáveis, retornam no devido momento para ser retrabalhados; e aqueles rejeitados são enviados para seu estoque predefinido. As regras descritas fazem parte da logística global dos materiais no Chão de Fábrica e incorporam decisões gerenciais tomadas, conforme políticas locais. Por exemplo, a decisão de quando retrabalhar refugos é uma decisão operacional baseada numa política que a priori prevê erros operacionais e assim assume que a confiabilidade do sistema não é plena. Embora o diagrama mostrado na Figura 5.9 não explicita os estoques intermediários, pode-se inferir que estão presentes entre os Processos Operacionais, por ser entre esses que são executados os processos de suporte, e também após a realização da inspeção.

Quando o índice de refugo supera o estipulado ou as discrepâncias entre as quantidades planejadas e as efetivamente montadas requererem correções, que envolvem o retrabalho de alguns produtos. Sua execução pode acontecer depois que todos os produtos de uma ordem de produção tiverem sido montados ou ser precedida do reescalonamento da ordem de produção em curso. A seqüência em que suas atividades e processos são realizados depende do defeito do produto, como mostra a Figura 5.15.

O retrabalho necessita da determinação do melhor roteiro para que seja efetuado. Na Plataforma PIPEFA seus procedimentos utilizam instruções para inserir ou retirar apenas um cubo de uma das três posições predefinidas da placa. Cada produto recuperado é novamente

inspecionado e enviado para um dos armazéns para ser estocado.

Objetivos: Montar os produtos nos prazos previstos e satisfazer requisitos de qualidade e preço;

Restrições: Nível máximo de refugo e tempo máximo de produção;

Evento: Montar produto.

Os Processos do Domínio descritos nesta seção formalizam textual e graficamente a estrutura e os requisitos funcionais da Plataforma PIPEFA e explicitam seu comportamento. A seção seguinte detalha a função de cada Atividade de Empresa, os conhecimentos necessários a realização dessa função, os requisitos de informação e de recursos.

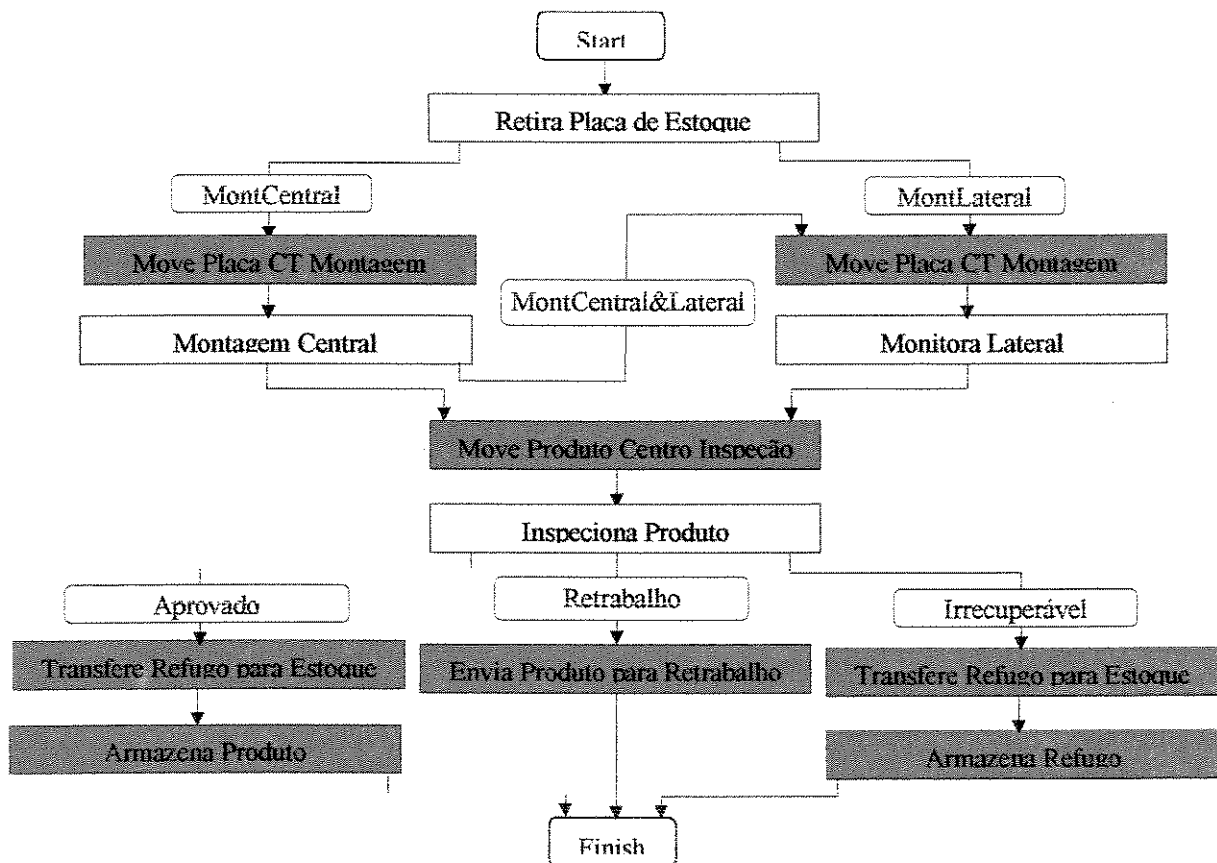


Figura 5.9 Processo do Domínio Operacional

5.4.3 Análise Operacional

Nesta fase definem-se as Atividades de Empresa, suas entradas e saídas em termos de Vistas de Objeto, conhecimentos e recursos necessários. Em razão da extensão dessas definições esta seção detalha, textual e graficamente, um subconjunto dos processos de negócio que compõem os processos dos dois domínios descritos na seção 5.4.2, e sintetiza na tabela 5.1 as entradas e saídas das Atividades de Empresa desse subconjunto. A descrição seguinte obedece a sintaxe dos parâmetros de cada construtor, visando evidenciar o desdobramento dos objetivos e restrições globais da Plataforma, como assumido no início do capítulo.

a) Processo do Domínio Planejamento Mestre da Produção

Como mostra a Figura 5.3 os Processos de Negócio e Atividades de Empresa desse processo são:

– Atividade de Empresa Verifica Demanda por Produto por Período

Calcula a demanda por produto no período considerado, identificando os produtos vendidos, quantidades e datas de entrega, conforme indicados em cada pedido de cliente, e soma cada quantidade à previsão de vendas do produto em questão.

– Processo de Negócio Analisa Estoque por Produto por Período

Calcula o estoque disponível de cada produto acabado vendido no período, levando em conta sua movimentação. Isto é feito somando o estoque físico por produto acabado aos seus recebimentos programados e subtraindo desse subtotal a demanda por produto, por período. Como mostra a figura 5.11, esses recebimentos são gerados pelas Ordens de Produção que estão sendo executadas. Cada estoque disponível calculado é avaliado se é suficiente ou não para atender a demanda no período e indicado o resultado dessa avaliação. A avaliação consiste em verificar se o nível do estoque de segurança é superior ou não ao nível de segurança definido pelos planejadores da produção. Se o resultado for nulo ou negativo sinaliza a necessidade da geração de uma ordem de produção para o produto específico; caso contrário, indica que o

estoque é suficiente. O estoque de segurança de produtos acabados objetiva reduzir as incertezas provocadas pelas flutuações da demanda e as variações no processo de montagem; já o estoque de matéria-prima – placas e cubos – no caso da Plataforma PIPEFA, visar minimizar os efeitos de atrasos no fornecimento desses itens.

– Atividade de Empresa Empenha Produtos Estocados

Reserva e associa a quantidade vendida ao pedido de compra do cliente, acusa a saída da quantidade de produtos acabados do estoque e registra a quantidade retirada por produto, no período. Seus objetivos são garantir que a quantidade vendida de produtos acabados será atendida pelo total estocado e registrar a saída dessa quantidade.

– Processo de Negócio Gera Ordem de Produção Sugerida

Seus objetivos são gerar ordem de produção para atender a demanda e manter os níveis desejados de estoque. Gera ordens de produção denominadas sugeridas, calculando a quantidade mínima a ser montada, considerando a demanda do produto e seu estoque disponível no período, e o tamanho mínimo do lote que o produto pode ser montado. Cada ordem de produção especifica a quantidade de produto a ser montada e a data em que a execução da ordem deve ser iniciada. As ordens são geradas segundo algoritmos específicos que buscam conciliar o suprimento e a demanda e que dependem do propósito da empresa. Por exemplo, o algoritmo DLS permite minimizar custos totais, JIT minimiza estoques, JITGROUP gera planos de grupos de itens, FILLUP aproveita capacidades ociosas, dentre outros.

– Atividade de Empresa Firma Ordem de Produção

Tem como objetivos definir e indicar a ordem de produção que deverá ser executada, satisfazendo o contexto vigente e determinados pelos níveis de estoque por produto acabado, quantidade e datas de entrega do produto no período. Cada ordem de produção sugerida indica o produto a ser montado e sua respectiva quantidade, bem como a data em sua montagem deverá ser iniciada. Firmar uma ordem de produção consiste em indicar num registro específico que sua execução foi aprovada e deverá ser levada a cabo na data estipulada. Cada ordem firme é em

seguida liberada, permitindo calcular materiais e alocar os recursos necessários à sua execução.

