

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR NARCISO ANTONIO
DA SILVA E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 26/02/98.


ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Aplicação de conceitos de Tecnologia de
Grupo e Modelamento Baseado em *Features*
para integração de informações de Projeto e
Manufatura**

Autor: **Eng.º Narciso Antonio da Silva**
Orientador: **Prof. Dr. Antonio Batocchio**

01/98

Si38a

34492/BC

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

Aplicação de conceitos de Tecnologia de Grupo e Modelamento Baseado em *Features* para integração de informações de Projeto e Manufatura

Autor: **Eng.º Narciso Antonio da Silva**

Orientador: **Prof. Dr. Antonio Batocchio**

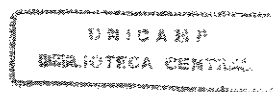
Curso: **Engenharia Mecânica**

Área de Concentração: **Materiais e Processos de Fabricação**

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

Campinas, 1998

S.P. - Brasil



UNIDADE BC
N.º CHAMADA: 792/unicamp
Si38a
V. 1
T. 1000 BC / 34492
PROD. 395/98
C ☐ D ☒
PREÇO R\$ 11,00
DATA 21/07/98
N.º CPD

CM-00113564-1

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

Si38a Silva, Narciso Antonio da
Aplicação de conceitos de tecnologia de grupo e modelamento baseado em features para integração de informações de projeto e manufatura / Narciso Antonio da Silva.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Antonio Batocchio
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Sistema CAD/CAM. 2. Sistemas de fabricação integrada por computador. 3. Tecnologia de grupo. I. Batocchio, Antonio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

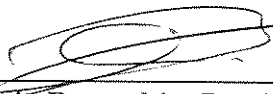
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

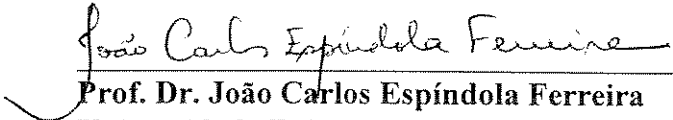
**Aplicação de conceitos de Tecnologia de
Grupo e Modelamento Baseado em *Features*
para integração de informações de Projeto e
Manufatura**

Autor: Eng.º Narciso Antonio da Silva

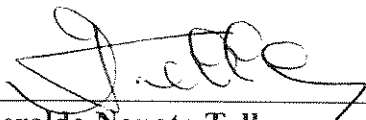
Orientador: Prof. Dr. Antonio Batocchio



Prof. Dr. Antonio Batocchio, Presidente
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. João Carlos Espíndola Ferreira
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Geraldo Nonato Telles
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 05 de Janeiro de 1998

Dedicatória:

Este trabalho é dedicado especialmente às seguintes pessoas:

À minha amiga e esposa Ivanilce;

À minha filha Julia;

À memória de minha avó Julia Wenzel Ceridório.

Agradecimentos

Além de esforço e dedicação pessoal, este trabalho é o resultado da colaboração de muitas pessoas e instituições, às quais gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

À Deus, por ter me dado condições para que eu chegasse até aqui;

Aos meus pais Celso e Antonieta, cujo apoio incondicional sempre me ajudou a criar oportunidades e superar obstáculos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Batocchio, pelo incentivo, amizade e apoio prestados ao longo da minha convivência na Universidade;

À UNICAMP e à Faculdade de Engenharia Mecânica, pela oportunidade oferecida aos "estudantes especiais", que viabilizou meu ingresso ao programa de pós graduação;

Ao prof. Dr. Silvio Roberto Ignácio Pires, pela amizade, incentivo, sugestões e críticas emitidas ao trabalho;

Aos professores Dr. Geraldo Nonato Telles e Dr. Klaus Schützer pela avaliação inicial, sugestões e críticas emitidas ao trabalho;

Aos amigos Matheus Terra, Alvaro Marzola e Paulo Onuchic, da empresa MapData, pela orientação prestada na elaboração do aplicativo desenvolvido no trabalho;

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho;

À todos que trabalham honestamente por um mundo melhor.

“O Senhor é o meu pastor, nada me faltará”

(Salmos, 23:1)

Índice

1	Introdução	1
1.1-	Considerações gerais	1
1.2-	Justificativas do trabalho	3
1.3-	Objetivos do trabalho	5
1.4-	Conteúdo dos capítulos	6
2	Revisão Bibliográfica	8
2.1-	Considerações gerais	8
2.2-	Tecnologia de Grupo	10
2.2.1-	Conceituação básica	10
2.2.2-	Técnicas de formação de famílias de peças e células de manufatura	20
2.2.2.1-	Método visual	20
2.2.2.2-	Método de nomenclatura ou função	21
2.2.2.3-	Análise do fluxo da produção	21
2.2.2.4-	Classificação e codificação	25
2.3-	Planejamento do Processo	32
2.3.1-	Introdução	32
2.3.2-	Planejamento variante	34
2.3.3-	Planejamento generativo	35
2.3.4-	Planejamento auxiliado por computador	37

2. 4- Introdução ao modelamento CAD	39
2.4.1-Introdução e histórico	39
2.4.2-Modelamento CAD	40
2.4.3-Métodos de representação de objetos	43
2.4.3.1- <i>Wireframe</i>	44
2.4.3.2- <i>Boundary Representation</i>	46
2.4.3.3- <i>Constructive Solid Geometry</i>	49
2.4.4-Padrões para troca de dados	52
2.4.4.1- STEP	53
2.5- Técnicas de modelamento baseado em <i>features</i>	55
2.5.1-Introdução	55
2.5.2-Conceituação básica	56
2.5.3-Reconhecimento automático de <i>Features</i>	63
2.5.4-Projeto baseado em <i>Features</i>	69
2.5.4.1- Banco de dados baseado em <i>Features</i>	71
2.5.4.2- <i>Destructive Solid Geometry</i>	71
2.5.4.3- Síntese através de <i>Features</i>	73
2.6- Introdução à Engenharia Simultânea	77
2.6.1-Introdução	77
2.6.2-O modelo de Engenharia Simultânea	78
2.6.3-Condições para implantação da Engenharia Simultânea	81

3	Desenvolvimento e Aplicação de um Modelo para Integração das Informações de Projeto e Manufatura	85
3.1-	Introdução	85
3.2-	Descrição do ambiente considerado	86
3.2.1-	Levantamento dos problemas existentes	95
3.3-	Desenvolvimento do modelo	98
3.3.1-	Metodologia para recuperação de informações	98
3.3.2-	Descrição do aplicativo “FB_CAD”	101
3.3.2.1-	Biblioteca de <i>Features</i>	109
3.3.2.2-	Módulo “Identificador de <i>Features</i> ”	112
3.3.2.3-	Módulo “Gerador do Código”	115
3.3.3-	Escolha do <i>Software</i> e linguagem de programação	116
3.4-	Exemplos de aplicação	118
4	Resultados e Discussões	133
5	Conclusões e Sugestões para próximos trabalhos	148
5.1-	Conclusões sobre o modelo proposto	149
5.2-	Conclusões gerais	150
5.3-	Sugestões para próximos trabalhos	153
	Referências Bibliográficas	155
	Bibliografia Consultada	164
	Anexo I (Distribuição dos tipos de componentes)	169
	Anexo II (Identificação de elementos funcionais)	170
	Anexo III (Proporção de elementos com e sem desvio)	171
	Anexo IV (Proporção L/D)	172

Anexo V (Distribuição para o segundo dígito)	173
Anexo VI (Distribuição para o terceiro dígito)	174
Anexo VII (Distribuição para o quarto dígito)	175
Anexo VIII (Distribuição para o quinto dígito)	176
Anexo IX (Distribuição para o sexto dígito)	177
Anexo X (Distribuição para o sétimo dígito)	178
Anexo XI (Distribuição para o oitavo dígito)	179
Anexo XII (Distribuição para o nono dígito)	180
Anexo XIII (Dígito 1 - Tipo de componente)	181
Anexo XIV (Dígitos 2 e 3 - Quantidade de segmentos)	182
Anexo XV (Dígitos 4 e 5 - Comprimento máximo)	183
Anexo XVI (Dígitos 6 e 7 - Diâmetro externo máximo)	184
Anexo XVII (Dígitos 8 e 9 - Comprimento máximo/diâmetro médio)	186
Anexo XVIII (Dígitos 10, 11, 12 e 13 - Configuração do componente)	187
Anexo XIX (Dígito 14 - Tipo de matéria-prima)	198
Anexo XX (Dígito 15 - Tratamento térmico)	199
Anexo XXI (Dígito 16 - Tratamento superficial)	200
Anexo XXII (Dígitos 17 e 18 - Formato da matéria-prima)	201
Anexo XXIII (Dígitos 19 e 20 - Tolerância IT)	202

Anexo XXIV (Anel espaçador código 00110241000640000080)	203
Anexo XXV (Tampa cilíndrica código 00330284000022450060)	204
Anexo XXVI (Cubo cilíndrico código 00540285516002900060)	205
Anexo XXVII (Eixo escalonado código 00755189100462200050)	206

Resumo

SILVA, Narciso Antonio, *Aplicação de conceitos de Tecnologia de Grupo e Modelamento Baseado em Features para integração de informações de Projeto e Manufatura*,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. 206 p. Dissertação (Mestrado).

A utilização de recursos assistidos por computadores como sistemas CAD/CAM e máquinas CNC tem se tornado bastante acentuada no ambiente industrial, propiciando uma série de vantagens aos seus usuários. Em contrapartida, essa utilização também pode incorrer em problemas, como o surgimento de pontos isolados com alto índice de eficiência local, mas que não agregam valor às operações das empresas, principalmente em função da dificuldade de integrar as informações que são geradas e compartilhadas pelas áreas de manufatura. Este trabalho apresenta um modelo conceitual, orientado às necessidades de um fabricante hipotético de máquinas e equipamentos sob encomenda, como uma das formas de melhorar a integração das informações geradas durante a fase de Projeto e que são compartilhadas com outras áreas vinculadas à Manufatura do produto, permitindo a formação de um Banco de Dados comum. Tal modelo utiliza os conceitos de Tecnologia de Grupo e Projeto baseado em *Features*, sendo que um aplicativo para modelamento CAD (2D) foi desenvolvido para demonstrar sua utilização. A simulação dos resultados obtidos permite verificar a possibilidade de obtenção de melhorias na integração das informações compartilhadas, redução de atividades que não agregam valor ao produto e menor dependência da experiência e intervenção humana para realização de algumas atividades.

Palavras Chave

Sistema CAD/CAM, Sistemas de fabricação integrada por computador, Tecnologia de Grupo

Abstract

SILVA, Narciso Antonio, *Aplicação de conceitos de Tecnologia de Grupo e Modelamento Baseado em Features para integração de informações de Projeto e Manufatura*,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. 206 p. Dissertação (Mestrado).

The use of Computer Aided systems such as CAD/CAM and NC machines have been established in the industrial environment as standard because of their ability to increase productivity and quality. But such systems can also be a source of problems if there is not enough attention for the integration of the informations that are shared by the manufacturing areas, which will lead to the growth of “automation islands”. This paper presents a conceptual model, oriented to the needs of a hypothetical machine manufacturer, as a method to improve the integration of Design and Manufacturing data and to allow for a common data base formation. This model uses concepts from Group Technology (GT) and Feature-based Modeling methodologies. A software was developed to design 2D rotational parts in a CAD system environment. After simulating the use of the presented model the following benefits were achieved: integration of shared informations, reduction of activities that do not agregate value to the product and less dependency on human experience in some activities.

Key Words:

CAD/CAM systems, Computer integrated manufacturing systems, Feature-based Modeling, Group Technology

Lista de Figuras

2.1	Família de peças baseada na forma geométrica	11
2.2	Família de peças baseada no processo de fabricação	12
2.3	Distribuição dos tempos de manufatura	15
2.4	Desenhos novos X formas geométricas diferentes	16
2.5	Folhas de processos novas X Processos diferentes	17
2.6	Matriz Componente X Máquina original	22
2.7	Matriz Componente X Máquina rearranjada	23
2.8	Estrutura do monocódigo “DCLASS”	27
2.9	Estrutura do policódigo “MICLASS”	28
2.10	Estrutura do código “OPTIZ”	30
2.11	Interação entre modelamento geométrico e as atividades de projeto	42
2.12	Objeto modelado pelo método <i>Wireframe</i>	45
2.13	Objeto modelado pelo método <i>Boundary-Representation</i>	47
2.14	Sequência de modelamento CSG para obtenção de um objeto	50
2.15	Designação para <i>features</i> segundo sua utilização	60
2.16	Características das técnicas de Modelamento baseado em <i>Features</i>	62
2.17	Esquema de Reconhecimento e Extração de <i>Features</i>	63
2.18	Representação das faces que constituem um objeto modelado	65
2.19	Representação de uma operação de usinagem num objeto modelado	66
2.20	Esquema de Projeto baseado em <i>Features</i>	69
2.21	Definição de <i>features</i> de forma no modelo geométrico	70
2.22	Sequência de modelamento de um objeto através da técnica DSG	72
2.23	Objeto modelado por Síntese através de <i>Features</i>	74
2.24	Comparação entre Engenharia Simultânea e abordagem tradicional	79
2.25	Implicações de custo ao longo do tempo	80

3.1	Fluxo do processo das atividades do fabricante	92-94
3.2	Distribuição média dos cronogramas	96
3.3	Distribuição proporcional dos cronogramas	97
3.4	Estrutura do aplicativo FB_CAD	102
3.5	Módulos do aplicativo FB_CAD	108
3.6	Biblioteca das <i>Features</i> utilizadas	110
3.7	Desenho da <i>Feature f6</i>	111
3.8	Exemplo de composição de desenho através da biblioteca de <i>features</i>	114
3.9	Exemplo de objeto a ser modelado	119
3.10	Configuração do aplicativo FB_CAD para o ambiente AUTOCAD	120
3.11	Comando para inicialização do aplicativo FB_CAD	121
3.12	Definição das referências para o modelamento	122
3.13	Exibição da biblioteca de <i>features</i>	123
3.14	Informações parametrizadas solicitadas ao usuário	124
3.15	Caixa de diálogo das propriedades tecnológicas do componente	125
3.16	Caixa de diálogo para opções de matéria-prima	126
3.17	Caixa de diálogo para opções de tratamentos térmicos	127
3.18	Caixa de diálogo para opções de tratamentos superficiais	128
3.19	Caixa de diálogo para opções de formatos de matéria-prima	129
3.20	Apresentação do código gerado pelo FB_CAD	130
3.21	Objeto final modelado pelo FB_CAD	131
3.22	Componente remodelado no ambiente AUTOCAD	132

Lista de Tabelas

2.1	Exemplos de sistemas CAPP	38
2.2	Informações da topologia do objeto modelado	48
2.3	Referências de aplicações de Reconhecimento automático de <i>features</i>	68
2.4	Referências de aplicações de Projeto baseado em <i>features</i>	76
3.1	Estrutura do código	100
3.2	Conteúdo do código	100
3.3	Análise combinatória de uma composição de <i>features</i>	115

Abreviaturas e Siglas

2D	<i>Two Dimensional</i> (Bidimensional)
3D	<i>Three Dimensional</i> (Tridimensional)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFP	Análise do Fluxo da Produção
AI	<i>Artificial Intelligence</i> (Inteligência Artificial)
ANSI	<i>American National Standardization Institute</i>
APT	<i>Automatically Programmable Tools</i>
BD	Banco de Dados
B-Rep	<i>Boundary Representation</i> (Representação do Contorno)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Assistido por Computador)
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i> (Engenharia Assistida por Computador)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura Assistida por Computador)
CAPP	<i>Computer Aided Process Planning</i> (Planejamento do Processo Assistido por Computador)
CLP	Controlador Lógico Programável (PLC - <i>Programmable Logic Control</i>)
CNC	<i>Computerized Numerical Control</i> (Controle Numérico Computadorizado)
CSG	<i>Constructive Solid Geometry</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto Alemão de Normatização)
DNC	<i>Direct Numerical Control</i> (Controle Numérico Direto)
DSG	<i>Destructive Solid Geometry</i>
DXF	<i>Design Exchange File</i>
ETO	<i>Engineering to Order</i> (“Projetos customizados ao cliente”)
EUA	Estados Unidos da América
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i> (Sistema Flexível de Manufatura)
GKS	<i>Graphical Kernel System</i>
GT	<i>Group Technology</i> (Tecnologia de Grupo)
HRc	<i>Hardness Rockwell “C”</i> (escala de dureza Rockwell “C”)
IA	Inteligência Artificial
IGES	<i>Initial Graphics Exchange Specification</i>

ISO	<i>International Standards Organization</i> (Organização Internacional de Padronização)
IT	<i>ISO Tolerance</i> (Tolerância ISO)
LISP	<i>LISt Processing</i> (Linguagem de Programação LISP;)
MIT	<i>Massachussets Institute of Technology</i>
PFA	<i>Production Flow Analysis</i> (Análise do Fluxo da Produção-AFP)
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> (Sociedade dos Engenheiros Automotivos)
SCC	Sistema de Classificação e Codificação
STEP	<i>Standard for Exchange Product Data Model</i>
TG	Tecnologia de Grupo (<i>Group Technology</i>)
URSS	União da Repúblicas Socialistas Soviéticas (Atual CEI-Comunidade dos Estados Independentes)
USA	<i>United States of America</i> (Estados Unidos da América)
WIP	<i>Work in Process</i> (Inventário em Processo)

Glossário

Bens de Capital	- Bens duráveis geralmente de alto custo e feitos sob encomenda para aplicações específicas ou padronizadas, como máquinas, guindastes, pontes rolantes, etc.
Blank	- Porção de matéria-prima com o qual se inicia uma operação de fabricação
Caixa de Diálogo	- Recurso de comunicação do AutoCAD em forma de tela de apresentação ao usuário
Customizado	- Adaptado segundo as necessidades do usuário ou cliente
Ferramental	- Acessórios necessários à utilização ou fabricação em determinadas máquinas, por ex. brocas, estampos para prensas, ferramentas de corte, etc.
Hardware	Aspectos relativos às partes físicas, geralmente relacionadas a assuntos de informática ou automação, como periféricos, computadores, processadores, cabos, conectores, etc
Lay Out	- Arranjo físico onde se verifica a disposição de máquinas e equipamentos
Lead Time	- Tempo total para fabricação de um componente
Menu	- Forma de apresentação de opções de escolha disponíveis em sistemas computacionais durante um processamento
Software	Aspectos relativos às partes não físicas ou de comunicação, geralmente relacionadas a assuntos de informática ou automação, como programas, compiladores, etc
Set Up	- Tempo de preparação de uma máquina ou equipamento, geralmente associado à troca de ferramental
Topologia	- Representação geométrica de um elemento através de suas faces, arestas, vértices e coordenadas espaciais

Capítulo 1

Introdução

1.1- Considerações Gerais

É possível observar que neste final de século as mudanças tem ocorrido numa frequência muito maior que em épocas passadas. Exemplos dessa afirmação podem ser observados em toda a sociedade, como a dissolução do regime socialista no leste europeu, o surgimento e crescimento de empresas intensivas em capital intelectual, fracassos de corporações tradicionais, a formação de blocos econômicos de comércio, entre outros (PIRES, 1995).

Essas mudanças não excluíram as empresas de manufatura de seus efeitos, sendo que, a partir da década de 80, o conceito de manufatura de bens de consumo vem sofrendo profundas alterações e desse modo trazendo uma série de consequências às atividades industriais de várias nações no cenário internacional, afetando inclusive a hegemonia de economias consolidadas, como os Estados Unidos e alguns países da Europa ocidental (PIRES, 1995). Em contrapartida, também pôde-se observar um crescimento econômico bastante significativo de países do continente asiático, primeiramente com o Japão e em seguida com a Coreia do Sul, Singapura, Taiwan, China, etc (GUNN, 1993).

Ainda que algumas dessas alterações no cenário industrial permitam identificar o direcionamento de alguns países em segmentos específicos de mercado, ao invés de um crescimento homogêneo da economia (DRUCKER, 1992), é válido afirmar que a origem dessas alterações é uma nova contingência de mercado onde, devido a um elevado crescimento dos níveis de concorrência e uma pressão cada vez maior por parte dos consumidores em ter suas necessidades satisfeitas, as organizações se viram obrigadas a direcionar suas operações às necessidades e expectativas dos clientes, ou seja, as organizações são pressionadas a se orientar segundo as necessidades do mercado (*Market-driven*), ao invés de estarem orientadas segundo suas próprias diretrizes (WASSENHOVE & CORBETT, 1991).

A partir da configuração desse cenário, pode-se sintetizar as alterações exigidas pelo mercado consumidor como sendo as seguintes (AGOSTINHO, 1992) :

- melhoria da qualidade dos produtos e serviços;
- aumento da diversificação e oferta de produtos e serviços;
- preços competitivos internacionalmente;
- redução e confiabilidade dos prazos de entrega;
- produtos customizados aos clientes ou mercados.

Nesse cenário, observa-se que para adaptar-se às exigências de mercado, existe a necessidade de uma profunda reestruturação nos conceitos tradicionais de gerenciamento da manufatura, que foram fortemente influenciados pelas idéias e ações de Frederick W. Taylor e Henry Ford. Sob esse ponto de vista a Manufatura passa a exercer uma função estratégica dentro das corporações, pois passam a desempenhar funções que refletem diretamente nos resultados das empresas (HAYES & PISANO, 1994). Alguns autores denominam essa visão de “terceira Revolução Industrial” (CUNHA, 1995) ou “um processo de redescoberta da manufatura” (PIRES, 1995).

As tendências para o início do próximo século é um mercado continuamente agressivo em termos de competição e consequentemente mais exigente para as corporações que sobreviveram às mudanças do mercado (DRUCKER, 1992), evidenciando a necessidade cada vez maior das organizações de manufatura se adaptarem às exigências de mercado, intensificando esforços na busca da eficácia de suas operações e privilegiando a utilização do conhecimento, da tecnologia e da informação, para obter produtos e serviços que sejam competitivos e valorizados pelos consumidores (STEUDEL & DESRUELE, 1992).

Questões como a redução do tempo entre o desenvolvimento e lançamento de produtos, agilidade nas tomadas de decisões, qualidade e preços competitivos, redução de atividades que não agregam valor ao produto, entre outros, certamente indicam um bom referencial em direção aos objetivos almejados junto ao cenário delineado.

1.2- Justificativas do Trabalho

As áreas de manufatura exercendo um papel fundamental e estratégico dentro do cenário econômico e industrial também passam a ter mais responsabilidades, pois a simples administração ou utilização intensa de tecnologia não mais garante a eficácia da organização e não raro pode-se até obter o efeito inverso (WOMACK *et al.*, 1992), resultando em "ilhas de automação", comprometimento do fluxo de caixa, elevação de custos indiretos, etc, prejudicando os resultados globais do sistema (HAMMER, 1990; GU, 1994). Portanto, para obter eficácia as áreas de manufatura devem estar integradas e orientadas aos objetivos comuns da organização.

A integração das áreas de manufatura passa a ser um grande desafio para as empresas, pois a remoção das barreiras tecnológicas e culturais ainda presentes é uma tarefa bastante difícil (AGOSTINHO, 1992).

Empresas que operam com produção intermitente (não contínua) tem seus índices de produtividade influenciados pelo alto grau de intervenção humana, movimentação de materiais, trocas de ferramental, etc, quando comparadas àquelas que operam com produção contínua, como as indústrias petrolíferas, químicas, alimentícias e farmacêuticas.

Essa característica tem influenciado diversos trabalhos que enfatizam essa realidade e sugerem propostas para obter melhorias na integração das áreas de manufatura, como o principal fator para aumentar a eficácia em suas atividades.

Particularmente, uma classe dessas empresas, além do fluxo intermitente trabalham com produção unitária ou em pequenos lotes, como as indústrias de bens de capital ou de prestação de serviços, ou ainda, departamentos de Manutenção e Ferramentaria, apresentam características que podem penalizar ainda mais os índices de produtividade ou eficácia.

Alguns trabalhos publicados no Brasil evidenciam as dificuldades presentes em indústrias de bens de capital, que se enquadram naquele perfil, propondo a utilização de ferramentas da Tecnologia de Grupo (TG) como forma de obter melhor eficácia nas áreas de manufatura dessas indústrias (CHRISTIANO, 1989; PIRES, 1989; SÉRIO, 1990).

Trabalhos sobre Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS - *Flexible Manufacturing Systems*), também afirmam a viabilidade em produzir com eficácia lotes de fabricação bastante reduzidos em ambientes que se utilizam da Tecnologia de Grupo (MAESTRELLI *et al.*, 1991).

Existem muitos trabalhos publicados utilizando o conceito de “*features*” como uma metodologia promissora para integrar de forma inteligente as informações de manufatura. Por exemplo, CANGILIERI & BATOCCHIO (1997) propõem um *software* para ambiente CAD baseado em “*features* de fabricação”, tendo como um dos objetivos básicos formar famílias de peças automaticamente a partir do modelamento de componentes mecânicos, segundo seu processo de fabricação e sem a necessidade de intervenção humana.

1.3- Objetivos do Trabalho

A partir das referências citadas, este trabalho tem o objetivo de fomentar alternativas e a utilização de ferramentas tecnológicas para incrementar a eficácia de um ambiente produtivo em particular, através da melhoria da integração das informações de manufatura que são geradas e compartilhadas por diferentes áreas que compõem esse ambiente.

Portanto, pode-se citar como principal objetivo deste trabalho:

"Apresentar um modelo conceitual que promova a integração das informações de manufatura, geradas durante o projeto, às áreas de planejamento do processo, compras e fabricação para um hipotético fabricante de máquinas e equipamentos sob encomenda".

As atividades propostas para atingir esse objetivo compreendem os seguintes passos:

- a- Descrever uma empresa hipotética que represente um ambiente de projeto e fabricação de máquinas e equipamentos sob encomenda, onde seria aplicável o modelo proposto;
- b- Desenvolver uma metodologia para recuperação de informações de engenharia (projeto e manufatura), customizada ao ambiente idealizado;
- c- Criar uma biblioteca parametrizada e pré definida das *features* que serão utilizadas no modelamento CAD, incorporando informações geométricas e de processos definidas no item anterior;
- d- Simular o modelo proposto através da elaboração de um aplicativo, baseado em linguagem de programação AUTOLISP, para permitir o modelamento de componentes rotacionais num ambiente AUTOCAD (2D).

Uma observação importante a enfatizar é que o propósito do aplicativo desenvolvido neste trabalho, não é uma utilização prática, observando os rigores para validação de um *Software* comercial, mas unicamente demonstrar a viabilidade do modelo proposto em atingir seus objetivos.

1.4- Conteúdo dos Capítulos

O presente trabalho é composto de 5 (cinco) capítulos com conteúdos distintos, com o objetivo de sustentar as argumentações necessárias ao modelo proposto.

Em razão da familiaridade de alguns termos e siglas usuais no ambiente industrial, optou-se por não traduzí-los, mantendo assim sua forma original e coloquial. Com exceção das siglas, esses termos não traduzidos são grafados em itálico.

Alguns termos específicos que não são explicados no decorrer do texto constam no “Glossário” e uma “Lista de Siglas e Abreviaturas” é apresentada como auxílio à leitura do texto.

A seguir tem-se uma breve descrição do conteúdos dos capítulos que compõem o trabalho.

Capítulo 1: faz uma breve explanação sobre as alterações no atual cenário econômico e suas implicações para as áreas de manufatura, introduzindo a proposta, metodologia, justificativa, objetivos e composição do trabalho.

Capítulo 2: apresenta uma revisão bibliográfica das principais ferramentas que servirão de base para o desenvolvimento do trabalho, que são Tecnologia de Grupo, Planejamento do Processo, *Features*, Modelamento CAD e Engenharia Simultânea.

Capítulo 3: traz o desenvolvimento prático do trabalho, desde a descrição do ambiente analisado, considerações adotadas e a composição e descrição dos módulos que compõem o modelo apresentado.

Capítulo 4: simula e apresenta alguns resultados finais obtidos na utilização do modelo proposto no ambiente considerado.

Capítulo 5: apresenta as principais conclusões e comentários sobre o trabalho e sugere oportunidades que podem ser temas de discussões, pesquisas e trabalhos a serem desenvolvidos posteriormente.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1- Considerações gerais

O presente capítulo tem por objetivo apresentar algumas técnicas ou metodologias, como forma de dar subsídios às argumentações e conceitos que serão utilizados na apresentação do modelo descrito no capítulo posterior. A estratégia utilizada para apresentar essas técnicas é delimitar a profundidade em que são descritas ao nível de utilização no modelo ou de permitir uma visão geral, uma vez que se tratadas isoladamente o trabalho poderia se estender mais que o necessário para seus objetivos iniciais.

As técnicas a serem apresentadas são:

- Tecnologia de Grupo;
- Planejamento do processo;
- Modelamento CAD;
- Técnicas de modelamento baseado em *Features*;
- Engenharia simultânea.

Adicionalmente, algumas considerações devem ser citadas em função de justificar abrangência e as delimitações desse capítulo:

- Apesar do trabalho utilizar frequentemente a expressão CAD/CAM, inclusive sendo a integração entre esses elementos um dos principais objetivos do mesmo, optou-se por enfatizar o aspecto CAD e omitir um aprofundamento em CAM, visto que a proposta do trabalho simula um ambiente de projetos e consequentemente mais voltado à utilização do CAD. Entende-se que esse aprofundamento poderia estender os limites do trabalho, alterando seu foco e seria desnecessário à leitura e interpretação do mesmo;
- Optou-se por utilizar o termo *Feature*, na sua forma original em inglês, pois o mesmo ainda é relativamente recente na literatura brasileira. Alguns trabalhos, porém, optam por traduzi-lo como “característica” (CUNHA, 1995), mas somente ao longo do tempo se poderá saber qual dos dois termos terá maior aceitação por parte dos usuários.

2.2- Tecnologia de Grupo

2.2.1- Conceituação básica

Apesar da Tecnologia de Grupo (TG) ser uma técnica que encontre relatos de aplicação desde o início do século (SÉRIO, 1990), sua divulgação e disseminação é relativamente recente e tem demonstrado eficácia nos meios industriais pelo fato de ser adequada à maioria das empresas que se utilizam da produção intermitente (não contínua), como por exemplo os setores metal-mecânico e por conferir melhor foco às atuais necessidades de mercado (GONÇALVES, 1990).

Independente do histórico que originou o que atualmente se convencionou chamar Tecnologia de Grupo, a TG pode ser conceituada como sendo uma técnica ou metodologia que visa identificar e explorar adequadamente as similaridades de projeto e/ou dos processos de fabricação dos itens produzidos, através do agrupamento dos mesmos em famílias de peças e células de manufatura (HYER, 1984; HAM *et al*, 1985).

Partindo dessa conceituação pode-se observar dois elementos básicos na TG:

- Família de peças;
- Células de manufatura.

O termo família de peças refere-se ao agrupamento dos componentes produzidos ou utilizados e que apresentam similaridades entre si, seja devido à sua forma geométrica e/ou ao seu processo de fabricação.

A identificação dos componentes que irão formar as famílias de peças é um requisito fundamental na TG, pois é a partir desse ponto que se poderá explorar adequadamente as vantagens intrínsecas à sua utilização (SRINIVASAN, 1990).

Além disso deve-se considerar que a formação das famílias de peças é um aspecto diretamente relacionado com as particularidades de cada empresa e também com os objetivos almejados com a utilização da TG (HAM *et al*, 1985).

As figuras 2.1 e 2.2 a seguir ilustram o conceito de família de peças, em função do formato geométrico e do processo de fabricação.