– Processo de Negócio Cancela Ordem de Produção

Seu objetivo é cancelar qualquer ordem de produção que indique quantidades e datas que não satisfaça critérios, tal como, entregas no prazo previsto Elimina a ordem de produção cuja quantidade de produtos a ser montados e/ou data de início de sua execução torne-a inviável operacional e/ou economicamente inviável ou insatisfatória sob o ponto de vista da política vigente na empresa, retorno financeiro esperado etc.

b) Processo do Domínio Planejamento das Necessidades de Materiais

Como mostra a Figura 5.4 as Atividades de Empresa e Processos de Negócio desse processo são:

– Processo de Negócio Calcula Estoque Projetado de Matéria-prima

Seu objetivo é determinar o estoque projetado de placas e cubos por produto, considerando os recebimentos programados e as necessidades desses itens por período. O cálculo desse estoque consiste em somar a quantidade a ser recebida no período de planejamento considerado com a que se manterá estocada, e subtrair desse subtotal as necessidades por produto, calculadas pelo processo anterior. Essa diferença indica o estoque projetado desses itens no período considerado, levando em conta os tempos de ressuprimento ou lead time de cada item. A quantidade de placas e cubos a ser recebida é determinada pelos recebimentos programados, oriundos das ordens de compra que supostamente se encontram em andamento no período considerado.

– Processo de Negócio Avalia Estoques de Matéria-prima

Seus objetivos são avaliar se as quantidades projetadas são suficientes para montar os produtos, por período. Verifica se o estoque projetado de placas e cubos por produto, por período, é suficiente para montar o total estipulado no plano-mestre de produção; examina se o estoque projetado desses itens é superior ou não ao nível de segurança previamente estipulado. O resultado obtido – material suficiente ou não – permite planejar a compra desses itens.

– Processo de Negócio Gera Ordem de Produção

Seu objetivo é gerar ordens de produção que indiquem as quantidades a serem montadas e determinar as datas em que as montagens devem ser iniciadas. A geração de uma ordem consiste em determinar a quantidade de produtos a serem montados e as datas em que as montagens serão iniciadas. As datas são calculadas de modo a situá-las o mais próximo possível do prazo de entrega, visando manter os estoques em níveis mínimos. A quantidade a ser montada é determinada pela diferença entre as quantidades necessárias e o estoque projetado do produto em questão.

No caso específico da Plataforma PIPEFA a estrutura dos seus produtos possui apenas dois níveis hierárquicos, constituídos pelo produto final e pela matéria-prima, como mostra a figura 5.12. Como a matéria-prima é obtida por intermédio de ordens de compra, significa que a montagem de um produto nessa plataforma requer apenas a emissão de uma única ordem de produção, dispensando assim, a criação de ordens de produção filhas, geradas a partir das ordens de produção recebidas do processo de planejamento mestre da produção. Essa é a razão pela qual esse processo deverá apenas gerir o estoque de matéria-prima, significando gerar e emitir ordens de compra desses itens, mantendo o balanço entre a demanda e seu suprimento.

– Atividade de Empresa Avalia Ordem de Produção

Seu objetivo é verificar se a ordem de produção gerada satisfaz as quantidades de produtos acabados, tendo em conta modificações na demanda ou no suprimento de matéria-prima. Compara a quantidade especificada em cada ordem com as quantias do produto final em estoque e com sua demanda atual. Avalia se a data de execução permite suprir a demanda no prazo previsto e se não gerará estoques desnecessários. Indica o resultado da avaliação.

– Processo de Negócio Gera Ordem de Compra

Planejar quantidades de materiais a serem comprados e as datas que efetuará compras. Gera ordem de compra da placa e/ou de cubo a partir da data de entrega do produto final, do seu respectivo tempo de ressuprimento e do tamanho do lote mínimo que pode ser suprido pelo

fornecedor. A data em que a compra deve ser efetuada é estipulada de modo a ser a mais próxima possível do prazo de entrega do produto, mas com a antecedência determinada pelo tempo de ressuprimento do item a ser adquirido.

– Processo de Negócio Avalia Ordem de Produção

Seu objetivo é verificar se a ordem de produção satisfaz os requisitos correntes, tendo em vista mudança na demanda e/ou no suprimento de itens. Compara a quantidade especificada na ordem com as quantias em estoque e a demanda atual. Avalia se sua data de execução permite suprir a demanda no prazo previsto e se não gerará estoques desnecessários, dentre outras considerações. Indica se os valores estipulados pela ordem satisfazem os requisitos correntes de produção e demanda.

– Processo de Negócio Altera Quantidades e/ou Datas Ordem de Produção

Seu objetivo é conciliar o suprimento e a demanda e manter os estoques nos níveis desejados. Neste processo os planejadores calibram o nível de produção, aumentando ou diminuindo a quantidade a ser montada no período, antecipando ou postergando a data de execução de cada ordem de produção, observando às limitações de taxa de produção do chão de fábrica.

– Processo de Negócio Firma Ordem de Produção

Seu objetivo é autorizar a liberação dos materiais dos estoques para a execução da ordem de produção. O planejador da produção após avaliar informações da demanda atual e do andamento da produção, bem como, os níveis de estoques, indica num campo específico da ordem de produção que a mesma está autorizada a ser executada.

– Processo de Negócio Libera Ordem de Compra

Tem como objetivo autorizar a execução da ordem de produção de modo a permitir atender a demanda e manter os estoques nos níveis estipulados pela gerência. A liberação de cada ordem de produção necessita ser feita com antecedência visando execução na data prevista, garantido

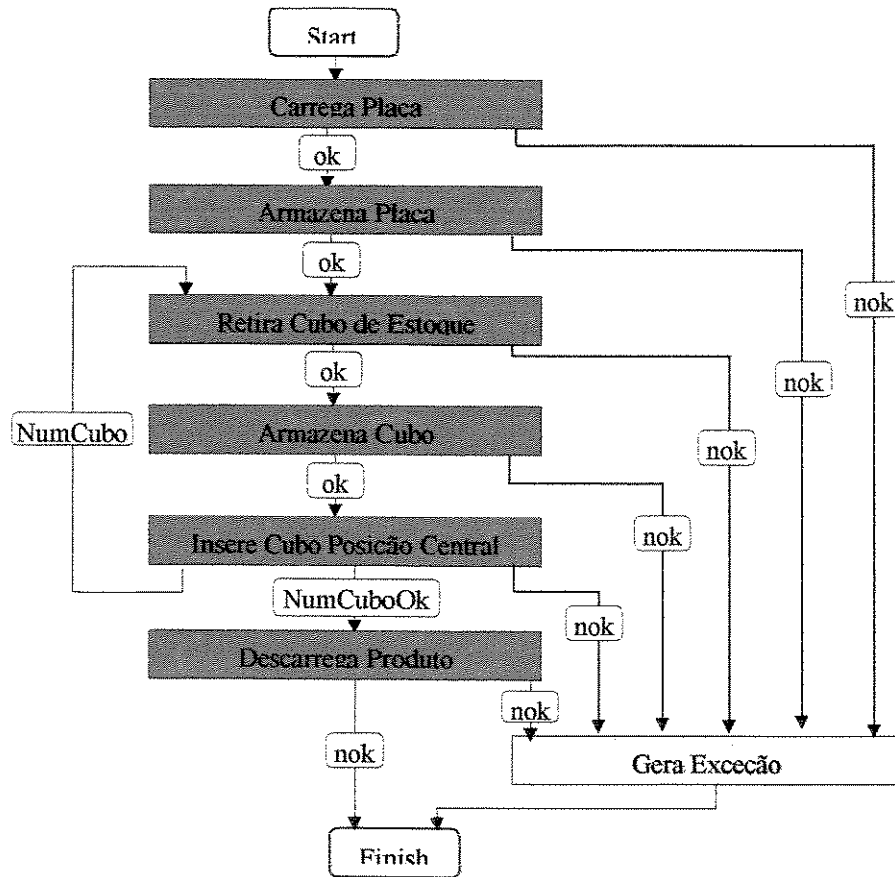


Figura 5.10 Processo de Negócio Montagem Central

Qualquer desvio na execução de alguma de suas atividades é indicado pela condição *nok*, requerendo assim a geração de uma exceção que levará o controlador operacional a tomar a devida decisão. Por exemplo, caso o número cubos para montar um produto seja insuficiente, esta falta resultará na geração de um Evento que irá requerer providências do controlador das operações.

– Processo de Negócio Montagem Lateral

Seus objetivos são montar produtos que contenham cubos numa ou em ambas as laterais da placa. Suas restrições são o número máximo de um produto a ser montado por vez e a possibilidade de montar apenas produtos cujos modelos possuam cubos nas laterais da placa.