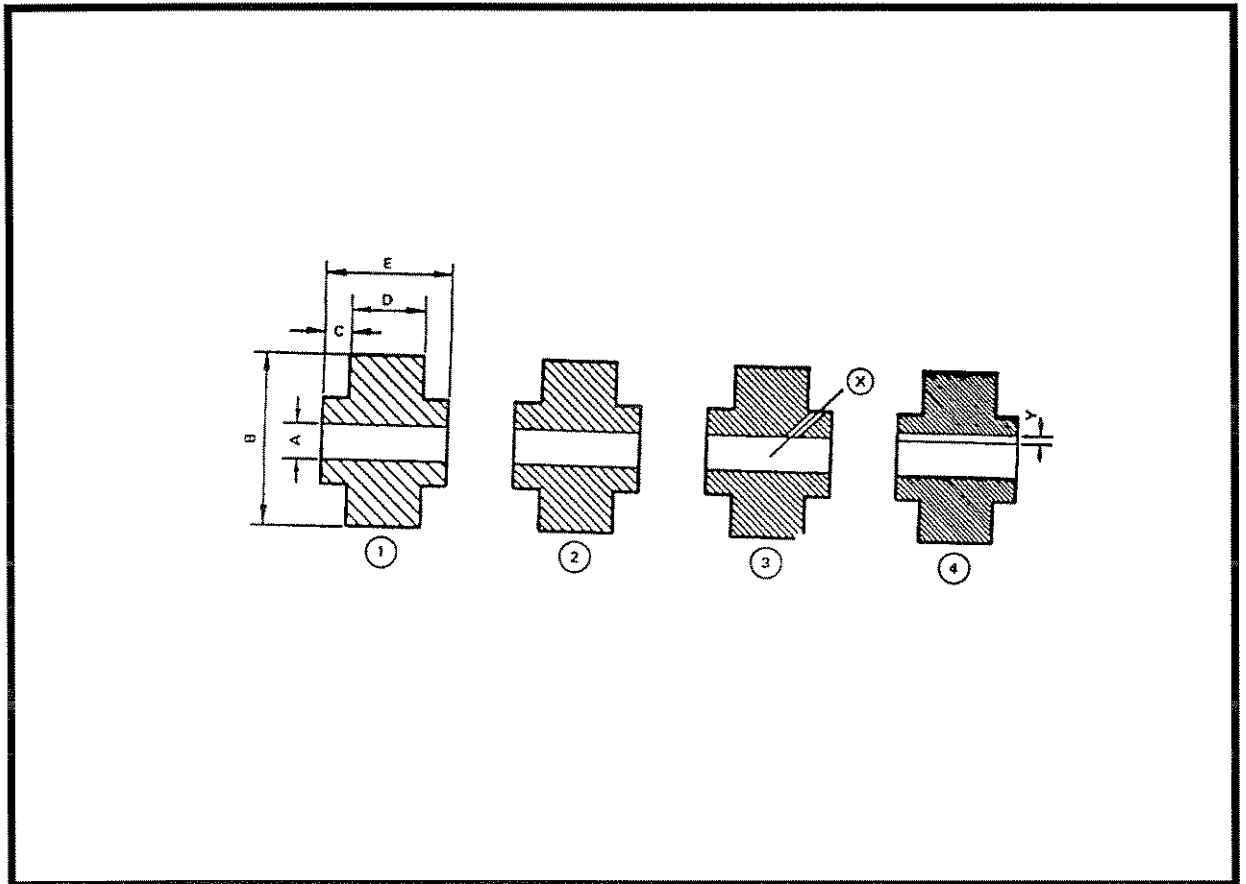


Figura 2.1 -Família de peças baseada na forma geométrica (HYER,1984)

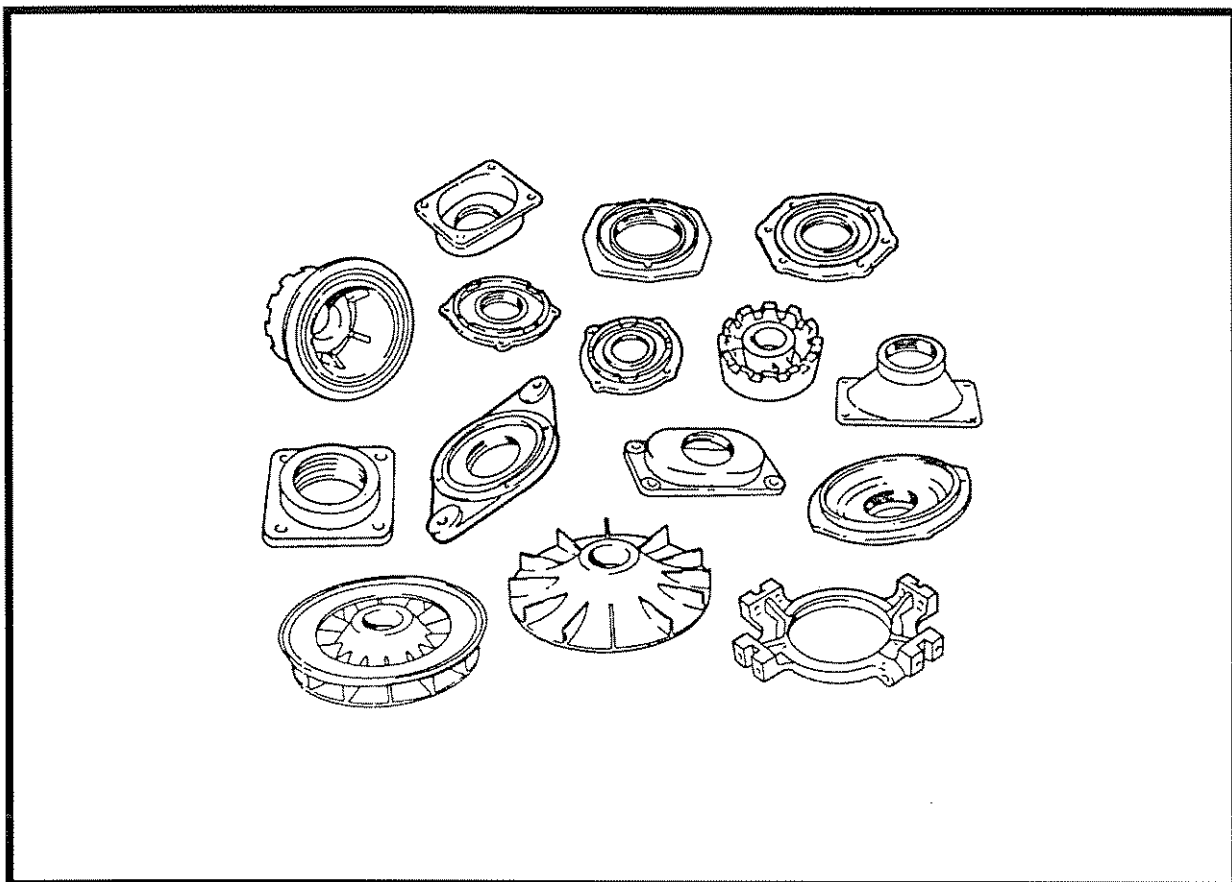


Figura 2.2 -Família de peças baseada no processo de fabricação (HYER,1984).

As células de manufatura são o agrupamento das máquinas ou equipamentos que em conjunto serão destinadas à fabricação efetiva dos itens que compõem as famílias de peças, ou seja, tratam da operação da TG junto ao chão de fábrica (*shop floor*).

Uma alteração importante a destacar quando se menciona células de manufatura se refere ao arranjo físico (*lay out*) utilizado, ou seja o arranjo físico celular. Essa alteração muitas vezes confunde o próprio conceito de TG, que na prática é comumente chamado de manufatura celular ou célula de manufatura. Na verdade as células de manufatura são apenas o aspecto “visível” da TG, pois diferenciam-se do arranjo físico tradicional ou

funcional normalmente utilizado na manufatura convencional, onde as máquinas são agrupadas em função das operações que realizavam (por ex. fresadoras, tornos, retificadoras, etc.).

Uma importante consideração a fazer quanto à Tecnologia de Grupo se refere ao seu campo de aplicação na organização industrial, que pode ser avaliada tanto sob o ponto de vista dos tipos de empresas que podem se utilizar da TG, como dos departamentos diretamente envolvidos com a mesma e onde serão obtidos os maiores benefícios (GONÇALVES, 1990).

A TG, na sua essência, não é adequada aos sistemas produtivos que se utilizam de processos contínuos de produção, como por exemplo as indústrias químicas, alimentícias, petrolíferas, etc.

A TG também não é adequada aos sistemas produtivos de grandes lotes, ou produção em massa, caracterizados por linhas de montagem ou linhas de fabricação com alto volume de produção.

A TG também não é totalmente indicada aos sistemas de produção unitária ou sob encomenda, embora seja possível afirmar que esse tipo de estrutura é uma condição limite da produção em pequenos e médios lotes (MAESTRELLI *et al*, 1991), e portanto uma organização eficaz poderia eventualmente viabilizar uma utilização da TG nesse ambiente.

Portanto pode-se afirmar que a TG é indicada principalmente aos sistemas produtivos de pequenos e médios lotes, e cujo objetivo é proporcionar a este tipo de organização níveis de produtividade mais próximo aos obtidos na produção de grandes lotes, mas também conferindo outras vantagens altamente desejáveis no cenário atual, entre as quais podem ser citadas:

- redução do estoque em processo (WIP - "Work In Process");
- maior flexibilidade às alterações de demanda;
- redução do tempo de projeto;
- redução do espaço físico;
- redução dos tempos totais de fabricação ("Lead times").

Embora essa afirmação inicial possa parecer uma restrição, deve-se observar que a representatividade das companhias que produzem em pequenos e médios lotes, a nível mundial, é muito significativa e que a tendência natural do mercado consumidor também tem pressionado a uma produção segundo esse modelo. Vários autores chegam a afirmar que esse segmento da manufatura represente em torno de 75% da utilização industrial no mundo (HAM *et al*, 1985; GONÇALVES, 1990).

A TG busca atacar algumas das principais causas da ineficácia constatadas nos sistemas produtivos tradicionais. A principal constatação nesse sentido pode ser verificada em trabalhos publicados no início da década de 70 (HAM *et al.*, 1985), e se refere à distribuição do tempo total de fabricação (*Lead Time*) de um componente, ou seja, o tempo a partir do início do processo de fabricação até a última operação requerida pela mesma para que esteja disponível para o cliente ou setor que se utilizará da peça em questão. Essa distribuição do tempo total de produção pode ser observada na figura 2.3.

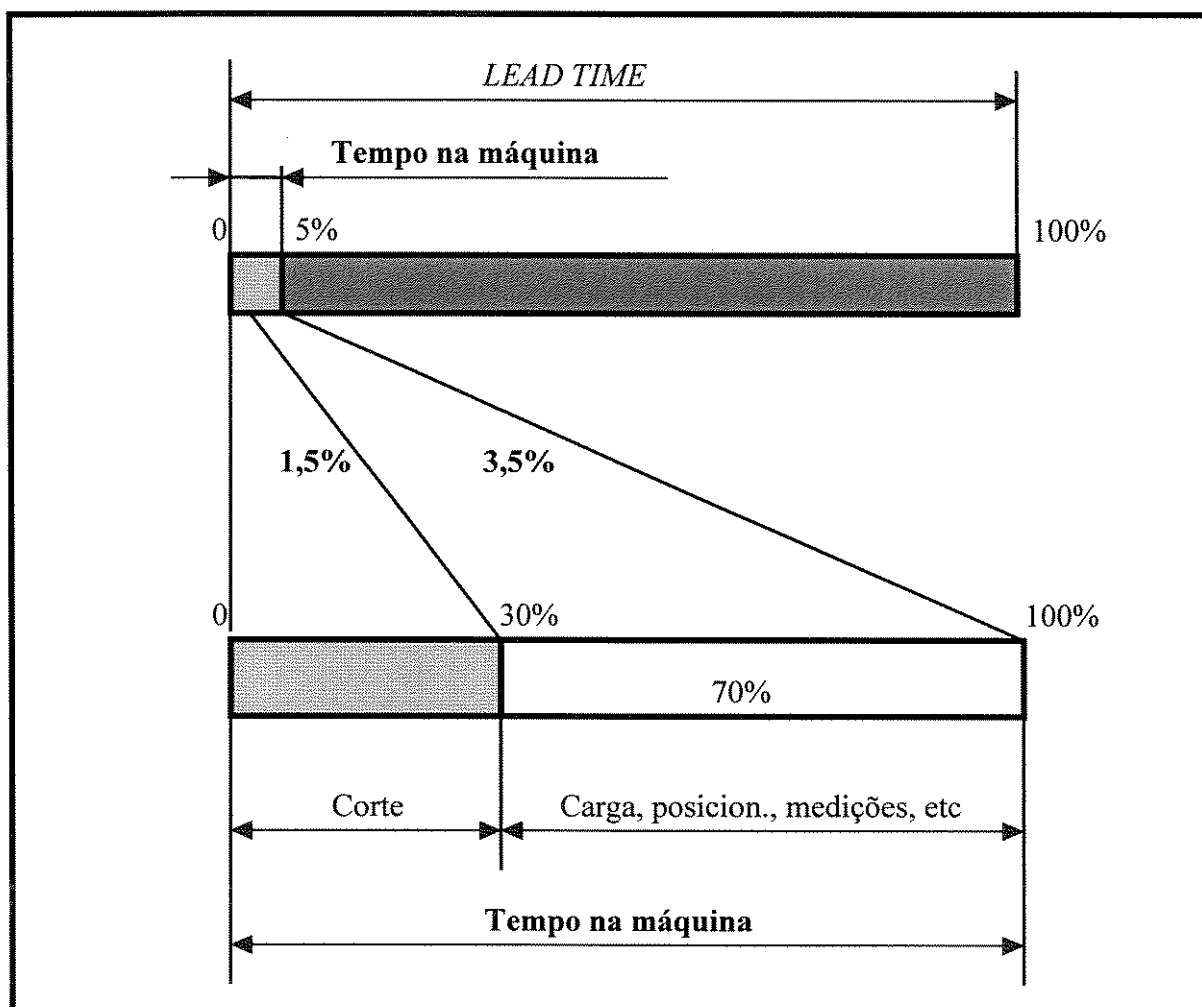


Figura 2.3 -Distribuição dos tempos de manufatura (adaptado de HAM *et al.*, 1985)

Os números são alarmantes, pois pode-se verificar que somente 5% do tempo total dispendido nesse processo é considerado tempo produtivo, enquanto os restantes 95% são tempos improdutivos, gastos em atividades como movimentação de materiais, esperas em filas, etc. Além disso dos 5% do tempo produtivo tem-se que apenas 30%, ou seja, 1,5% do tempo total são absorvidos propriamente com o corte em máquina, enquanto os 70% restantes, ou 3,5% do tempo total, são gastos com posicionamentos, medições, carga e descarga, etc.

Outra consideração pode ser feita a partir das ilustrações das figuras 2.4 e 2.5, que mostram uma tendência nas indústrias tradicionais, evidenciando uma perda substancial da eficiência, principalmente na área de projetos e processos, pois a falta de meios que permitam a recuperação de informações contribui diretamente para a geração de componentes e processos muito semelhantes àqueles existentes e com isso tem-se uma perda de tempo significativa ao longo do período de atividades de uma empresa (HYER, 1984; SÉRIO, 1990).

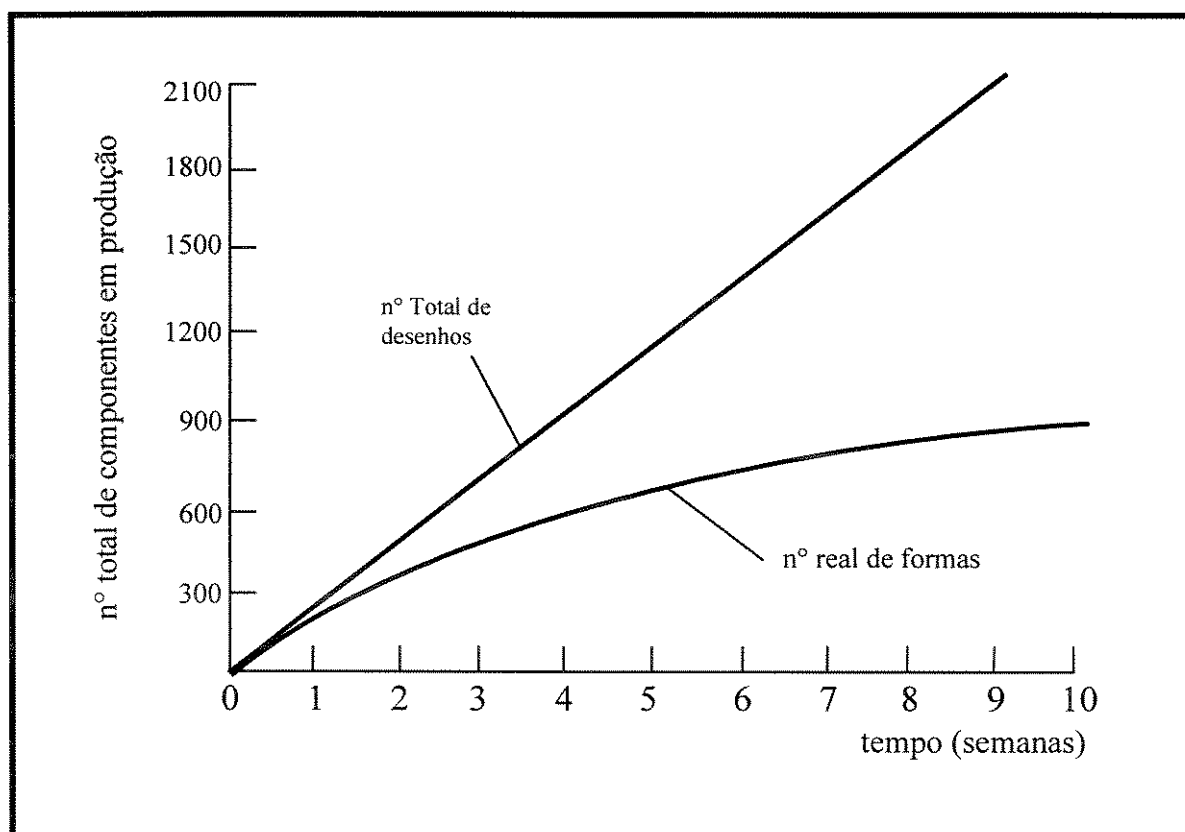


Figura 2.4 -Desenhos novos X formas geométricas diferentes (Adaptado de HYER, 1984)

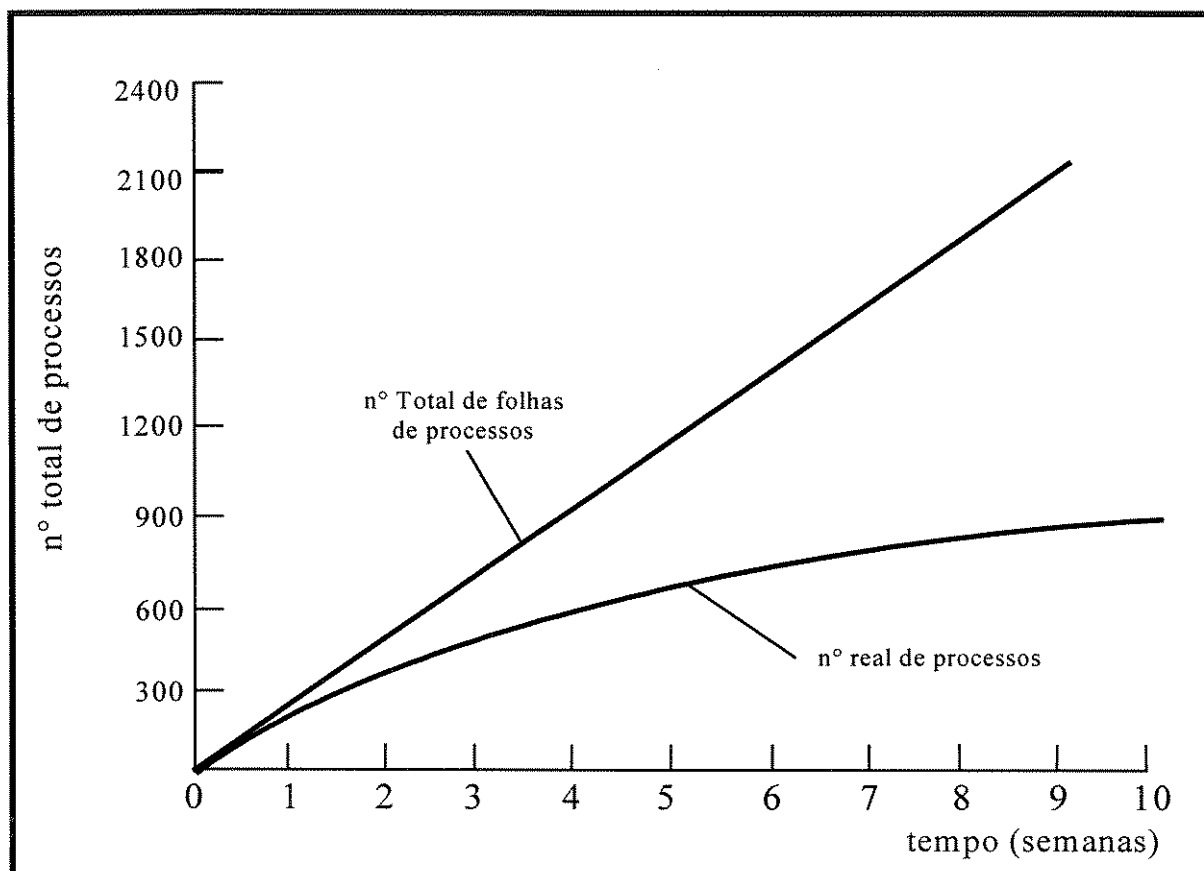


Figura 2.5 -Folhas de processos novas X processos diferentes (Adaptado de HYER, 1984)

A utilização da TG pode variar muito de uma aplicação para outra. Por exemplo, uma companhia pode pretender a TG em toda a sua plenitude, envolvendo os mais diversos setores e uma integração total das informações. Em outra situação, apenas determinado conceito da TG pode ser utilizado, como por exemplo a redução de ferramental ou padronização de componentes projetados. Enfim, os benefícios alcançados também dependem do processo de implementação da TG.

De uma maneira genérica tem-se reportado uma série de benefícios obtidos a partir da adoção da TG . Alguns desses benefícios ou índices de eficiência da TG são descritos a seguir :

Segundo Houtzeel & Brown (HYER, 1984), pôde-se chegar a obter os seguintes níveis de redução na manufatura:

- tempos de preparação (SET UP)	20 a 60%
- trabalho de planejamento	15 a 25%
- despesas com ferramental	20 a 30%
- retrabalho ou refugo	15 a 75%
- despesas com equipamentos	15 a 25%
- estoque em processo (WIP)	20 a 50%

HYER & WEMMERLÖV (1989), em pesquisa realizada com empresas americanas, usuárias de manufatura celular, reportam a redução dos seguintes índices:

- tempos de preparação (“SET UP”)	até 32%
- tempos de processamento (<i>Lead Time</i>)	6 a 45%
- estoque em processo (WIP)	4 a 41%
- melhoria da qualidade	6 a 29%
- movimentação de materiais	3 a 39%
- utilização dos equipamentos	3 a 23%
- satisfação no trabalho	4 a 34%

Segundo KUSIAK (1990), além de uma considerável redução de papel e melhoria de relacionamento humano, pode-se ainda chegar a obter os seguintes níveis de redução na manufatura:

- tempos de preparação (“SET UP”):	20-60%
- tempos de processamento (<i>Lead-Time</i>):	20-88%
- estoque em processo (WIP):	até 88%
- Mão-de-obra direta:	15-25%
- custo de ferramental:	20-30%
- refugos e retrabalhos:	15-75%

Em recente publicação, WEMMERLÖV (1997) descreve uma pesquisa com usuários da TG nos EUA, onde são citados dados atualizados sobre os resultados de sua utilização. Esses dados são sumarizados a seguir e podem ser comparados com os demais dados anteriores.

Tipo de Melhoria:	Média	mínimo	máximo
	(%)	(%)	(%)
- tempos de preparação (“SET UP”):	44,2	0,0	96,6
- tempos de processamento (<i>Lead Time; Throughput Time</i>)	61,2	12,5	99,5
- estoque em processo (WIP)	48,2	10,0	99,7
- melhoria da qualidade dos produtos	28,4	0,0	62,5
- movimentação de materiais	61,3	15,0	99,0
- Custos unitários dos produtos	16,0	0,0	60,0
- Tempo de resposta aos pedidos dos clientes	50,1	0,0	93,2
- Inventários de produtos acabados	39,3	0,0	100,0

2.2.2-Técnicas para formação de famílias de peças e células de manufatura

Conforme citado no item anterior, o processo de formação de famílias de peças é um passo fundamental para a utilização da Tecnologia de Grupo.

Entre as técnicas mais conhecidas, destinadas ao objetivo de formar famílias de peças e células de manufatura, pode-se citar (SÉRIO, 1990):

- método visual;
- método de nomenclatura ou função;
- Análise do Fluxo da Produção (AFP);
- Classificação e Codificação.

Essas técnicas podem estar associadas com outras ferramentas, como por exemplo o Modelamento baseado em *Features*, que será descrito no item 2.5. Vários autores propõem mecanismos para auxiliar a formação de famílias conciliando as técnicas citadas acima e recursos auxiliados por computadores para sua obtenção (OZDEMIREL, 1993; LIAO&LEE, 1994; HUQ *et al.*, 1994).

2.2.2.1- Método visual

É uma técnica bastante rudimentar e simplificada e consiste basicamente no agrupamento das peças de acordo com suas características geométricas e/ou de processos através da análise visual realizada por pessoas que possuam significativa experiência no processo produtivo da empresa.

Essa técnica não possui sequer um roteiro formal que oriente sua utilização, sendo portanto considerada um modelo precursor de técnicas mais modernas e consistentes, que foram desenvolvidas posteriormente e utilizadas atualmente.

Sua utilização normalmente está restrita à pequenas empresas, cuja diversificação de produtos seja bastante reduzida (PIRES, 1989).

2.2.2.2- **Método de nomenclatura ou função**

Da mesma maneira que o método visual, esta técnica é um modelo bastante simplificado, restrito à empresas com pouca diversificação de produtos e baseada na experiência das pessoas ou eventualmente em bancos de dados existentes (GONÇALVES, 1990).

A diferença reside no fato de que a separação, ao invés de ser através da inspeção visual, se dá pelo nome dado aos componentes e/ou à sua função em uma determinada aplicação.

O maior inconveniente nessa técnica é o fato da nomenclatura e função dos componentes incidirem em grande subjetividade e portanto de difícil padronização, pois poderão receber diferentes interpretações dentro da própria empresa.

2.2.2.3- **Análise do Fluxo da Produção**

A técnica de Análise do Fluxo da Produção (AFP), ou PFA (*Production Flow Analysis*), foi desenvolvida no início da década de 70 por JOHN L. BURBIDGE, com o objetivo de identificar famílias de peças e grupos de máquinas associados à produção dessas famílias, de modo a orientar a formação do arranjo físico dos equipamentos em células de manufatura (SÉRIO, 1990)

A AFP consiste basicamente na análise progressiva das informações detalhadas sobre o processo produtivo contidas nas folhas de processo ou bancos de dados disponíveis; que

passam a ser uma premissa para a utilização desta técnica, de forma que se possa obter uma matriz do tipo componente x máquina (GONÇALVES, 1990; SÉRIO, 1990).

As figuras 2.6 e 2.7, exemplificam uma matriz de AFP.

Na figura 2.6 observa-se apenas o resultado tabulado das condições existentes. Já na figura 2.7, observa-se que a matriz inicial foi rearranjada convenientemente, determinando os possíveis arranjos das famílias de peças e células de manufatura. Nesse último caso, verifica-se que podem existir situações que nem sempre possam ser enquadradas pelas regras existentes, neste caso tem-se os chamados “elementos de exceção”.

Número da peça																														
Máq.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	X		X																	X			X		X					
B		X					X			X		X	X					X						X			X			
C	X		X		X										X		X													X
D		X					X					X	X																	
E								X						X		X														
F								X						X		X			X			X					X			
G	X		X		X										X		X			X			X							
H	X		X		X										X		X			X			X		X					X
I								X						X					X			X					X			
J								X						X		X			X			X					X			
K				X		X			X		X										X							X		X
L				X		X			X		X										X									
M		X										X	X											X						
N		X					X			X		X	X					X						X			X			
O				X		X			X		X										X							X		X
P				X		X			X		X										X							X		X
Q	X		X		X										X		X			X			X		X				X	
R		X								X		X	X					X						X						
S				X		X			X		X										X							X		X
T								X						X					X			X	X			X				

Figura 2.6 -Matriz Componente X Máquina original (GONÇALVES, 1990)

Número da peça																														
Máq.	2	12	13	24	27	7	10	18	1	3	5	15	17	20	23	25	29	4	6	9	11	21	28	30	8	14	19	22	26	16
B	X	X	X	X	X	X	X	X																						
D	X	X	X	X	X	X																								
M	X	X	X	X	X	X																								
N	X	X	X	X	X	X	X	X																						
R	X	X	X	X			X	X																						
A									X	X				X	X	X	X													
C									X	X	X	X	X				X													
G									X	X	X	X	X	X	X															
H									X	X	X	X	X	X	X	X	X													
Q									X	X	X	X	X	X	X	X	X													
K																		X	X	X	X	X	X	X						
L																		X	X	X	X	X								
O																		X	X	X	X	X	X	X						
P																		X	X	X	X	X	X	X						
S																		X	X	X	X	X	X	X						
T															⊗										X	X	X	X	X	
E																									X	X				X
F																									X	X	X	X	X	X
I																									X	X	X	X	X	
J																									X	X	X	X	X	X

⊗ Elemento de Exceção

Figura 2.7 -Matriz Componente X Máquina rearranjada (GONÇALVES, 1990)

Apesar do princípio da AFP ser muito simples, o aspecto da análise matricial para a obtenção de um arranjo adequado, está sujeito a fatores restritivos quanto ao volume de equipamentos e componentes a serem analisados e manipulados, uma vez que com um maior número de elementos, as matrizes começam a se tornar muito complexas e consequentemente de difícil resolução, mesmo com recursos computacionais.

Outra consideração importante é o fato de que sendo a AFP uma técnica baseada no processo de produção dos componentes e não necessariamente considerar os gargalos ou restrições da produção e os chamados elementos de exceção podem prejudicar a eficiência do fluxo da produção.

A metodologia original da AFP consiste em algumas etapas (SÉRIO, 1990):

- Análise de Fluxo entre Departamentos;
- Análise de Grupos;
- Análise de Linha;
- Análise de Ferramental

Em razão de não se tratar de uma técnica a ser explorada no desenvolvimento do modelo proposto neste trabalho, essas etapas não serão tratadas.

Têm-se reportado vantagens e desvantagens na utilização da AFP, que são descritas a seguir (GONÇALVES, 1990; SÉRIO, 1990):

Vantagens:

- Exigência mínima de alterações no sistema tradicional e baixos custos iniciais;
- Possibilita implantação imediata e resultados a curto prazo;
- É um método simples e de fácil compreensão, manipulação e utilização pelos usuários;
- Pode funcionar como banco de dados tecnológico e permite a padronização e informatização do fluxo da produção.

Desvantagens:

- Depende diretamente da precisão e confiabilidade dos dados de entrada e informações de processos, que devem traduzir a situação real do processo;
- Não permite a perfeita integração entre projeto, fabricação e demais departamentos;
- Restrições ao volume de peças e equipamentos a serem analisados matricialmente por algoritmos de agrupamento (*Cluster Analysis*);
- Pode dificultar a visualização da flexibilidade dos equipamentos disponíveis, já que vários equipamentos podem ser utilizados para a fabricação de um mesmo componente.

2.2.2.4- Classificação e Codificação

A Classificação e Codificação é uma técnica cujo objetivo é classificar componentes semelhantes, a partir de parâmetros ou características pré-definidas, os quais serão caracterizados pelos códigos obtidos e a partir de então tem-se a possibilidade de se determinar as famílias de peças ou células de manufatura para os componentes codificados (CHANG & WYSK, 1985; HAM *et al*, 1985; KUSIAK, 1990).

Além de auxiliar a formação de famílias de peças e células de manufatura, os chamados Sistemas de Classificação e Codificação (SCC), também auxiliam as organizações industriais uma forma abrangente no aumento na eficácia do sistema produtivo, auxiliando diversas áreas como projeto, planejamento, compras, custos, etc (HYDE, 1981; GROOVER & ZIMMERS, 1984).

Os primeiros estudos reportados sobre SCC não foram desenvolvidos com o objetivo de ser uma ferramenta a ser aplicada em Tecnologia de Grupo propriamente, mas foram desenvolvidos independentemente com objetivos distintos e apenas posteriormente demonstrou-se serem uma importante ferramenta quando aplicados à TG. Dessa forma os

SCC são eficientes, por exemplo, na identificação de componentes e processos já utilizados, recuperação de informações disponíveis, formação de um bancos de dados comum, etc.

Basicamente os SCC, aplicados à TG, podem ser definidos nos seguintes tipos (CHANG & WYSK, 1985; HAM *et al*, 1985; KUSIAK,1990):

- monocódigos ou códigos hierárquicos;
- policódigos ou códigos não hierárquicos (*Chain type*);
- códigos híbridos ou mistos.

Os monocódigos ou códigos hierárquicos são formados de modo que cada dígito seja dependente do precedente, impedindo que os mesmos sejam interpretados independentemente.

A principal vantagem de um monocódigo é o fato de permitir armazenar um grande volume de informações num código relativamente pequeno.

Porém deve-se considerar a dificuldade em codificar e interpretar os componentes através dos códigos hierárquicos.

Alguns exemplos de monocódigos são os sistemas BRISCH (Inglaterra), DCLASS (Brigham Young University - EUA) (CHANG & WYSK, 1985; HAM *et al*, 1985; KUSIAK,1990).

A figura 2.8, a seguir, ilustra a estrutura do monocódigo DCLASS.

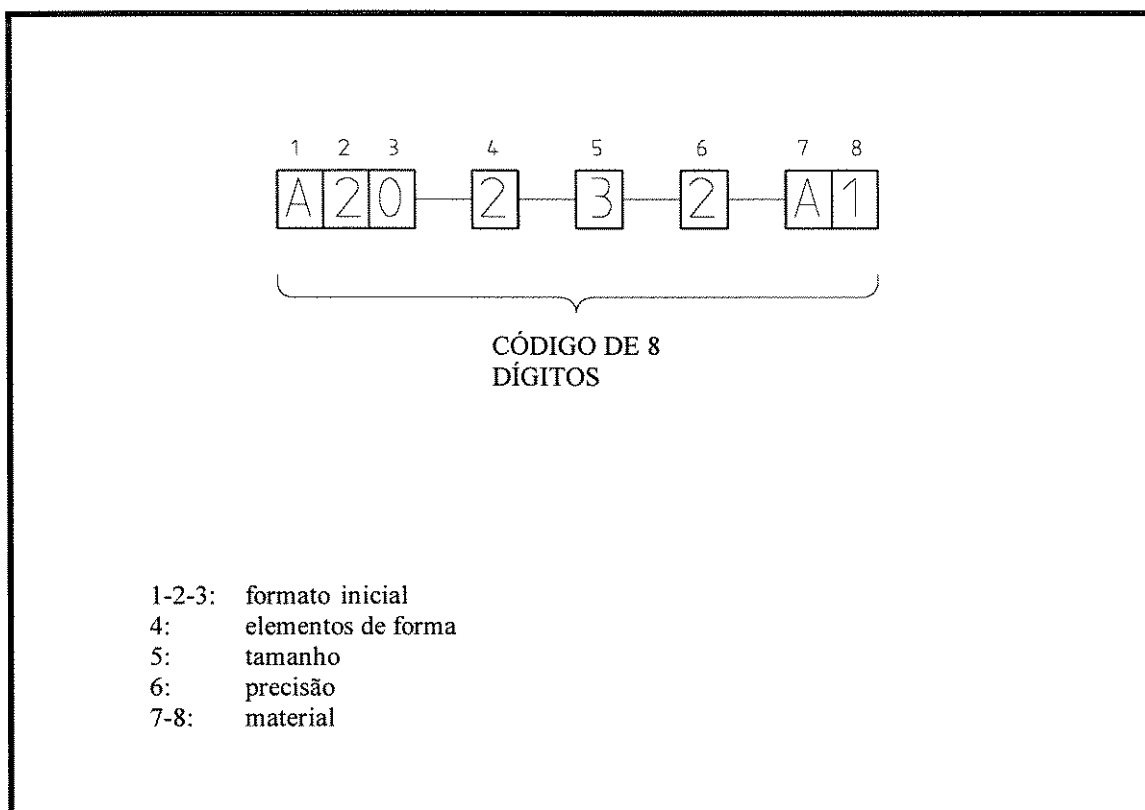


Figura 2.8 -Estrutura do monocódigo DCLASS (Adaptado de CHANG & WYSK,1985)

Os policódigos apresentam a característica inversa aos monocódigos, ou seja, cada dígito que os compõem contém uma informação independente dos demais.