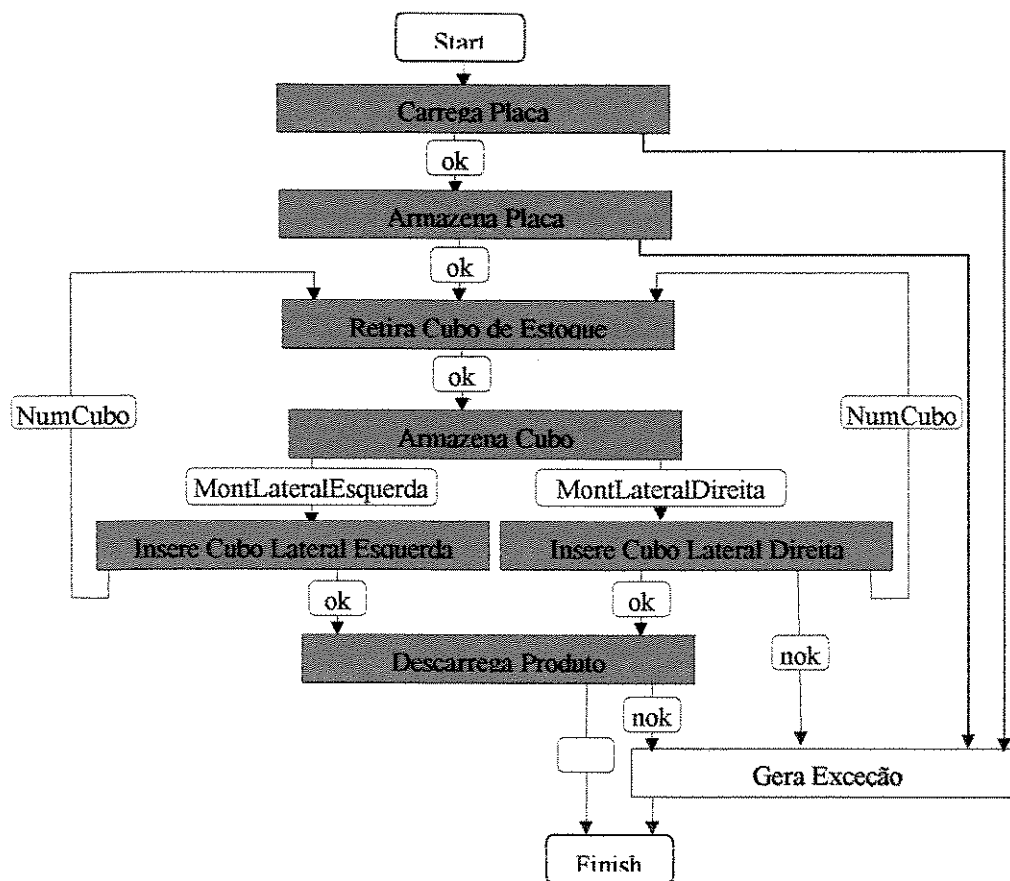


Figura 5.11 Processo de Negócio Montagem Lateral

Sua primeira Atividade de Empresa transfere a placa do centro de trabalho de transporte para o interior do centro de montagem central, a segunda transporta-a para o local de montagem o(s) cubos em número suficiente a montagem do produto, conforme especificado(s) na sua lista de materiais; a posição na qual cada cubo será inserido é indicada pelo modelo do produto e na ordem especificada por seu plano de processo.

A Figura 5.11 expressa graficamente esse Processo de Negócio; vê-se que o deslocamento de cada cubo para o local é seguido pela verificação da posição em que esse será inserido na placa. Sua última atividade consiste em transferir o produto para o centro de trabalho de transporte. Qualquer desvio em alguma de suas atividades será indicado e requerida uma exceção para a tomada da devida decisão.

– Processo de Negócio Inspeção de Produtos

Seus objetivos são testar e indicar a qualidade dos produtos acabados e suas restrições são o número máximo de produto a ser inspecionado por vez, a quantidade de defeitos que pode indicar. Como mostra a Figura 5.12, sua primeira Atividade de Empresa transporta o produto para interior do centro de trabalho; a segunda inspeciona o produto, verificado se o mesmo possui o(s) cubo(s) nos locais e quantidades estabelecidas em seu modelo. O resultado da análise é indicado pelo *Ending Status* da atividade de inspeção e que pode ser “ok”, indicando que o produto foi aprovado; e *nok*, acusando defeito. O critério atual segundo o qual avalia-se um produto consiste em verificar se o número de cubos corresponde ao especificado no seu modelo ou não, e em caso negativo se há falta ou excesso de cubo.

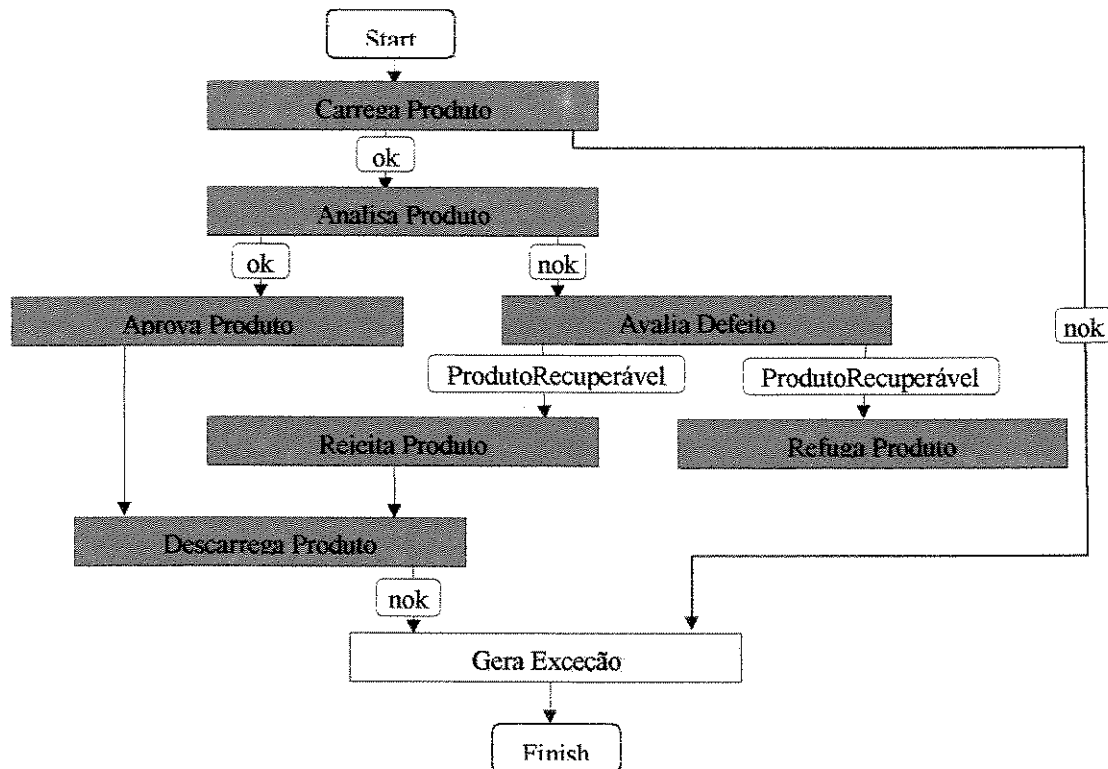


Figura 5.12 Processo de Negócio Inspeção Produtos

Cada produto defeituoso é examinado segundo alguns critérios para ver se é recuperável ou não. Cada produto inspecionado é registrado e contabilizados os defeitos encontrados. Como nos

demais processos de negócio executados no chão de fábrica, qualquer desvio detectado ou incorrido durante a realização de qualquer de suas atividades será acusada por intermédio da geração de uma exceção. Os processos descritos a seguir são de suporte por realizarem a transferência de matéria-prima e/ou produtos intermediários, produtos acabados e eventuais refugos entre os centros de trabalho e entre esses e os armazéns. As transferências são consideradas atividades que não agregam valor ao produto, representando desperdício de tempo e recursos, devendo por isso ser minimizadas.

– Processo de Negócio Retira Placa do Armazém de Matéria-prima

Seus objetivos são provê placa para montagem e registrar a saída da placa do estoque e acusar a falta de estoque caso não exista placa. Suas restrições são o número máximo de placas a ser retirada e transportada por vez, limite de peso e limite de velocidade de transporte. Esse processo transfere a matéria-prima, placas e cubos, do respectivo armazém para o local de transporte, como apresentado na Figura 5.13.

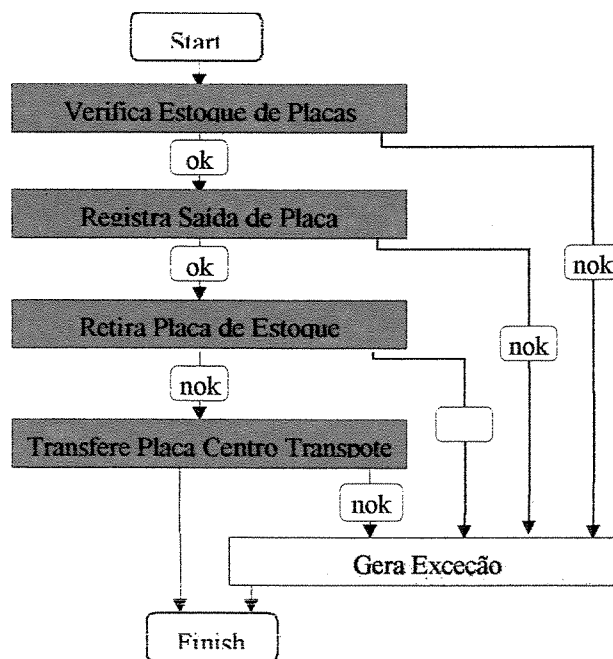


Figura 5.13 Processo de Negócio Retira Placa do Armazém de Matéria-prima

propriedades são definidos pelo usuário e indicados na coluna à esquerda em que aparecem no gabarito. Ambos, propriedades e tipos, são armazenados pela ferramenta CimTool num dicionário de dados que é posteriormente utilizado na descrição das bases de dados.

Como indicado no capítulo 3, as Vistas de Objeto podem ser definidas de forma recursiva, significando que uma vista pode fazer parte de outra. No exemplo em questão, a propriedade “ReferênciaCliente”, é uma Vista de Objeto, tipificada como um registro, e definida de modo a encapsular informações cujas restrições de sigilo impedem que sejam visíveis em contextos que não os permitidos a usuários autorizados. Esse recurso – recursividade – possibilita encerrar informações conforme os requisitos do usuário, simplifica a estrutura dessa informações e facilita sua análise.