Essa característica facilita sua composição e interpretação, porém possuem menor capacidade de armazenamento de informações, exigindo maior quantidade de dígitos para formar um código que atenda adequadamente a todas as necessidades.

Alguns exemplos de policódigos são o sistemas ALLIS CHALMERS (EUA) e MICLASS (TNO, Holanda), cuja estrutura básica pode ser observada na figura 2.9, a seguir.

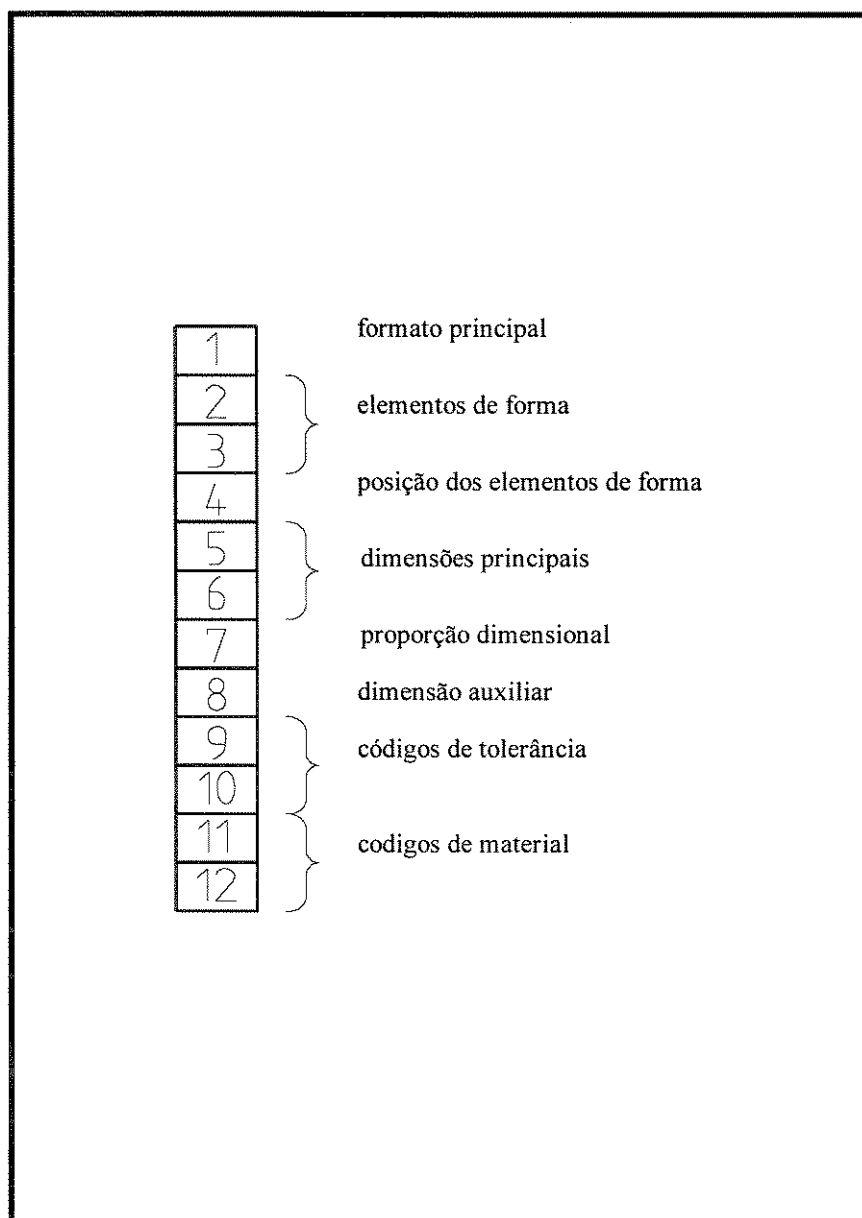


Figura 2.9 -Estrutura do policódigo MICLASS (Adaptado de CHANG & WYSK, 1985).

Os códigos híbridos ou mistos são basicamente a união de monocódigos e policódigos , formando uma estrutura que apresente as características de ambos num único código.

Isso faz com que um código seja mais flexível às necessidades em particular de uma empresa ou organização qualquer.

A maioria dos SCC conhecidos podem ser classificados como sistemas híbridos, como por exemplo VUSTE (ex-Tchecoslováquia), VUOSO (ex-Tchecoslováquia), OPTIZ (Alemanha), etc (KAMRANI & PARSAEI, 1993).

A figura 2.10 mostra a estrutura do código OPTIZ, como exemplo de SCC de estrutura híbrida

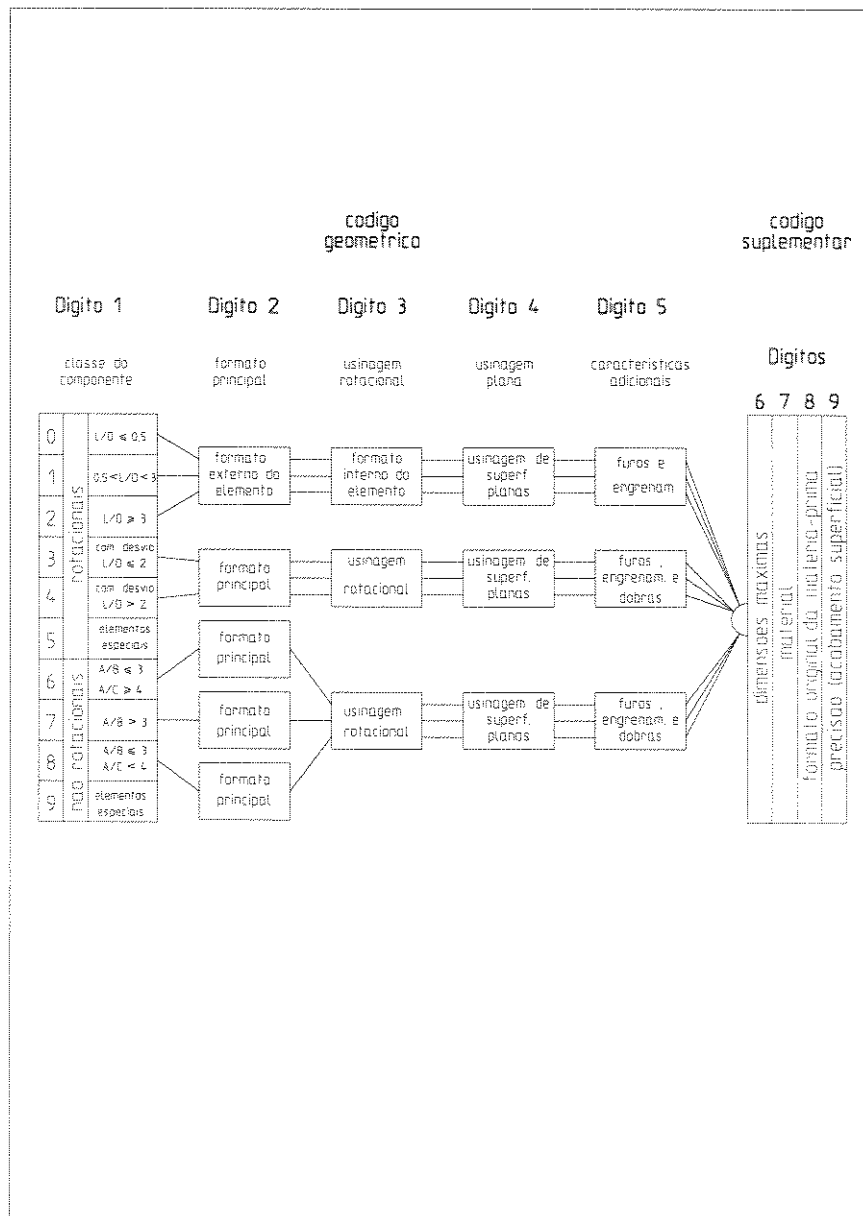


Figura 2.10 - Estrutura do código OPTIZ (adaptado de GROOVER & ZIMMERS, 1984)

Uma consideração importante é que muitas vezes um SCC pode auxiliar de forma bastante eficiente a implantação de sistemas CAD/CAM e CAPP (*Computer Aided Process Planning* - Planejamento do Processo Assistido por Computador), e também de forma inversa torna-se evidente a integração das áreas de projetos, planejamento e manufatura através desses sistemas (HYDE, 1981; GROOVER & ZIMMERS, 1984; HAM *et al.*, 1985).

Tem-se reportado algumas características referentes à utilização de SCC, que podem ser verificadas a seguir (TATIKONDA & WEMMERLÖV, 1992; ALTING & ZHANG, 1994):

Vantagens:

- Permite a formação de um banco de dados tecnológico, facilitando a recuperação de informações técnicas (*Data Retrieval*) e a integração de departamentos;
- Facilita a padronização de ferramental, diminuindo custos operacionais;
- Agiliza tempos de projeto, planejamento, fabricação, compras, orçamentos, etc;
- Possibilita a análise e o controle mais consistente do processo produtivo;
- Pode ser aplicado a um volume muito grande de componentes.

Desvantagens:

- Obtenção de resultados a médio e longo prazo;
- Dificuldades para adotar, adaptar ou criar um código adequado às necessidades específicas de uma empresa;
- Necessidade de treinamento em diversas áreas para permitir a manipulação e interpretação dos códigos.
- Necessidade de grande envolvimento e esforços de todas as áreas para que se obtenha a integração eficiente entre elas.

2.3- Planejamento do Processo

2.3.1-Introdução

A atividade de Planejamento do Processo envolve uma série de tarefas, cujo objetivo principal é ser o elo de ligação entre as áreas de Projeto do Produto e a Manufatura.

STEUDEL (1984), define as tarefas de Planejamento do Processo como “a tradução das especificações de projeto de um componente, a partir de um desenho de engenharia, para as operações de manufatura necessárias para converter uma peça desde a matéria-prima até o produto acabado”.

O Planejamento do Processo é uma atividade muito comum, principalmente em indústrias que operam com pequenos lotes de produção ou componentes discretos, como no setor metal-mecânico, por exemplo.

De forma geral as tarefas compreendidas pelo Planejamento do Processo podem ser sumarizadas na seguinte sequência (BATOCCHIO, 1992) :

- Seleção das peças em bruto;
- Seleção dos processos de fabricação;
- Seleção do ferramental e equipamentos;
- Determinação das condições e parâmetros do processo;
- Sequenciamento das operações;
- Seleção de instrumentos de medição;
- Determinação de dimensões ou tolerâncias intermediárias;
- Determinação dos tempos de fabricação;
- Edição dos roteiros de fabricação.

É justamente nessa última tarefa, os roteiros de fabricação, também chamados de folhas de processo, planos de fabricação, etc, que se concentram todas as informações referentes à fabricação e/ou montagem dos componentes ou produtos da empresa.

Dessa forma, pode-se afirmar que esses roteiros de fabricação, juntamente com os desenhos de engenharia, contém grande parte da tecnologia e conhecimento de uma empresa, o que denota sua importância para as mesmas.

Existem basicamente três abordagens, ou técnicas, para se realizar o Planejamento do Processo (STEUDEL, 1984; CHANG & WYSK, 1985; KUSIAK, 1990), que são citadas a seguir:

- Manual ou tradicional;
- Variante;
- Generativo.

Na abordagem tradicional, o que se observa é a execução das folhas de processos, pelo processista, segundo as necessidades da empresa e principalmente baseado na experiência e conhecimento do profissional. Atualmente a utilização dessa metodologia simplificada tende a ser reduzida nas empresas com um nível razoável de organização e tecnologia, pois muitos sistemas assistidos por recursos computacionais estão mais acessíveis no mercado (ALTING & ZHANG, 1994). Além disso há que se considerar como fator principal a ineficiência que essa técnica pode causar à empresa, como pôde ser observado pela figura 2.7 (item 2.2.2.4), apresentada anteriormente.

Em razão do exposto, o presente trabalho irá enfatizar com mais propriedade as abordagens variante e generativa, acrescentando o conceito de CAPP (*Computer Aided Process Planning* - “Planejamento do Processo Assistido por Computador”), de uma forma diferenciada das últimas abordagens. Essas abordagens e conceitos são descritos nos próximos itens do trabalho.

2.3.2- Planejamento variante

A abordagem Variante para o Planejamento do Processo baseia-se fortemente nos conceitos de Tecnologia de Grupo, mais precisamente no conceito de Família de Peças (BATOCCHIO, 1992; Mc MAHON & BROWNE, 1993).

Sendo assim, é elaborado um roteiro de fabricação padrão que atenda as necessidades comuns dos componentes que fazem parte da família de peças. Visto que esses componentes são semelhantes, analogamente os roteiros de fabricação também deverão ser bastante semelhantes e sofrer apenas algumas alterações para se adequarem às necessidades reais da manufatura.

Esses roteiros e as informações referentes às famílias de peças devem estar disponíveis numa base de dados comum, geralmente assistida por recursos computacionais, de forma a permitir a recuperação das informações armazenadas. O conceito de Sistema de Classificação e Codificação (SCC), mencionado no item 2.2.2.4, por exemplo, passa a ser uma ferramenta bastante útil para armazenar essas informações nessa base de dados.

A utilização da abordagem Variante para o Planejamento do Processo pode incorrer em vantagens e desvantagens, que são citadas a seguir (STEUDEL, 1984; CHANG & WYSK, 1985; BATOCCHIO, 1992):

Vantagens:

- Drástica economia de tempo na elaboração de novos roteiros;
- Redução de ocorrência de erros sistemáticos de processo;
- Repetição de soluções conhecidas;
- Padronização de procedimentos.

Desvantagens:

- O sistema ainda depende fortemente da experiência do processista;
- O sistema corre o risco de perpetuar erros sistemáticos ou práticas ineficientes;
- Necessidade de revisão de parâmetros de processo em função da aquisição de novos equipamentos ou tecnologias mais avançadas, ao longo do tempo;

2.3.3-Planejamento generativo

A abordagem Generativa para o Planejamento do Processo, ao contrário da abordagem variante, busca a obtenção de roteiros de fabricação de acordo com a necessidade real de manufatura, independente de roteiros ou soluções existentes.

Nesse caso, o sistema baseia-se fortemente em recursos computacionais e conceitos de Inteligência Artificial (BATOCCHIO, 1992), de modo a permitir o reconhecimento de informações existentes, em função das necessidades requeridas, viabilizando a lógica de decisão para que possam ser processadas automaticamente, sem a necessidade de intervenção humana.

A utilização da abordagem Generativa para o Planejamento do Processo pode incorrer em vantagens e desvantagens, que são citadas a seguir (STEUDEL, 1984; CHANG & WYSK, 1985; BATOCCHIO, 1992):

Vantagens:

- Rapidez na geração automática de roteiros de fabricação;
- Facilidade de planejamento de novos componentes ou produtos;
- Permite interface automática com o sistema de manufatura;
- Pode-se utilizar informações de um objeto modelado em CAD.

Desvantagens:

- Dificuldade em transformar as informações de produto e de processo num formato que possa ser identificado pelo sistema;
- Dificuldade em identificar a lógica de decisão do processo;
- Definição de um formato da base de dados compatível com as interfaces que o utilizarão.

Uma observação importante a fazer quanto a abordagem Generativa é que, segundo a afirmação de alguns autores, o estado-da-arte em Planejamento do Processo ainda não atingiu o nível de autonomia pregado pela mesma, porém existem situações próximas, com uma série de vantagens tecnológicas incorporadas e um baixo nível de dependência de intervenção humana que pode ser denominado de abordagem “Semi-generativa” (ALTING & ZHANG, 1994).

Além disso, pode-se afirmar que é justamente nos trabalhos e pesquisas em ferramentas que permitissem a viabilização do Planejamento do Processo Generativo, que se permitiu justificar e alavancar o desenvolvimento da metodologia de modelamento baseado em *features*, que será abordado no item 2.5.

Dentro desse contexto, podem ser citados trabalhos recentes como os de BEN-ARIEH & CHOPRA (1997), DONG & VIJAYAN (1997), GU *et al.* (1997) e ÖZTÜRK *et al.* (1996), cujos objetivos específicos referem-se a atividades típicas de Planejamento do Processo segundo a abordagem generativa, como a geração automática de programas CNC, lógicas de decisão e definição de sequências de fabricação.

2.3.4-Planejamento auxiliado por computador

Em razão da forte utilização e importância dada ao termo CAPP (*Computer Aided Process Planning* - “Planejamento do Processo Assistido por Computador”) na literatura, preferiu-se abrir um parêntese no presente trabalho para citá-lo, independente das abordagens anteriores.

O termo CAPP vem sendo utilizado com muita intensidade principalmente a partir das décadas de 70 e 80, juntamente com a rápida expansão de oferta e utilização de outros sistemas assistidos por computadores como CAD (*Computer Aided Design* - “Projeto Assistido por Computador”) e CAM (*Computer Aided Manufacturing* - Manufatura Assistida por Computador”) e trabalhos independentes publicados, entre outros.

Na verdade pode-se dizer que o CAPP é uma evolução do conceito de Planejamento do Processo enquanto ferramenta de trabalho, que passa a beneficiar com mais propriedade dos recursos disponibilizados pela utilização cada vez mais eficaz da tecnologia microeletrônica aplicada ao ambiente industrial, bem como a exploração de informações disponíveis no sistema de manufatura e que devido ao seu formato eletrônico podem ser acessadas com uma facilidade jamais imaginada há algumas décadas (ALTING & ZHANG, 1994).

Conceitualmente pode-se afirmar que o CAPP não é uma abordagem diferenciada da variante ou da generativa, mas sim altera positivamente o formato dessas abordagens de forma a provocar uma melhora significativa da eficácia dos sistemas de planejamento do processo.

A tabela 2.1 a seguir fornece algumas referências de sistemas CAPP, introduzidos inicialmente e encontrados na literatura, que consolidaram a utilização do termo junto aos ambiente industrial e acadêmico (CHANG & WYSK, 1985; KUSIAK, 1990; ALTING & ZHANG, 1994).

Denominação	Ano	Entidade
CAPP	1976	Mc Donnel Douglas / CAM-I (USA)
MIPLAN	1980	OIR - Organization for Industrial Research (USA)
AUTAP	1980	Technical University of Aachen (Alemanha)
AUTOPLAN	1981	Metcut Research Associates (USA)
TIPPS	1982	Virginia State University (USA)

Tabela 2.1 - Exemplos de sistemas CAPP

De uma forma geral o que é importante destacar é que ao se aprofundar as pesquisas no âmbito de CAPP, pôde-se visualizar uma relação de integração entre os sistemas CAD e CAM de forma muito mais inteligente, valendo-se da utilização de várias técnicas, como lógica nebulosa (*fuzzy logic*), redes neurais (*neural network*), *features* e outras técnicas relacionadas à Inteligência Artificial, que permitiram uma maior integração os sistemas assistidos por recursos computacionais (ALTING & ZHANG, 1994), propiciando uma série de vantagens ao sistema de manufatura, conforme já mencionado anteriormente.

2.4- Introdução ao modelamento CAD

2.4.1-Introdução e histórico

O objetivo desse item do trabalho é introduzir alguns conceitos básicos sobre uma das formas de modelamento geométrico através de recursos computacionais, que convencionou-se chamar de modelamento CAD. Esses conceitos se fazem necessários, uma vez que a proposta do modelo desenvolvido neste trabalho, baseiam-se na utilização de um ambiente de projeto assistidos por um sistema CAD.

Apesar de constantemente a literatura referenciar o termo CAD/CAM e em muitas aplicações as fronteiras entre CAD e CAM não sejam necessariamente tão visíveis ou importantes, o termo CAM (“Computer Aided Manufacturing” - Manufatura Assistida por Computador) especificamente não será abordado neste trabalho, uma vez que pretende-se centralizar o modelo aplicado num ambiente de projeto e uma das formas que este poderia contribuir para a integração das informações geradas com outras áreas.

Atualmente o termo CAD é amplamente difundido no ambiente industrial com o significado de “Computer Aided Design” (Projeto Assistido por Computador). Basicamente, pode-se conceituar CAD como uma tecnologia que se utiliza de computadores e informações digitais para representar e executar funções de projeto e engenharia (GROOVER & ZIMMERS, 1984; Mc MAHON & BROWNE, 1993).

Vários autores descrevem o histórico do surgimento da tecnologia CAD a partir de uma série de projetos independentes iniciados no final da década de 50 nos Estados Unidos, mais precisamente no MIT (“Massachusetts Institute of Technology”), juntamente com o projeto de desenvolvimento da linguagem APT (“Automatically Programmable Tools”), para definir elementos para programação de máquinas através de computadores, que posteriormente convergiu para o que atualmente se denomina CNC (“Computerized Numerical Control”).

Já no final da década de 60 já existiam aplicações comerciais disponíveis que utilizavam a tecnologia CAD (GROOVER & ZIMMERS, 1984), sendo que somente a partir da década de 80 houve uma disseminação mais forte na utilização desses sistemas (REMBOLD *et al.*, 1993), em razão de vários fatores, como o desenvolvimento acelerado da microeletrônica aplicada, que reduziu o custo dos componentes e multiplicou a velocidade e a capacidade de processamento de informações.

2.4.2-Modelamento CAD

O termo “modelamento CAD”, adotado neste trabalho, é a forma utilizada para designar uma atividade de representação de um modelo geométrico através de um sistema CAD. Essa representação pode ser gráfica, em forma de desenhos de Engenharia como na maioria das aplicações, ou também na forma de um modelo que contenha as informações necessárias à interpretação do objeto modelado.

O modelamento CAD é uma atividade inserida no contexto de um projeto, podendo muitas vezes ser caracterizada apenas como uma fase de desenho ou representação gráfica do objeto modelado.

Na verdade o modelamento CAD pode assumir uma função mais nobre e inteligente num ambiente de manufatura, quando sua função não está vinculada simplesmente à representação gráfica de um objeto, mas por exemplo a outras aplicações como, análise estrutural através do método de Elementos Finitos, análise cinemática dos movimentos, verificação de interferências entre conjuntos, etc. Além disso o mesmo modelo CAD utilizado para representar um objeto pode servir como base para aplicações de CAM e CAPP.

É justamente esse conceito de Modelamento CAD de uma forma mais inteligente que uma simples ferramenta de desenho, que orienta sua utilização na ambiente de manufatura para uma função estratégica como ferramenta para integração de informações.

GROOVER & ZIMMERS (1984) apresentam um esquema onde pode ser observada a interação entre várias atividades para a representação de um modelo geométrico até obter o modelo CAD ou desenho automático. Deve ser observado que o termo “modelamento CAD” não é explícito neste esquema, podendo ser visualizado em mais de uma das atividades apresentadas.

Esse esquema é apresentado a seguir na figura 2.11.

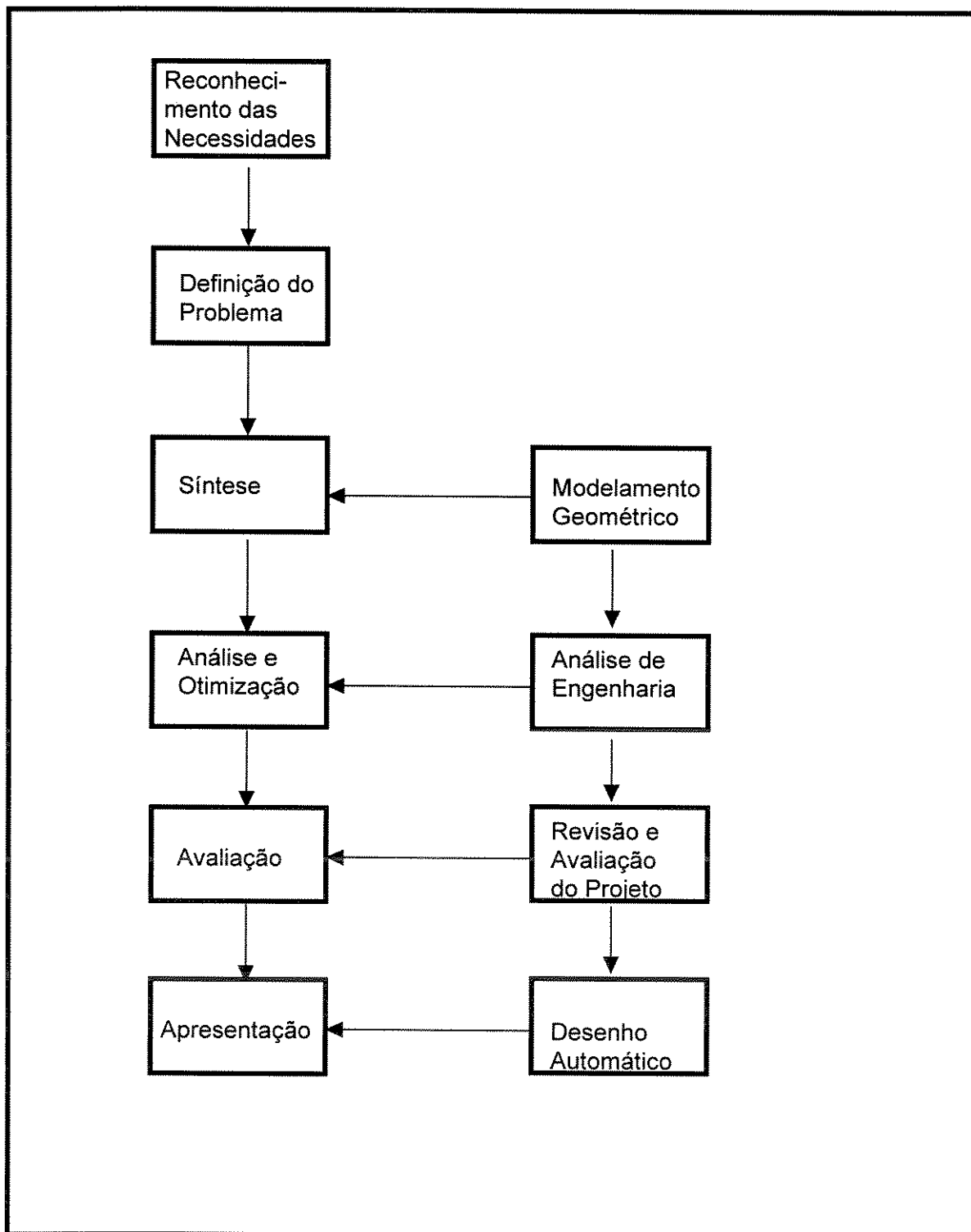


Figura 2.11 - Interação entre modelamento geométrico e as atividades de projeto (GROOVER & ZIMMERS, 1984)

2.4.3- Métodos de representação de objetos

De uma forma generalizada, vários são os métodos utilizados com o objetivo de representação de um modelo real, uma vez que nem sempre é possível utilizar o próprio modelo físico.

Uma fotografia, um esboço à mão livre ou um texto descritivo, podem ser considerados métodos de representação de objetos.

Representação de modelos geométricos através de árvores, grafos, operações lógicas (Booleanas), entre outros também são formas de representação gráfica de objetos.

No ambiente industrial, a técnica mais conhecida de representação de objetos é através dos desenhos de engenharia e formalmente denominada “geometria descritiva”. A introdução da geometria descritiva é atribuída ao engenheiro francês Gaspard Monge (1746-1818), e consiste em representar num plano bidimensional (2D), as projeções ortogonais de um objeto real (Mc MAHON & BROWNE, 1993).

A partir desse método foram desenvolvidas várias normas técnicas específicas para a utilização no ambiente industrial.

No contexto de modelamento CAD também existem técnicas específicas para a representação de objetos, de modo a obter um modelo matematicamente consistente.

Entre essas técnicas o presente trabalho irá descrever a seguir algumas das mais difundidas, a saber:

- *Wire frame;*
- *Boundary representation;*
- *Constructive Solid Geometry.*

2.4.3.1- *Wire frame*

O método *Wire frame* (“estrutura de arame”), é um dos mais conhecidos e utilizados no modelamento geométrico (GROOVER & ZIMMERS, 1984), e consiste na utilização de linhas, arcos, curvas e outras entidades geométricas, que em conjunto irão representar o objeto real. A denominação sugestiva *Wire frame* refere-se ao aspecto visual e como esse modelo é apresentado ao usuário, embora seja possível obter representações mais amigáveis a partir da utilização de algoritmos específicos.

A figura 2.12 a seguir ilustra um objeto modelado através do método *Wire frame*.

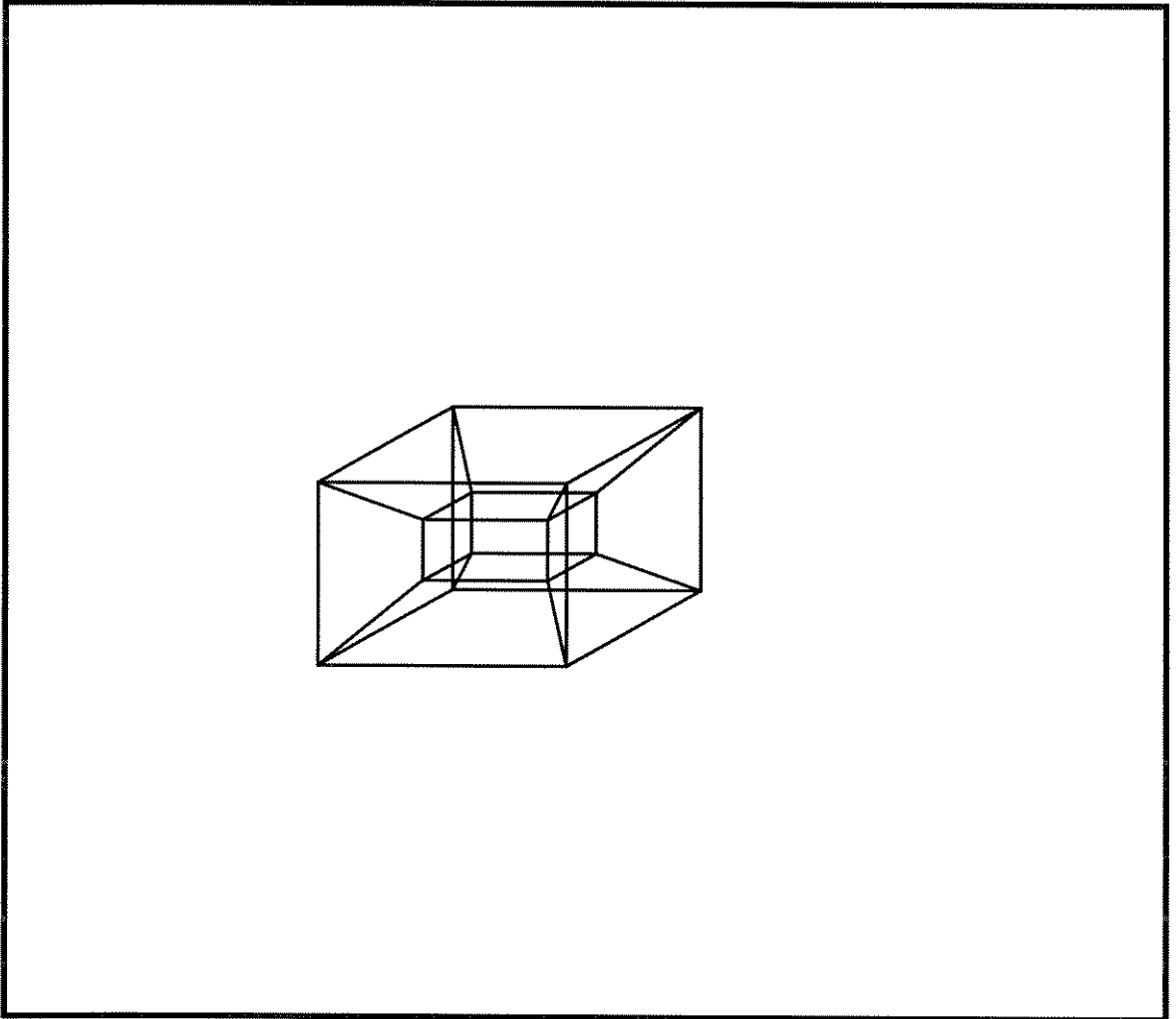


Figura 2.12- Objeto modelado pelo método *Wire Frame* (GROOVER & ZIMMERS, 1984).

O método *Wire frame* pode ser utilizado tanto na representação em 2D e 3D.

Além disso existem sistemas CAD que oferecem possibilidades de visualizar o objeto com opções de sombreamento (“shading”), porém arquivam as informações no computador como modelo *Wire frame*. Também existem sistemas CAD que oferecem opções de

ocultar automaticamente as linhas sobrepostas de forma a melhorar a apresentação do modelo ao usuário.