ENTERPRISE OBJECT	
Name: PRODUTO	
Identifier:	[EO-005]
[Type:	
Design Authority:	Edeneziano
DESCRIPTION:	
[Este Objeto de Empresa é formado pela agregação dos itens placa e cubos.]	
RELATIONSHIPS: in EngenhariaMontagem	
[<Refers(1)] ORDEM_PRODUCAO	
[>Refers] ROTEIRO_MONTAGEM	
[>MadeOf(2:7)] ITEM	
[>RelatesTo] PLANO_DE_PROCESSO	
PROPERTIES:	
Data	DataLançamento
Text	DescriçãoProduto
Integer	IdentificadorProduto
Text	NomeProduto
R\$	PrecoÀVista

Figura 5.15 Objeto de Empresa Produto

5.5.2 Definição dos Objetos de Empresa

Os objetos de empresa são entidades conceituais genéricas utilizados para representar pessoas, máquinas, aplicativos, lugares, coisas etc. Cada Objeto de Empresa é formado por um conjunto de propriedades descritivas, elementares ou estruturadas, que retêm informações e conhecimentos. Como afirmado no capítulo 3, esses objetos não possuem métodos ou operações. Esta característica os diferenciam daqueles definidos segundo a abordagem de orientação a objetos. A representação literal do Objeto de Empresa “produto” é mostrada, a título de ilustração, na Figura 5.15. A ferramenta CimTool provê duas representações de um Objeto de Empresa: a forma gráfica, constituída por um retângulo cujo nome inscrito indica o Objeto de Empresa; e a forma literal, expressa num gabarito cujos parâmetros nomeiam, tipificam e descrevem Objetos de Empresa. A título de ilustração, apresenta-se o gabarito do Objeto de Empresa produto como um dos objetos utilizados na representação da Plataforma PIPEFA. Esse objeto destina-se a representar os vinte e seis produtos da Plataforma. Dentre outras informações, esse gabarito indica o Segmento de Informação no qual os relacionamentos do Objeto estão definidos, e em seguida os explicita literalmente. As propriedades do objeto são indicadas como mostrado e, a exemplo das que descrevem as Vistas de Objeto, são tipificadas pelo usuário.

5.5.3 Modelo Semântico de Informação

A vista de informação da Plataforma é representada pelo modelo semântico de informação: uma representação gráfica composta pelos Objetos de Empresa de seus dois Domínios e pelos seus respectivos Relacionamentos estruturais. Esses relacionamentos indicam o significado das relações entre esses Objetos, e como descritos no capítulo 3, são classificados em três tipos:

- herança ou relacionamento *IsA* – significa que um Objeto de Empresa herda as características daqueles com os quais se relaciona;
- composição ou relacionamento *PartOf* – indica que um Objeto de Empresa resulta da agregação fraca ou forte de objetos estruturalmente mais simples;
- generalização ou relacionamento “>nome” – é uma relação geral entre Objetos de Empresa

arbitrada pelo usuário.

Cada Objeto de Empresa mostrado graficamente a seguir consiste num retângulo com seu nome inscrito; o relacionamento semântico entre esses objetos é representado por uma linha cujo rótulo indica o significado – herança, composição ou generalização – da relação entre os objetos. Visando facilitar o gerenciamento dos Objetos de Empresa dos dois Domínios da Plataforma, apresenta-se a seguir o modelo semântico de informação da Plataforma, segundo três segmentos:

a) Segmento Administração da Produção

Este segmento relaciona-se ao Domínio de Planejamento e Controle da Produção, organizando os Objetos de Empresa cujas informações relacionam-se ao ambiente externo da Plataforma. Esse ambiente consiste nos seus clientes e fornecedores, engenharia de fabricação e da própria administração da produção. A Figura 5.12 apresenta a representação desse segmento e mostra que a plataforma relaciona-se com seu ambiente externo recebendo de um a “n” pedidos dos seus clientes e enviando pedidos de compra aos seus fornecedores.

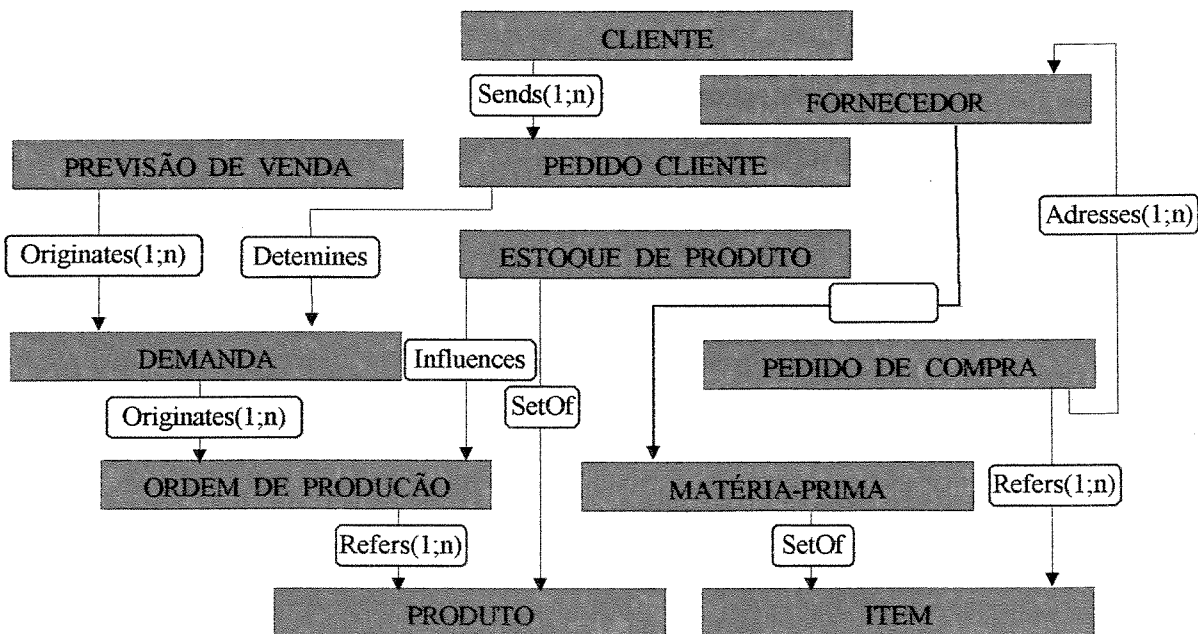


Figura 5.16 Modelo Semântico de Informação: Segmento de Administração da Produção

Como mostra a Figura 5.16, a demanda é calculada levando em conta os pedidos dos

clientes, previsões de venda e nível de estoque de produtos acabados. Cada ordem de produção é originada dessa demanda e do nível de estoque de produtos acabados e refere-se a um ou n produtos a serem montados.

O Objeto de Empresa Estoque de Produtos é explicitamente descrito como um conjunto dos produtos acabados e o estoque de matéria-prima formado por um conjunto de itens. Cada item por sua vez, consiste em placas e cubos, conforme o segmento de informação mostrado na Figura 5.13. Cada produto, como indica o relacionamento MadeOf na referida figura, é composto por no mínimo dois itens, uma placa e um cubo, e no máximo seis, sendo uma placa e seis cubos.

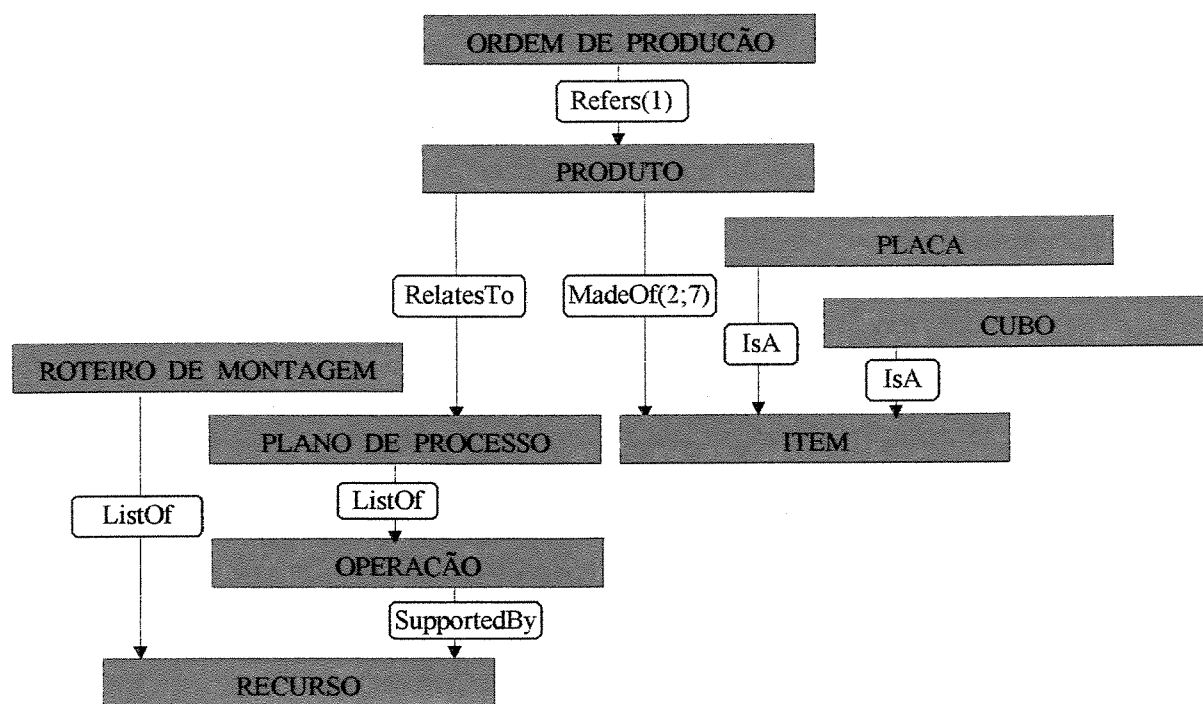


Figura 5.17 Modelo Semântico de Informação: Segmento de Engenharia de Produto.