O método *Wire frame* apresenta vantagens e desvantagens, que são citadas a seguir (GROOVER & ZIMMERS, 1984, CHIYOKURA, 1988, Mc MAHON & BROWNE, 1993):

Vantagens:

- É uma representação natural para usuários acostumados com desenhos de engenharia;
- O armazenamento das informações no computador é bastante simples e ocupa pouca memória;
- A recuperação das informações armazenadas e interface com o usuário é bastante rápida, pois ocupa pouca memória do computador;
- Permite definição clara para a maioria das aplicações.

Desvantagens:

- Podem ocorrer ambiguidade na representação de objetos mais complexos;
- Exige algoritmos ou trabalho adicionais para ocultar linhas sobrepostas, de forma a melhorar a apresentação ao usuário;
- Possui limitada capacidade para o cálculo de propriedades mecânicas.

2.4.3.2- *Boundary representation*

O método *Boundary representation* (“Representação do contorno”), ou mais conhecido como “B-rep”, é normalmente utilizado no modelamento de sólidos (3D) e consiste na representação da geometria do sólido baseado nas informações e relações entre as faces, arestas e vértices que compõem as superfícies do modelo.

A figura 2.13 a seguir ilustra um exemplo de representação do contorno para um objeto, identificando as faces, arestas, vértices e suas coordenadas espaciais, que definem o contorno do mesmo.

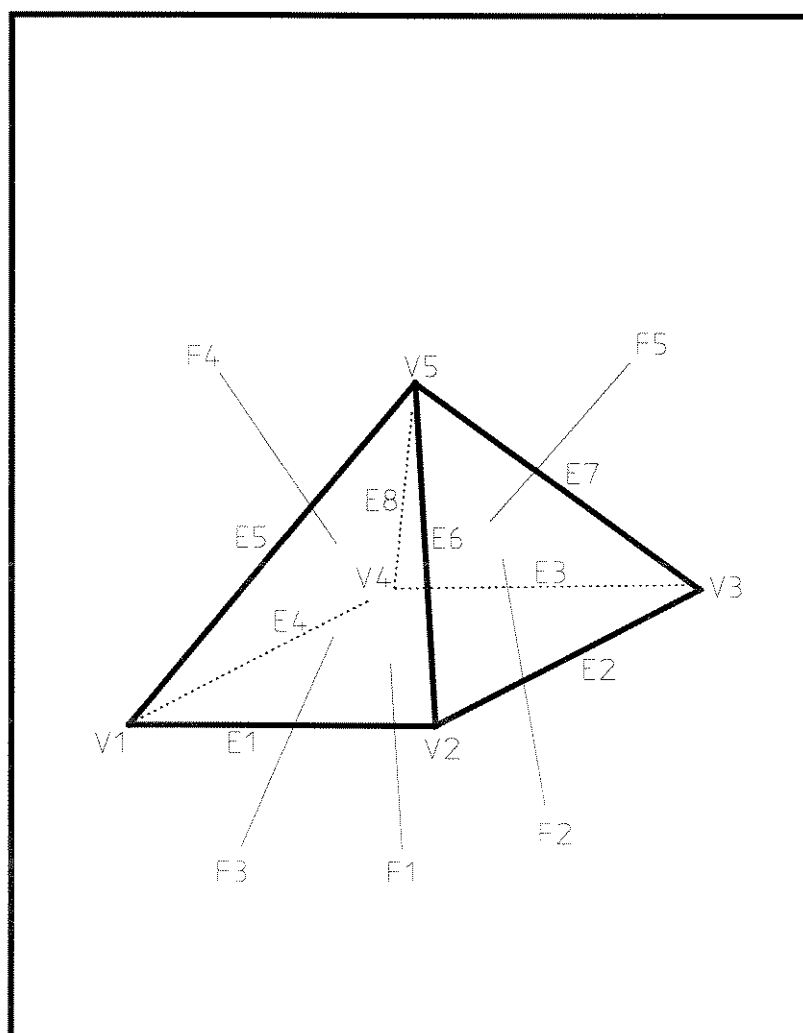


Figura 2.13 - Objeto modelado pelo método *Boundary-Representation* (CHIYOKURA, 1988)

A partir do objeto ilustrado na figura 2.13, são definidas as informações topológicas sobre o mesmo e que podem ser observadas na tabela 2.2 a seguir:

FACES		ARESTAS		VÉRTICES	
face	arestas	aresta	vértices	vértice	coordenadas
F1	E4, E3, E2, E1	E1	V1, V2	V1	x1, y1, z1
F2	E2, E7, E6	E2	V3, V2	V2	x2, y2, z2
F3	E1, E6, E5	E3	V3, V4	V3	x3, y3, z3
F4	E4, E5, E8	E4	V1, V4	V4	x4, y4, z4
F5	E3, E7, E8	E5	V1, V5	V5	x5, y5, z5
		E6	V2, V5		
		E7	V3, V5		
		E8	V4, V5		

Tabela 2.2 - Informações da topologia do objeto modelado (CHIYOKURA, 1988)

As informações geométricas mostradas na tabela 2.2 são arquivadas e constituem o que se denomina “modelo de superfície”. Essas informações nem sempre são eficazes para definir o modelo real, sendo que outros métodos de representação são utilizados para uma melhor definição das informações topológicas do modelo (CHIYOUKURA, 1988).

O método B-rep apresenta vantagens e desvantagens que serão descritas a seguir (GROOVER & ZIMMERS, 1984; CHIYOKURA, 1988; Mc MAHON & BROWNE, 1993):

Vantagens:

- Permite a representação de superfícies complexas, como asas de aviões e partes de carrocerias de automóveis, que seriam impossíveis por outros métodos;
- Necessita de menor tempo de processamento das informações armazenadas para organização da imagem do objeto modelado;
- Permite a conversão de representações *Wire frame* para B-rep, tornando-o compatível com outros sistemas existentes.

Desvantagens:

- Requer mais espaço em memória para armazenamento das informações;
- A manipulação dos dados armazenados é bastante complexa;
- Qualquer modificação no sólido original requer muito processamento e dificuldade de manipulação das informações e consequentemente dificuldades ao usuário.

2.4.3.3- *Constructive Solid Geometry*

O método conhecido por *Constructive Solid Geometry* (“geometria construtiva de sólidos”), ou simplesmente “CSG”, é utilizado para a representação de sólidos e consiste na utilização de operações lógicas Booleanas (interseção, união e diferença), para a construção do modelo. O sólido final é obtido a partir de sólidos primitivos que a partir das operações de interseção, união ou diferença, irão constituir os sólidos intermediários e o sólido final.

A figura 2.14 a seguir ilustra um sólido obtido a partir do método CSG e os sólidos primitivos e operações booleanas utilizadas na construção do modelo final.

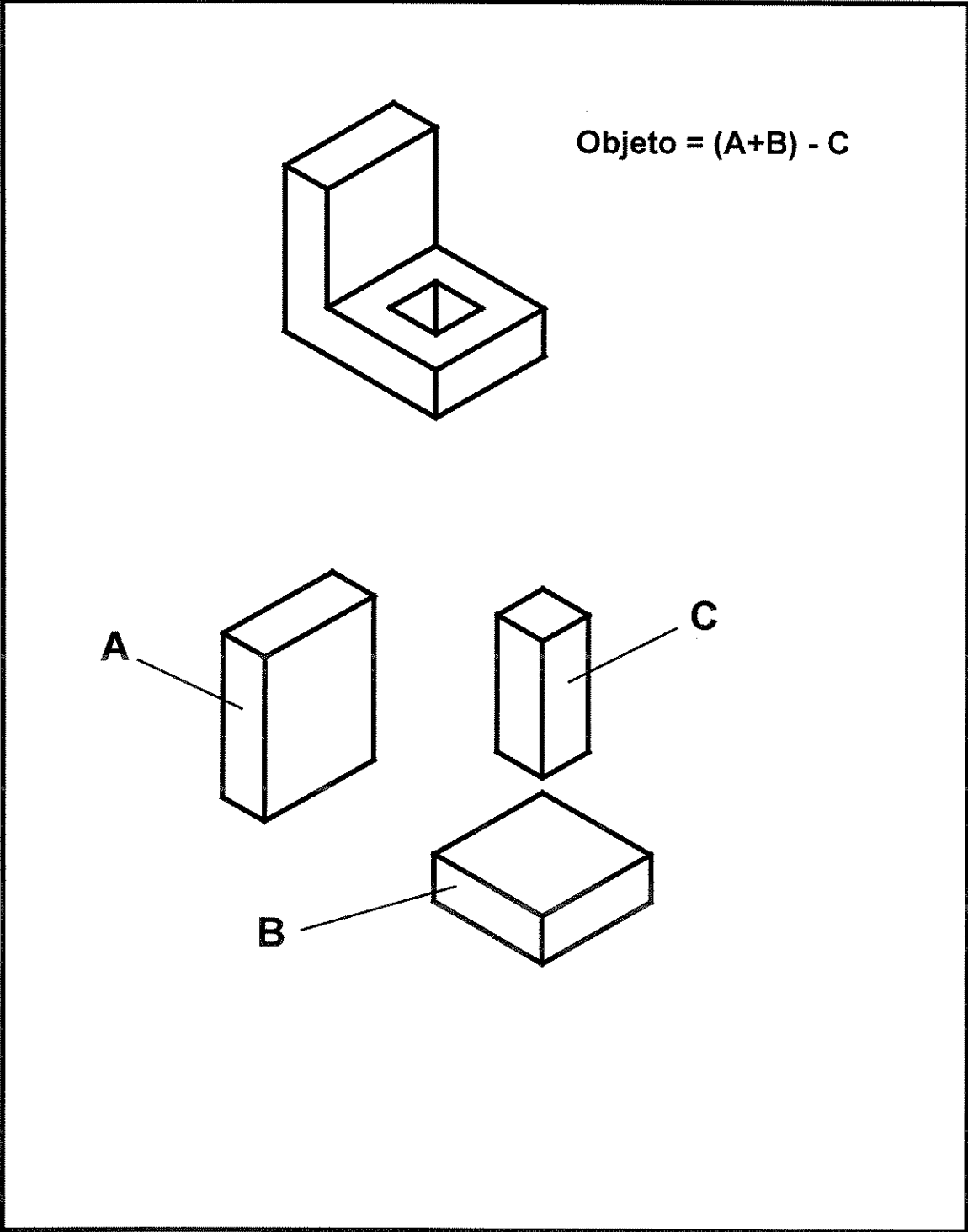


Figura 2.14 - Sequência de modelamento CSG para obtenção de um objeto (Adaptado de CHIYOKURA, 1988)

Ao completar um modelamento utilizando o método CSG, as informações armazenadas no computador correspondem ao histórico de obtenção do sólido final e constituem as chamadas “árvores CSG”, que são representações ordenadas dessas informações, obtidas conforme a sequência do modelamento.

O método CSG apresenta vantagens e desvantagens que serão descritas a seguir (GROOVER & ZIMMERS, 1984, CHIYOKURA, 1988, Mc MAHON & BROWNE, 1993):

Vantagens:

- Possui uma estrutura de dados simples e ocupa pouca memória do computador;
- A representação CSG sempre corresponderá a um sólido validado fisicamente;
- Permite facilmente modificações no objeto final a partir da alteração de algum dos sólidos primitivos diretamente na árvore CSG.

Desvantagens:

- Demanda muito tempo para gerar as imagens, pois necessita processar as informações contidas na árvore CSG;
- É impraticável a obtenção de geometrias complexas a partir de primitivas convencionais;
- As informações obtidas com as árvores CSG podem permitir uma interpretação divergente da realidade.

2.4.4- Padrões para troca de dados

Um aspecto importante a observar na utilização de sistemas CAD para modelamento geométrico refere-se à interface entre os arquivos gráficos gerados e a estrutura de armazenamento e troca de dados existentes.

Em razão da crescente necessidade das empresas trocarem informações, inclusive arquivos gráficos, com clientes e fornecedores através de sistemas informatizados, a eficácia e confiabilidade nessa atividade assume um fator de fundamental importância para os usuários, levando à uma preocupação crescente, por parte de fabricantes, usuários e organizações, a buscarem alternativas padronizadas para troca de dados, de forma que mesmo sistemas de diferentes fabricantes pudessem ser automaticamente intercambiados (McMAHON & BROWNE, 1993; BLOOR & OWEN, 1991).

A partir desse objetivo, foram desenvolvidos vários padrões para troca de dados, entre os quais podem ser citados:

- GKS;
- IGES;
- VDA-FS
- DXF
- STEP

GKS (*Graphical Kernel System*) surgiu como uma das primeiras propostas para padrão de troca de dados, incorporando o uso de pré ou pós-processadores para fazer a conversão dos arquivos.

Posteriormente o IGES (*Initial Graphical Exchange Standard*) surgiu em 1979 como uma proposta dos próprios fabricantes de sistemas CAD e posteriormente foi adotado pela ANSI sendo normatizado pela Y14.26 em 1981. A principal evolução do IGES, se comparado ao GKS, é o fato de utilizar o conceito de arquivo neutro (*Neutral File*), ao invés

de processadores para conversão dos dados. Mesmo assim, uma série de problemas práticos persistiram, sendo que o VDA/FS (*Verband der Automobilindustrie Flächenschnittstelle*), normatizada pela DIN 66301, foi lançado como uma proposta para melhorar essas deficiências (REMBOLD *et al.*, 1993).

O padrão DXF (Design Exchange File), apesar de não ser adotado segundo nenhuma norma internacional, é reconhecido como um dos padrões mais utilizados na prática, em função principalmente da grande aceitação do software AUTOCAD, criado pela empresa Autodesk e que utiliza esse padrão próprio para troca de dados.

O desenvolvimento mais recente para padrões de troca de dados é o STEP, que será brevemente discutido a seguir.

2.4.4.1- STEP

O padrão STEP é a sigla para Standard for Exchange of Product Data (Padrão para troca de dados de produto), sendo que o mesmo é normatizado pela ISO em forma de norma técnica (ISO 10303) em 1984. Os objetivos do STEP são semelhantes aos outros padrões, porém com a proposta de integrar todos os trabalhos já desenvolvidos anteriormente.

Uma melhoria significativa no STEP se comparado ao IGES refere-se ao fato de incorporar um modelo formal para troca de dados baseado na linguagem de programação EXPRESS, que foi desenvolvida especificamente para esse fim. Além de uma melhor sistematização, isso torna os arquivos mais compactos, agilizando o processamento das informações.

Vários autores comentam as vantagens e desvantagens do STEP como padrão, porém ainda não se observa um consenso nessas discussões. Esse fator talvez possa ser influenciado em parte por fabricantes que não se interessam por uma adaptação nessa direção, bem como usuários que podem não se sentir satisfeitos com os resultados obtidos de sua utilização (SHAH & MATHEW, 1991).

Portanto parece ser prematuro afirmar que os objetivos propostos pelo comitê responsável pela sua introdução tenham sido plenamente atingidos, porém é inegável o impacto que o padrão STEP vem causando em termos de propostas de modelos de integração de informações que o utilizam como base. Exemplos de propostas de modelos podem ser verificadas em trabalhos apresentados por EVERSHEIM (1994) e GU (1997), citados nas Referências Bibliográficas.

2.5- Técnicas de modelamento baseado em *features*

2.5.1-Introdução

Desde a introdução dos recursos assistidos por computadores, como a tecnologia CAD, CAM e máquinas CNC, por exemplo, muitos esforços tem sido lançados na busca contínua de uma maior eficiência por parte desses sistemas. Porém, mesmo com a utilização cada vez mais intensa e eficaz da tecnologia microeletrônica aplicada, esses sistemas, ainda que eficientes e produtivos, normalmente permanecem separados no ambiente industrial, dificultando a integração de informações que são geradas ou utilizadas pelos mesmos, pois ainda depende-se fortemente da intervenção humana nas interfaces desses sistemas (GU, 1994).

Assim sendo, pode-se afirmar que a simples automação de recursos, outrora com elevada dependência de intervenção humana, não assegura a eficácia global para a organização, já que a eficiência localizada obtida atualmente em sistemas CAD, CAM e máquinas CNC, onde se concentram a base tecnológica de considerável parte das empresas de manufatura, ainda dependem fortemente de atividades adicionais para dar continuidade ao fluxo das informações que são geradas por esses sistemas e compartilhadas entre si (AGOSTINHO, 1992).

A proposta desse item do trabalho é introduzir o conceito de Modelamento baseado em *Features* (“Feature-based Modeling”) que, segundo tem sido afirmado por inúmeros autores, é uma das formas mais consistentes e que melhores resultados vem obtendo na integração de sistemas CAD e CAM.

Além disso essa discussão irá permitir um melhor entendimento do modelo a ser apresentado no próximo capítulo, que utiliza de uma forma simplificada os conceitos de Modelamento baseado em *Features*.

2.5.2- Conceituação básica

A metodologia de “Modelamento baseado em *Features*” (*Feature-based Modeling*), é uma proposta relativamente recente e ainda em franco desenvolvimento, mas que tem avançado rapidamente nas últimas décadas, principalmente como forma de promover a integração entre os vários elos de um sistema de manufatura, principalmente as áreas de projeto do produto e planejamento do processo (SHAH, 1991; SHEU & LIN, 1993; CUNHA, 1995).