b) Segmento de Engenharia de Produto

Este segmento estrutura os dados do produto e de sua fabricação, como mostra a Figura 5.17. O relacionamento de ordens de produção com o produto explicita determinações do planejamento de quanto e quando será produzido para atender a demanda. Como mostra a Figura 5.13, cada produto é formado por itens: placas e cubos, dos quais herda suas características e

sendo montado segundo um plano de processo, um conjunto de operações e das instruções de como realizá-las, e suportadas por recursos. O roteiro de fabricação exprime a seqüência que o produto percorre os centros de trabalho onde serão montados, inspecionados e armazenados.

c) Segmento Engenharia de Fabricação

Este segmento do modelo semântico de informação – ver figura 5.18 – contém os Objetos de Empresa que representam os recursos do Domínio Chão de Fábrica e descrevem seus centros de trabalho e operador. Isto é feito a partir do Objeto de Empresa “Recurso” a partir do qual definem-se os demais. Este Objeto de Empresa possibilita, via o mecanismo de composição, estruturar os recursos do Domínio Chão de Fábrica no Objeto de Empresa numa “Unidade Produtiva”, conferindo-lhe o mais alto grau de abstração nesse modelo.

O objeto de empresa recurso reúne as propriedades gerais de quaisquer dos recursos – mão-de-obra, centro de trabalho – utilizados para calcular a capacidade disponível, contabilizar o tempo gasto por ordem de produção, períodos que cada recurso manteve-se operacional etc.; em suma, planejar e realizar as atividades do chão de fábrica. Como mostra a Figura 5.14, exceto o Objeto de Empresa unidade produtiva, os demais herdaram suas características e individualmente diferenciam-se acrescentando suas especificidades. Expressam-se a seguir segundo suas propriedades e seus respectivos significados.

- Capacidade – Indica número de peças que podem ser montadas, transferidas, inspecionadas etc. por unidade de tempo; é uma propriedade intrínseca somente aos centros de trabalho;
- Classe – Aplica-se aos centros de trabalho e indica se o centro é atividade final – montagem, desmontagem ou inspeção – ou se é de suporte – armazenamento e transporte.
- Identificador – Código a partir do qual o sistema computacional identifica cada centro de trabalho ou funcionário no chão de fábrica;
- Custo-hora – Indica o custo de cada – mão-de-obra ou centro de trabalho – por hora;
- Localização – No caso de mão-de-obra designa o local no o funcionário está lotado; no caso de uma máquina – um centro de trabalho, por exemplo – acusa onde está instalado;

- Nome – É um mnemônico ou nome completo do recurso que facilita sua identificação pelos usuários, gerentes etc.;
- Responsável – Indivíduo responsável por manter operacional o recurso;
- Turno – Indica o número de horas que o recurso permanece operacional por dia.

Segundo a arquitetura CIMOSA, na fase de especificação de projetos, esses dados formarão três tipos de esquemas:

- esquema conceitual: é o principal dos esquemas por conter o significado dos dados numa descrição racionalizada de todos os dados do negócio e informação da empresa, sendo, na referida fase, traduzido num modelo entidade-relacionamento. Os esquemas são:
- Um esquema externo: consiste numa estrutura que assume a forma de um pequeno esquema conceitual, e identifica como a informação é percebida por um usuário ou por uma aplicação, a partir de um dado ponto de vista, sendo por isso mais próximo, dentre os esquemas, daquele que o utiliza;
- Um esquema interno, considerado o mais próximo a armazenagem física, por descrever como a informação é estruturada e fisicamente armazenada nos sistemas computacionais.

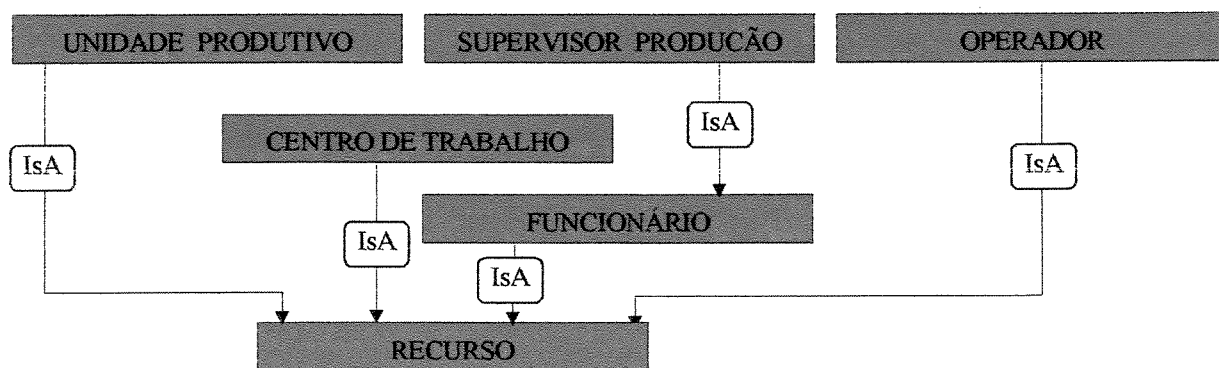


Figura 5.18 Modelo Semântico de Informação: Segmento Recursos de Montagem

5.6 Consolidação do Modelo de Definição de Requisitos da Plataforma PIPEFA

A consolidação do modelo consistiu na avaliação e revisão dos processos e atividades

acima descritos textual e graficamente. Essa avaliação foi realizada pelo autor desse trabalho juntamente com pesquisadores que participam do projeto e desenvolvimento da Plataforma PIPEFA. Examinou-se a funcionalidade de cada Atividade de Empresa, o fluxo que controla sua execução, e cada Processo de Negócio e Processo dos Domínios. Avaliaram-se assim os aspectos estáticos e dinâmicos da Vista de Função e as características estáticas da Vista de Informação. Essa avaliação levou em conta descrições e modelos da Plataforma bem como no conhecimento de cada pesquisador sobre seu funcionamento.

Apresenta-se a Tabela 5.1 como uma exposição integrada das Vistas de Função e de Informação e também da Vista de Recursos da plataforma. A tabela está estruturada a partir da Vista de Função, por intermédio do construtor Atividade de Empresa. A lista desse construtor na referida tabela constitui parte da funcionalidade contida na Vista de Função da plataforma; da mesma forma, as Vistas de Objeto e regras de conhecimentos compõem a Vista de Função. Pelas mesmas razões de limitação de espaço, apresentam-se as características dos recursos necessários à realização de cada atividade em termos dos próprios recursos, sem contudo, considerar qualquer especificidade quanto a detalhes de implementação, conforme prescrito pela metodologia CimOsa/rg. Os inter-relacionamentos entre as três vistas são designados por siglas associadas as entradas e saídas das Atividades de Empresa e os demais construtores como a seguir: EF: entrada de função, EC: entrada de controle, ER: entrada de recurso, SF: saída de função. Esses relacionamentos explicitam as necessidades de informação e de materiais, bem como o resultado gerado por cada atividade, sendo ambos expressos em termos de Vistas de Objeto. Vê-se que as entradas de controle podem ser Vistas de Objeto ou Regras de Conhecimento, sendo que essas últimas representam, nesse estágio de modelagem, um tipo de conhecimento que ainda não está estruturado.

Este capítulo apresentou a aplicação da arquitetura CIMOSA e metodologia CimOsa/rg no desenvolvimento do modelo conceitual da Plataforma PIPEFA, descrevendo os conceitos e resultados obtidos em cada etapa desse processo de modelagem. O próximo capítulo descreve os as conclusões deste trabalho e apresenta seus potenciais prosseguimentos.

Vistas de Objetos Regras de Conhecimento Recursos	Atividades de Empresa									
	Gera Ordem de Produção	Avalia Ordem de Produção	Monitora Ordem Produção	Sequencia Tarefas para CTs	Despacha Tarefas para CTs	Monitora Estoque Mat-prima	Avalia Estoque Produto	Armazena Produto	Inserir Cubo	Inspeciona Produto
Vistas de Objetos										
Ordem de Produção	SF	EF	EF	EF						
Estado de Estoque de Produtos						SF		EF		
Estado de Estoque de Refugos	SF									SF
Tarefa para CTs					SF					
Lista de Itens									EF	
Pedido de Cliente	EF									
Pedido de Compra										
Previsão de Vendas	EF									
Regras de Conhecimentos										
Política de Estoques							EC			
Critério de Retorno Financeiro		EC								
Critério inspeção de produto										EC
Critério Fimar Ordem Prod.		EC								
Critério para reescalonamento		EC								
Recursos										
Aplicativo	ER									
Planejador da Produção		ER								
Operador de Chão de Fábrica							ER			
CT de Montagem									ER	
CT de Inspeção										ER
Transportador de Placa									ER	ER

Legenda: E: Entrada; S: Saída; F: Função; C: Controle; R: Recurso

Tabela 5.1 Atividades de Empresa versus Vistas de Objetos, Conhecimentos e Recursos

Capítulo 6

Conclusões e Sugestões para Próximos Trabalhos

Buscou-se evidenciar a integração como uma meta a ser atingida, unindo-se gradativamente as atividades da empresa em harmonia com seus recursos e informações, a partir dos seus objetivos, eliminando-se atividades desnecessárias, reduzindo-se custos operacionais. Contudo, para unir essas atividades num processo, necessita-se planejar e assim de modo a sistematizarem-se os esforços e dispêndios de integração. Isto envolve o detalhamento paulatino operação da empresa, desenvolvendo-se um modelo conceitual que expresse de forma coerente e consistente seus processos, informações, recursos e organização.

Este trabalho apresenta uma iniciativa de integração de empresa a partir de uma abordagem de modelagem empresarial orientada a processo, tendo como fundamentos teóricos principais a Arquitetura CIMOSA e a metodologia CimOsa/rg. Esses fundamentos foram empregados na modelagem da Plataforma PIPEFA, consistindo no desenvolvimento de um modelo conceitual, utilizando os conceitos e realizando as etapas de um processo sistemático de detalhamento, conforme as diretrizes e passos prescritos pelos fundamentos citados.

A utilização da arquitetura e metodologia citadas contou com o auxílio da ferramenta CimTool, tendo sido possível perceber, ao longo do desenvolvimento do modelo, o direcionamento que esse suporte metodológico e auxílio computacional fornecem para a consecução da integração, graças às diretrizes, linguagem de modelagem e prescrição à execução estruturada dos passos de detalhamento do modelo. Também percebeu-se o auxílio à acumulação e disseminação de conhecimentos referentes ao processo de modelagem empreendido. A

execução sistemática dos passos possibilita planejar os recursos e conhecimentos envolvidos nos processos de modelagem, favorecendo a convergência dos pontos de vista dos participantes na elaboração do modelo.

A aplicação da abordagem proposta à Plataforma PIPEFA partiu da hipótese de que a mesma constitui-se em uma unidade empresarial, caracterizando-a como um sistema produtivo com objetivos e restrições definidos por sua gerência. A partir dessa definição empreendeu-se a modelagem dessa plataforma, decompondo-a segundo dois domínios que interagem por eventos e Vistas de Objeto, sendo esses desmembrados em processos e atividades, representando seus requisitos funcionais; essas atividades e processos estão organizados segundo uma estrutura funcional, tendo-se a seguir elaborado o modelo estático do seu sistema de informação, estruturando-se suas necessidades de informação num modelo semântico de informação, o qual é constituído por objetos de empresa inter-relacionados utilizando-se mecanismos semânticos de abstração.

Esses objetos e mecanismos são conceitos empregados pelo paradigma de modelagem CimOsa/rg e propostos pela teoria de orientação a objetos. Também determinam-se as características dos recursos que necessita para realizar suas atividades. O primeiro domínio, planejamento e controle da produção, realiza atividades administrativas, que consistem em planejar e controlar a produção das atividades desempenhadas no segundo domínio, o chão de fábrica, o qual realiza atividades fabris, montando e inspecionando uma gama de produtos, tendo como matéria-prima placas e cubos Lego.

Esta mesma sistemática permite desenvolver o modelo de uma empresa ou sistema, explicitando seu estado atual e também seu estado futuro, de modo a permitir o planejamento da evolução da empresa, por fornecer as informações necessárias para a proposição de uma trajetória de migração entre esses estados, avaliando custos envolvidos, treinamento de pessoal e o impacto das alternativas a serem adotadas e empreendidas.

O modelo desenvolvido expressa de maneira semi-formal a gestão, suporte, operação e necessidades de informação e de recursos dos dois domínios citados, segundo três vistas da

plataforma: função, informação e recursos. Cada vista é expressa segundo um conjunto de objetos de modelagem da referida metodologia. Seu escopo abrange os processos responsáveis pela administração e suporte da Plataforma PIPEFA, bem como aqueles que realizam as montagens, mostrando como são tomadas decisões nos referidos domínios e executadas as atividades operacionais e de suporte.

Dentre os benefícios proporcionados pelo modelo desenvolvido, destacam-se:

- fornecer uma descrição global, consensual, consistente e não-ambígua da Plataforma PIPEFA, sua estruturação funcional e identificação de seus requisitos enfocando uniformemente sua funcionalidade, comportamento, informações e recursos;
- é formal o suficiente para possibilitar sua derivação numa especificação de projeto;
- constitui um conhecimento capitalizado que pode ser incorporado e/ou reutilizado pelos membros da equipe do projeto da Plataforma PIPEFA, facilita a agregação de novas necessidades, evitando o risco de sua obsolescência;

Embora o modelo apresente essas vantagens, sua legibilidade é dificultada na sua versão em papel devido ao grande número de diagramas utilizados e também por ter sido explicitamente previsto para ser lido na sua forma eletrônica. Embora o modelo explicita a seqüência de execução de atividades e registre os fluxos de informação e de materiais, por intermédios das Vistas de Objetos, esses fluxos somente podem ser visualizados examinando-se as entradas e saídas das Atividades de Empresa, já que o modelo não fornece e diagramas que os explicitem.

A complexidade da arquitetura CIMOSA e da metodologia CimOsa/rg exige do usuário grau elevado de conhecimento em disciplinas relacionadas à ciência da computação, em particular a teoria de orientação a objeto, teoria organizacional, dentre outras. A ferramenta CimTool é baseada na metodologia CimOsa/rg e oferece uma linguagem diagramática que possibilita facilmente alterar, modificar e reutilizar o modelo desenvolvido. Sua escolha visou garantir a consistência do modelo e sua conformidade com a metodologia em questão. Por auxiliar a equipe de projeto, permitindo agregar e compartilhar os elementos desenvolvidos.

Próximos Trabalhos

O prosseguimento desse trabalho pode ser realizado aplicando-se o suporte metodológico apresentado neste trabalho em apoio a projetos de integração empresarial, e em particular aplicando a metodologia CimOsa/rg como suporte à modelagem de uma empresa ou de um sistema fabril industrial. Essa potencial aplicação contribui para de diretrizes de encaminhamento das atividades da equipe do projeto da Plataforma PIPEFA.

A continuidade, prescrita pelo suporte metodológico utilizado, consiste em detalhar o modelo desenvolvido, realizando a segunda fase, a especificação do projeto, prescrita pela arquitetura CIMOSA. A realização dessa segunda fase é viabilizada porque o modelo desenvolvido fornece as informações necessárias de forma precisa, graças a utilização da metodologia e ferramenta computacional. Uma vez gerado o modelo que contém a especificação de projeto, a continuidade seria desenvolver o modelo de implementação. Esse prosseguimento, constituído por essas duas etapas, é previsto e suportado pelos conceitos e diretrizes para fornecidos pela arquitetura CIMOSA.

O suporte teórico utilizado neste trabalho provê conceitos que sistematizam a estruturação, determinando os requisitos de uma empresa ou sistema, formalizando sua funcionalidade e workflow. Contando com esses conceitos, pretende-se empreender investigar, analisar e propor soluções computacionais que auxiliem a execução de processos de compartilhamento e gerenciamento de conhecimento.

Referências Bibliográficas

- Altamirano, Antonio Valdivia. *Metodologia para Integração do Marketing e da Manufatura*. Florianópolis: Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 220p. Tese (Doutorado).
- Araújo, Olga Fernanda Nabuco de. *Proposta para Utilização de Rede de Comunicação em uma Célula – Nível de Aquisição e Atuação*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1997. 107p. Tese (Mestrado).
- Berio, G., Vernadat, F. B. New developments in enterprise modelling using CIMOSA. *Computers in Industry*, v.40, n.2, p.99-114, 1999.
- Bernus, P., Nemes, L., Williams, T. J. (Editors). *Architectures for Enterprise Integration - The findings of the IFAC/IFIP Task Force*. London: Chapman & Hall, England, 1996, 368p.
- Booch, G. *Object-oriented Analysis and Design*. (Second Edition). Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1994, 589p.
- Browne, J. The Extended Enterprise – Manufacturing and The Value Chain. In: *Balanced Automation Systems – Architectures and design methods*, 1995, Vitória. Proceedings of the IEEE/ECLA/IFIP international conference on architectures and design methods for balanced automation systems, Chapman & Hall, 1995. p.5-15.
- Carvalho, M. F., Silva Filho, O. S. Two- Stage Strategic Manufacturing Planning System: A Practical View. In: *12th CARS & FOF'96 Conference*, 1996, London. Proceedings of the

- 12th CARS & FOF'96 Conference, London: Raj Gill and Chanan S. Syan. 1996. p. 574-580.
- CEN/CENELEC ENV 4003: Computer-Integrated Manufacturing. Systems Architecture—Constructs for Enterprise Modelling, Bruxelas, 1990, 23p.
- Chen, P. The entity-relationship model – toward a unified view of data. ACM Transactions on Database Systems. v.1, n.1, p.9-36, 1976.
- CIMOSA Association, CIMOSA – A Primer on Enterprise Engineering and Integration – Why and How – A Primer on Concepts, Purpose and Business Values –, Böblingen: CIMOSA Association e. V, private publication, 1999. (Boletim Técnico).
- CIMOSA Association, CIMOSA – A Primer on KEY Concepts, Purpose and Business Values, Böblingen: CIMOSA Association e. V, private publication, 1995. (Boletim Técnico).
- CIMOSA Association, CIMOSA – CIMOSA Technical Baseline, Böblingen: CIMOSA Association e. V, private publication, 1996. (*Technical Base Line*).
- Corrêa, H. L., Giansesi, I. G. N., Caon, M. Planejamento, Programação e Controle da Produção. São Paulo: Editora Atlas, 3ª edição, 2000, 416p.
- Corrêa, H. L., Giansesi, I. JUST IN TIME, MRP II E OPT: Um Enfoque Estratégico. São Paulo: Editora Atlas, 2ª edição, 1996, 192p.
- de Moura Júnior, Armando Noé Carvalho. Novas Tecnologias e Sistemas de Administração da Produção – Análise do Grau de Integração e Informatização nas Empresas Catarinenses. Florianópolis: Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. p. Tese (Mestrado).
- Deloitte Touche Tohmatsu. 1998 Vision in Manufacturing, Canberra: Austrália, Deloitte Touche Tohmatsu. 137p. (Relatório Técnico).

- DeMarco, T. Structured Analysis and System Specification. New York: Prentice-Hall, 1979, 348p.
- Deming, W. E. Qualidade: A Revolução da Administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990, 368p.
- Doumeingts, G. Methode GRAI: Methode de Conception des Systems em Productique, Bordeaux: Universite de Bordeaux I, 1984. 270p. Tese (Doutorado).
- Doumeingts, G., Vallespir, B., Chen, D. Methodologies for designing CIM systems: A survey, Computers in Industry, v.25, n.3, p. 263-280, 1995.
- ESPRIT Consortium AMICE. CIMOSA Open Systems Architecture for CIM, 2nd, revised and extended edition, Research Reports ESPRIT, Project 688/5288, AMICE, Volume 1. Berlin: Springer-Verlag, 1993, 234p.
- Ferreira, A. B. H. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. São Paulo: Nova Fronteira, 1986, 1888p.
- Ferreira, J. J. P. Suporte ao Ciclo de Vida dos Sistemas Integrados de Fabrico através de Modelos Executáveis sobre Infra-estruturas de Integração. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, 1993, 212p. (Tese Doutorado).
- Gachés, R. From CimOsa Architecture to CimOsa/rg Methodology. Argentuil: RGCP - René Gachés Consultant in Production, 1999, 92p.
- Gane, C., Sarson, T. Análise Estruturada de Sistemas. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983, 257p.
- Georgini, João Marcelo. Estruturação e Implementação da Parte de Comando de um Sistema Automatizado de Produção, Aplicado a uma Plataforma Industrial. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 129p. Tese (Mestrado).

- Goldratt, E. M., Cox, J. A Meta – Processo de Aprimoramento Contínuo. São Paulo: Educator Editora, 36ª Edição, 1997. 388p.
- Hammer, M., Champy, J. Reengenharia – Revolucionando a Empresa. São Paulo: Editora Campus, 1993. 190p.
- Harrington, J. Jr. Computer Integrated Manufacturing. New York: Robert E. Krieger Publishing Co., 1973. 212p.
- ISO (N378). Mapping of GIM Onto GERAM Requirements, Rosslyn, VA 22209, USA, 1997. 62p.
- ISO IS 14258 Concepts and Rules for Enterprise Models. Rosslyn, VA 22209, USA, 1998. 17p.
- ISO IS 15704 Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies. Rosslyn, VA 22209, USA, 2000. 43p.
- Knowledge Based Systems Inc. (KBSI). Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 Process Description Capture Method Report (AL-TR-1995-XXXX), College Station: Texas, Knowledge Based Systems, Inc., 1995, 224p. (Relatório Técnico).
- Kosanke, K. CIMOSA Overview and status. Computers in Industry, v.27, n.2, p.101-109, 1995.
- Koyama, Mauro Ferreira. Arquitetura de Supervisão e Controle de Chão de Fábrica baseada em Componentes Genéricos. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 140p. Tese (Doutorado).
- Koyama, Mauro Ferreira. Proposta de Infra-estrutura de Comunicação e Processamento para um Sistema Automatizado de Produção. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1995. 129p. Tese (Mestrado).
- Li, H., Williams, T. J. A Formalization and Extension of the Purdue Enterprise Reference

- Architecture and the Purdue Methodology. Purdue Laboratory for Applied Industrial Control, Purdue University, USA, 1995. 455p. (Relatório Técnico).
- McLean, C., Mitchell, M., Barkmeyer, E. A Computer Architecture For Small-Batch Manufacturing, IEEE Spectrum, p.59-64, May 1993.
- National Institute of Standards and Technology, USA, FIPS 183; Integration Definition for Function Modeling (IDEF0), Gaithersburg, MD, USA, 1993. 80p.
- National Institute of Standards and Technology, USA, FIPS 184; Integration Definition for Information Modeling (IDEF1X), Gaithersburg, MD, USA, 1993. 147p.
- National Institute of Standards and Technology, USA, FIPS 185; Integration Definition for Process Description Capture Method (IDEF3), Gaithersburg, MD, USA, 1995. 132p.
- Passos, C. S., E. Teixeira, M. Rodrigues, R. Haddad, K. Bottini, E. Cavalcante and C. Cavalcante. SIGEP: Um Sistema de Planejamento e Controle da Produção da Nova Geração. Anais do I Simpósio de Automática Aplicada, São Paulo: Sociedade Brasileira de Automação, 1996. V.1, p. 73-78.
- Pereira, F.E.D., Carvalho, M.F.H., Rosário, J.M., Koyama, M.F., Araujo, O.F.N. (1997). Cooperative Enterprise Platform. In: IFAC – Workshop on Manufacturing Systems: Modelling, Management and Control – MIM'97, 02, 1997, Vienna. Institute for Handling Devices and Robotics, Vienna University of Technology, 1997, p. 313-318.
- Peterson, J. L. Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1981, 241p.
- Presley, A. R. A Representation Method to Support Enterprise Engineering. Arlington: The University of Texas, 1997. 314p. Tese (Doutorado).
- Pressman, R. S. Software Engineering – A Practitioner's Approach. Berkshire: McGraw Hill

- Book Company Europe, Third Edition, European Edition, England, 1992, 801p.
- Rentes, Antonio Freitas. Proposta de uma Metodologia de Integração com Utilização de Conceitos de Modelagem de Empresas. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995. 138 p. Tese (Doutorado).
- Ross, D., Shaman, K. Structured Analysis for Requirements Definition. IEEE Transactions on Software Engineering. New York, v.3, n.1, p.6-15, 1977.
- Rumbaugh, J., Blaha, M. Premerlani, W., Eddy, F., Lorensen, W. Object-oriented Modeling and Design. New York: Prentice Hall, 1991, 500p.
- Scheer, A.-W. Architecture of Integrated Information Systems – Foundations of Enterprise-Modelling. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag, 1992, 219p.
- Schenck, D., P. Wilson. Information Modeling the EXPRESS Way. Oxford University Press, 1994, 232p.
- Schoderbeck, C.G., Schoderbeck, P.P., Kefalas, A.G. Management systems: conceptual considerations. Dallas: Business Publications, 1980, 355p.
- Tardieu, H., Rcochfeld, A., Colletie, R. La méthode MERISE, Principes et utilis. Paris: Les éditions d'organisation, 1983. 212p. (Relatório Técnico).
- Thacker, R. M. A New CIM Model – A Blueprint for The Computer-Integrated Manufacturing Enterprise, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, 1989, 92p.
- Vernadat, F. B. Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications. London: Chapman & Hall, England, 1996, 510p.
- Viana, Luís Clovis L., Rosário J. M., Faure, J-M. Performance Evaluation of Control Architectures in Industrial Automation. In: 15th International Conference on CAD/CAM

Robotics & Factories of the Future (CARS & FOF'99), 08, 1999, Campinas. Proceedings of CARS & FOF'99. v.1, p.MT1-25 MT1-30.

Volonino, L., Watson, H. J., Robinson, S. Using EIS to respond to dynamic business conditions. Decision Support Systems, v.14, n.4 , p.105-116, 1995.

Williams, T. J. Reference Model for Computer Integrated Manufacturing, A Description from the Viewpoint of Industrial Automation. Research Triangle Park, North Carolina: Instrument Society of America, 1989, 223p.

Williams, T. J., Rathwell, G. R., Li, H. (Editores). A Handbook on Master Planning and Implementation for Enterprise Integration Programs. Purdue Laboratory for Applied Industrial Control, Purdue University, IN, USA, 1996. 375p. (Relatório Técnico).

Williams, T. J. The Purdue Enterprise Reference Architecture. Research Triangle Park, North Carolina: Instrument Society of America, USA, IN, 1992, 235p.

Apêndice A1

CimTool

Este apêndice descreve a ferramenta computacional CimTool utilizada no desenvolvimento do modelo conceitual proposto nesta tese.

A1.1. Descrição Geral

CimTool é um aplicativo que auxilia a criação e desenvolvimento de Modelos compatíveis com a Metodologia CimOsa/rg (Gauchés, 1999). Esse aplicativo foi desenvolvido pelo consultor René Gauchés, sendo comercializado pela empresa R.G.C.P. (<http://www.rgcp.com>). Sua funcionalidade é de uma ferramenta CASE que suporta a definição dos requisitos de sistemas integrados de manufatura, segundo a metodologia CimOsa/rg, possibilitando criar, salvar, modificar, unir, navegar e imprimir modelos de empresa e/ou sistema fabril, gerar arquivos HTML e exportar desenhos, na forma de diagramas, para outros aplicativos. Seu escopo abrange as vistas de função e de informação referentes a definição de requisitos, conforme estabelecido pela metodologia acima citada.

A1.2. Linguagem de Modelagem

É uma linguagem diagramática cujos elementos para modelagem são representações simbólicas, utilizando retângulos e setas, os quais representam os construtores definidos pela Metodologia CimOsa/rg. Os símbolos também possuem as mesmas sintaxe e semântica dos construtores, garantindo assim a aderência à referida metodologia. Segundo Gauchés (1999), os construtores mais utilizados no CimTool são:

- Processo do domínio – Definido pelo seu comportamento e sua operação é iniciada somente por Evento;
- Processo de Negócio – É definido pelo seu comportamento e ativado por intermédio de uma requisição de outro processo;
- Atividade de Empresa – Caracteriza-se por suas entradas/saídas as quais são Vistas de Objetos e regras de conhecimento;
- Objeto da Empresa – Descreve as entidades da empresa;
- Vista de Objeto – Define um aspecto particular de um Objeto de Empresa;
- *Capability Set* – Conjunto de aspectos ou características específicas de um Objeto de Empresa do tipo recurso;

Cada um desses objetos é representado por um retângulo ao qual há associado o respectivo gabarito, conforme definido pela metodologia. Um gabarito é uma descrição paramétrica do objeto de modelagem selecionado e contém os parâmetros ou atributos, do construtor. Por exemplo, o gabarito da Atividade de Empresa Verifica Recursos Disponíveis, descreve-a segundo seus atributos: nome, processo do domínio ao qual pertence, o nome de cada entrada, de cada saída e assim por diante.

A semântica associada a cada retângulo é indicada por intermédio de duas cores previamente estabelecidas pela ferramenta: a verde indica que o retângulo designa o objeto Atividade de Empresa; a amarela significa Processo de Negócio. Essas cores são ativadas pela ferramenta após a definição pelo usuário do que cada retângulo significa: atividade ou processo. As setas designam as regras de comportamento para execução das atividades. Nelas são inscritas as regras de decisão e em função disso a realização ou não de uma ou mais atividades. Exemplo de uma regra: se estoque inferior ao mínimo.

Esses símbolos fazem parte de um repertório facilmente acessível na ferramenta, oferecendo simultaneamente uma descrição gráfica e paramétrica do objeto de modelagem. Este limitado repertório de símbolos facilita a edição do modelo, torna-o legível e simplifica sua

análise. Isto porque a sequência de Atividades de Empresa, que caracteriza o comportamento ou workflow de cada processo, é facilmente criada e/ou alterada, acrescentando-se retângulos e setas. Esses são facilmente visualizados e se estão em número e ordem corretos para satisfazer os objetivos e restrições a que se propõem. Além desses objetos de modelagem a ferramenta dispõe de um outro objeto de modelagem, denominado Segmento do Modelo Semântico de Informação. Este objeto possibilita a criação de modelos conceituais que mostram essencialmente os objetos de empresa e seus respectivos relacionamentos estáticos.

A criação de cada modelo requer que o nome de qualquer objeto de modelagem seja único. Os seis objetos de modelagem acima descritos aplicam-se ao nível de modelagem de requisitos das vistas de função e informação, em conformidade com o escopo da Metodologia CimOsa/rg. Essa linguagem possibilita definir e se necessário redefinir, nomear/renomear os objetos que fazem parte do modelo, flexibilizando e facilitando seu desenvolvimento.

A1.3. Utilização do CimTool

Essa ferramenta possibilita desenvolver um modelo a partir do zero ou aproveitando modelos parciais disponíveis em bibliotecas da empresa. Por exemplo, para criar um modelo para contabilizar a saída de matérias-primas que vão para o chão de fábrica, é possível utilizar um modelo já elaborado por uma outra empresa, parceiro ou fornecedor, que empregue as melhores práticas para o efetivo controle. O desenvolvimento de um modelo tem início estabelecendo-se os processos do domínio que fazem parte de um domínio específico. Implicitamente, cada projeto, expresso como um arquivo com extensão DB, representa o domínio modelado. Isto porque a metodologia em questão não inclui o construtor domínio. Também não oferece o construtor evento o qual é indicado nos gabaritos de cada Processo do domínio num campo específico. Caso o processo em questão seja ativados por mais de um evento, esse campo permite indicar todos eles.

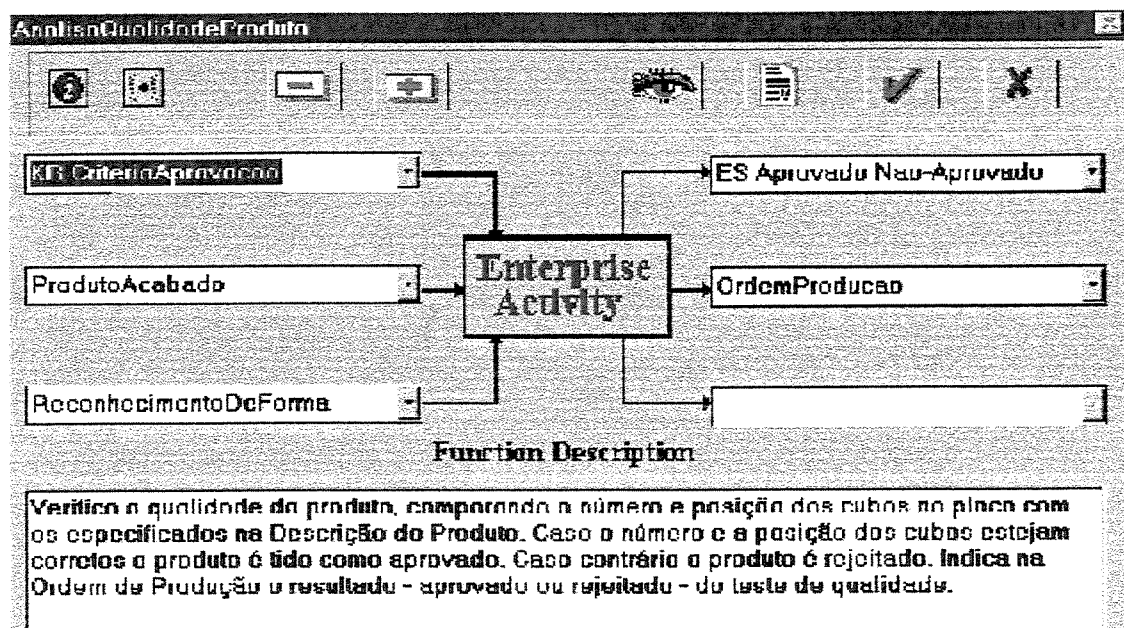


Figura A.1 Exemplo de uma janela de operação da ferramenta CimTool.

Após a criação dos Processos do domínio, seguindo a abordagem top-down da metodologia, passa-se a criar as Atividades de Empresa e processos de negócio que os compõem. Através de um recurso denominado Janela de Operação, como mostra a Figura A.1, é possível visualizar a estrutura funcional de cada objeto de modelagem. Isto permite a análise de cada objeto de modelagem já empregado: processo do domínio, Processo de Negócio e de Atividade de Empresa, entre outros. Ao final desta etapa cada processo do domínio está definido em termos da funcionalidade, expressa como Atividades de Empresa e de comportamento, descrita como a sequência em que elas e os processos de negócio do processo do domínio realizados. Após esta etapa e na fase de análise de informações determinam-se as Vistas de Objetos que cada Atividade de Empresa processa e gera, fornecendo então os elementos para criar o(s) segmento(s) do modelo semântico de informação. Tem-se, portanto, a vista de função do modelo, ou seja, sua primeira parte.

Na próxima fase criam-se os referidos segmentos de informação, a partir das Vistas de Objeto já determinadas, e estabelecem-se os objetos de empresa aos quais tais vistas se referem. De forma iterativa, estabelecem-se os objetos da empresa. Isto consiste em estabelecer os

relacionamentos pai-filho entre os objetos segundo os mecanismos abstração de generalização e especialização definidos na teoria de orientação a objetos. Ao final deste processo os objetos estão organizados e/ou agrupados em macro-objetos os quais são similares a super-classes, conforme a teoria de objetos, e objetos comuns, análogos a classes; também estão estabelecidos os relacionamentos estáticos entre esses objetos. Além disso, são definidas os relacionamentos entre as Vistas de Objetos e os objetos a que elas se referenciam.

Em qualquer instante o usuário pode, para fins de análise/documentação, gerar um arquivo HTML e utilizá-lo num navegador para verificar eventuais modificações, ou ainda exportar diagramas de processos do domínio e/ou de processos de negócio para um editor qualquer a fim de gerar uma versão descrita complementar do modelo.

A1.4. Formas do Modelo Gerado com a Ferramenta

O modelo apresenta-se de diferentes formas, conforme o interesse do usuário quanto sua utilização. As duas formas seguintes são versões eletrônicas do modelo:

- Forma nativa – Esta é a forma editada e visualizada com a ferramenta. Na forma gráfica a ferramenta pode mostrar cada diagrama do modelo e ainda os gabaritos (forma paramétrica) correspondentes. Esta é uma forma que facilita a análise, especialmente na apresentação gráfica, face ao apelo visual dos diagramas que agrupam os objetos de modelagem e constituem o modelo.
- Versão HTML – Esta forma é gerada sob comando do usuário, podendo ser visualizada por intermédio de um aplicativo do tipo navegador ou *browser*, sendo adequada para rastreamento durante a análise do modelo.

A1.5. Características Técnicas

O CimTool foi codificado em C++, é executável em plataformas monousuário e multiusuário. Sua base de dados para armazenar os modelos é o banco de dados Paradox.