Antes de avançar na discussão sobre as técnicas utilizadas no modelamento baseado em *features*, convém abrir um parênteses para conceituar o que realmente seja uma *feature*, aplicada à manufatura.

Segundo SHAH (1991), *features* “representam o significado de informações de engenharia da geometria de um componente ou conjunto”.

Brown (Mc MAHON & BROWNE, 1993), define *feature* como “qualquer elemento geométrico ou funcional, ou propriedade de um objeto, útil no entendimento da função, comportamento ou performance daquele objeto”.

LAAKO & MÄNTYLÄ (1993), definem *features* como “representando componentes em termos de entidades de alto nível e funcionalmente significantes, como furos, rasgos e canais”.

REMBOLD *et al.* (1993), definem *feature* como “um conjunto de superfícies com especificações das relações de contornos entre elas, que implicam na função definida em termos de engenharia de um objeto”.

CHAMBERLAIN *et al.* (1993), definem que “uma *feature* pode ser generalizadamente descrita como um conjunto de entidades geométricas (faces, arestas, etc) que juntas definem topologia e geometria”.

CUNHA (1995) define que “as Características (*features*) serão entendidas tanto sob o ponto de vista da morfologia da peça (...) como em termos de todos os demais elementos úteis à descrição da mesma”.

Além dessas definições, vários autores propõem uma classificação das *features* segundo sua utilização ou papel que desempenham.

Segundo SHAH (1991), o objetivo básico de se classificar as *features* em grupos, classes ou categorias é o fato de que, dado à infinidade de interpretações que podem ser dadas às *features*, se as propriedades de cada grupo ou família for identificado, seria mais fácil desenvolver recursos e métodos para apoiar cada uma dessas famílias, ao invés de apoiar cada uma das possíveis *features*. A classificação das *features* também poderia chegar a uma proposta de terminologia comum e também servir ao desenvolvimento de padrões para troca de dados.

SHAH (1991), por exemplo, propõe a seguinte classificação para *features*:

- *Features* de Forma (*form features*): “elementos relacionados à geometria nominal”.
- *Features* de Precisão (*precision features*): “desvios aceitáveis da forma ou tamanho nominais”.
- *Features* Tecnológicas (*technological features*): “parâmetros de performance, etc”.
- *Features* de Materiais (*material features*): “composição do material, tratamentos, condições, etc”.
- *Features* de Montagem (*assembly features*): “orientação relativa ao posicionamento das peças, interação entre as superfícies, ajustes, relações cinemáticas”.

Vários autores também propõem outras alternativas de classificação para as *features*, porém com objetivos semelhantes aos citados anteriormente.

Outro aspecto importante na conceituação de *features* é o fato de que o Modelamento baseado em *features* muitas vezes encontra dificuldades em apresentar uma definição comum, mas passa a estar vinculada ao contexto da aplicação (CUNHA, 1995; SCHÜTZER, 1995).

Além dos exemplos mais comuns de aplicações junto às áreas de manufatura em empresas do setor metal-mecânico, pode-se citar trabalhos como de MAKI *et al.* (1997) que, através de sistemas de lógica nebulosa (*fuzzy logics*) e *features* reconhecem entidades a partir de ilustrações à mão livre, aplicados à indústrias japonesas de confecção.

PHAM & WANI (1997) propõem o reconhecimento e avaliação de gráficos de controle (*control charts*) a partir dos conceitos de modelamento baseado em *features*.

DEVARAJAN (1997) utiliza o conceito de modelamento baseado em *features* para identificar e mapear as ferramentas que foram utilizadas no processo de caldeiraria.

SCHÜTZER (1995), expressa o significado específico das informações tecnológicas através de uma classificação das *features* segundo sua utilização.

Essa interpretação pode ser verificada na figura 2.15 a seguir.

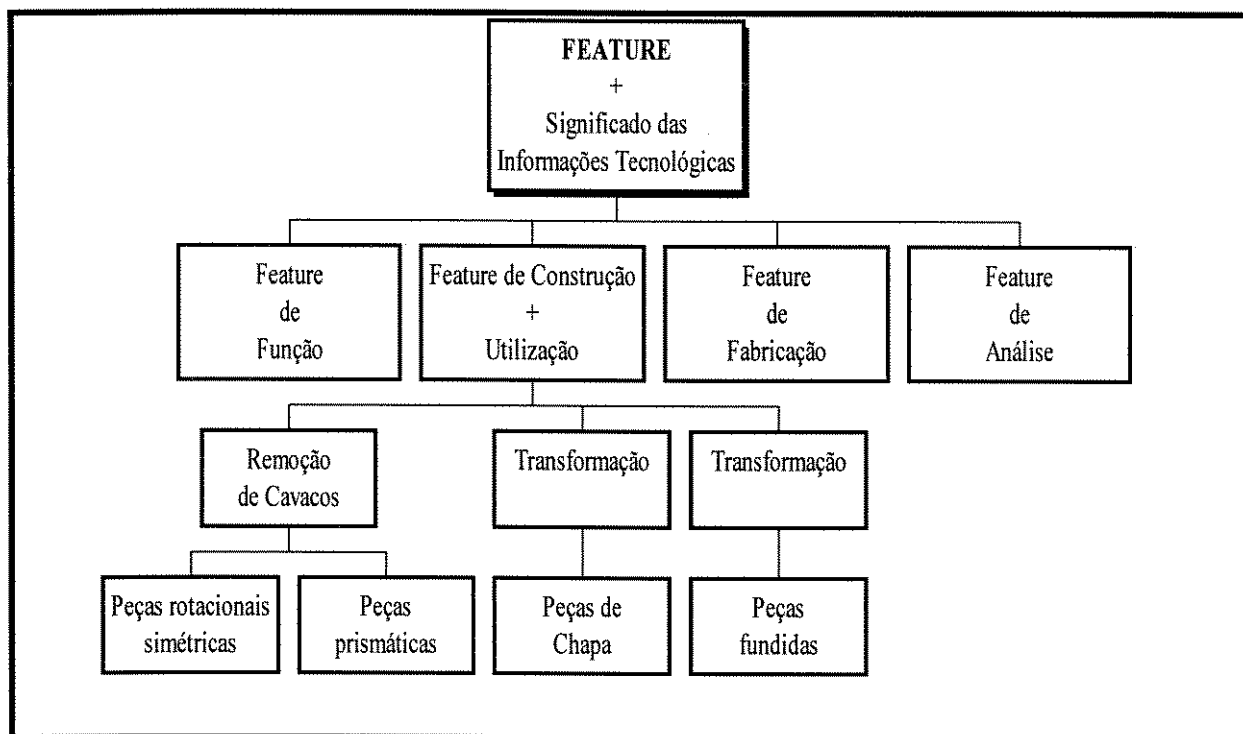


Figura 2.15- Designação para features segundo sua utilização (SCHÜTZER, 1995)

Dentro do contexto do presente trabalho, passa-se a utilizar o conceito de *features* como sendo entidades geométricas definidas que, além dos parâmetros dimensionais (diâmetro, comprimento, coordenadas geométricas, etc), podem conter informações tecnológicas sobre o objeto que se está modelando.

Essas informações tecnológicas podem incorporar uma semântica com dados do processo de manufatura, material, rugosidade, tratamentos superficiais, tolerâncias dimensionais e de forma e posição, etc, que são incorporadas diretamente ao objeto modelado.

Dessa forma, obtém-se um grande avanço sob o enfoque de integração entre sistemas CAD e CAM, pois o objeto modelado através das *features* poderia agregar todas as informações relativas ao produto e também ao processo de manufatura, entre outros, sem a

necessidade de representações intermediárias, como os desenhos de engenharia, por exemplo.

Apesar dessa metodologia ser teoricamente consistente e robusta, segundo tem sido relatado por vários autores, ainda existe uma série de restrições a superar, bem como um vasto campo a ser explorado e desenvolvido para que na prática possa-se utilizar das vantagens mencionadas (SHAH, 1991; McMAHON & BROWNE, 1993, CUNHA, 1995).

Mesmo com essas restrições, no final da década de 80 já era possível encontrar modeladores CAD, que se utilizavam dessa tecnologia, sendo comercializados por várias empresas de *software*, o que denota vantagens práticas na exploração de seus recursos (SHAH, 1991).

PEDRA (1997) afirma que mesmo com a defasagem que os modeladores baseados em *features* apresentam em relação às reais necessidades dos usuários de aplicações industriais, os mesmos recursos representam “um passo tecnológico irreversível” quando comparados aos sistemas convencionais de modelamento CAD.

Apesar de haver algumas variações na literatura sobre a nomenclatura e as definições para essas técnicas, pode-se citar como sendo três, as técnicas mais conhecidas e que tem produzido mais expectativas em termos de desenvolvimento futuro (SHAH, 1991; CHAMBERLAIN *et al.*, 1993; GU, 1994; SCHÜTZER, 1995), que são citadas a seguir:

- Definição interativa de *Features*;
- Reconhecimento automático de *Features*;
- Projeto baseado em *Features*.

A primeira técnica consiste basicamente na identificação manual pelo usuário, durante o modelamento do objeto, em agrupar as entidades necessárias para a definição de uma determinada *feature* (SHAH, 1991).

Segundo SCHÜTZER (1995) essa técnica pode ser utilizada tanto em modelos CSG ou B-rep, mas face ao atual desenvolvimento dos

modeladores não representa mais um grande significado no Modelamento baseado em *features*.

As duas últimas técnicas são as que tem demonstrado maior eficácia para o Modelamento baseado em *features*(GU, 1994; SCHÜTZER, 1995) O princípio básico dessa técnicas é ilustrado a seguir na figura 2.16.

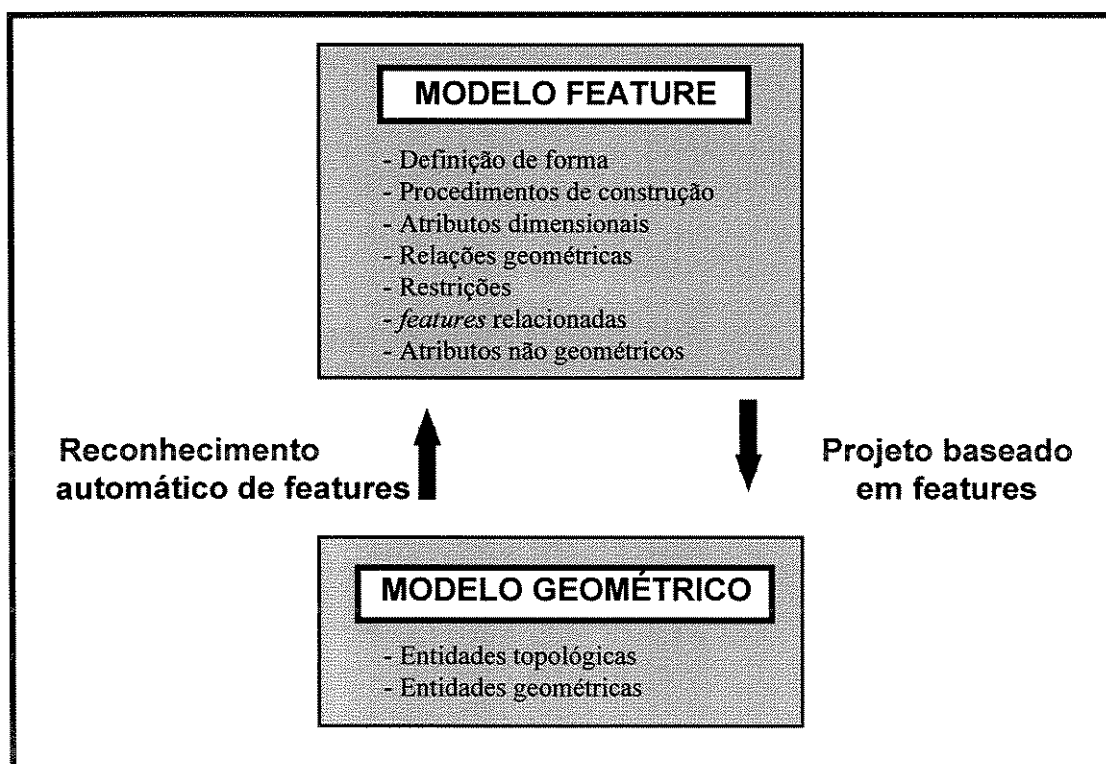


Figura 2.16- Características das técnicas de Modelamento baseado em Features (Adaptado de SCHÜTZER, 1995)

Algumas propostas de aplicações de Modelamento baseado em *Features* também mencionam abordagens híbridas, contemplando as vantagens inerentes às duas abordagens distintas (CUNHA, 1995).

As técnicas de Reconhecimento automático de *features* e Projeto baseado em *features* serão tratadas com mais detalhes a seguir.

2.5.3- Reconhecimento automático de *Features*

A técnica de “Reconhecimento automático de *features*” (“Automatic *feature* recognition”), também conhecida como “Extração automática de *features*” (“Automatic *feature* extraction”), tem por objetivo básico, a identificação de elementos ou parâmetros que foram utilizados no modelamento de um determinado componente, a partir de *features* pré-definidas pelo sistema.

Assim sendo, ao analisar um componente modelado em CAD, o sistema, a partir de algoritmos com regras e procedimentos bem definidos, poderia “reconhecer” se foi utilizada alguma *feature* pré definida pelo sistema e “extrair” os dados necessários. Esses dados poderiam ser tanto em função da geometria ou topologia como de informações tecnológicas, definidas pela semântica utilizada nas *features*.

Como exemplo, essas *features* poderiam representar operações específicas de usinagem como furos, rasgos, rebaixos, etc.

A figura 2.17 a seguir ilustra o esquema proposto por SHAH (1991), para a técnica de reconhecimento automático de *features*.

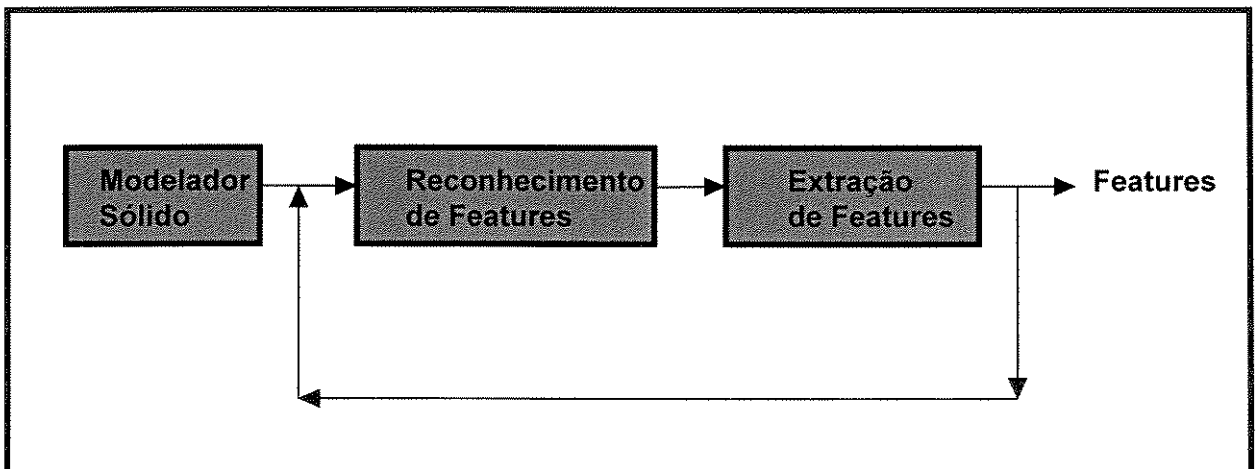


Figura 2.17 - Esquema de Reconhecimento e Extração de *Features* (SHAH, 1991)

A utilização dessa técnica normalmente está associada ao modelamento sólido em CAD, sendo que existe uma literatura bastante rica em propostas de algoritmos para aplicações no reconhecimento e extração de *features* a partir da estrutura de dados (CSG ou B-rep), de um modelo CAD, uma vez que essa técnica é aplicada num objeto previamente modelado (GU, 1994).

As figuras 2.18 e 2.19 a seguir, ilustram como pode ser feito o reconhecimento das *features* em objetos modelados através de CAD. Para obter o reconhecimento automático das *features*, os algoritmos devem estabelecer regras bem definidas para sua identificação a partir da verificação das interrelações geométricas entre as superfícies, que são constituídas pelas faces, arestas, vértices e suas coordenadas espaciais, do objeto modelado.

Na figura 2.18, utilizando a técnica de Reconhecimento baseado em *Features*, Mc MAHON & BROWNE (1993) ilustram um exemplo de como é possível estabelecer as interrelações geométricas entre cada uma das faces ($F_1, \dots, F_6$), sendo que um algoritmo poderia identificar a existência da operação de usinagem existente a partir da verificação das relações e coordenadas espaciais (x, y, z) das faces F_4 , F_5 e F_6 , num cilindro definido pela faces F_1 , F_2 e F_3 . A essas faces também poderiam ser informadas a rugosidade superficial, por exemplo, que permitiria identificar ou definir o processo de fabricação ou equipamentos a serem utilizados para a obtenção da peça, bem como demais parâmetros de processo, sem a necessidade de intervenção do processista.

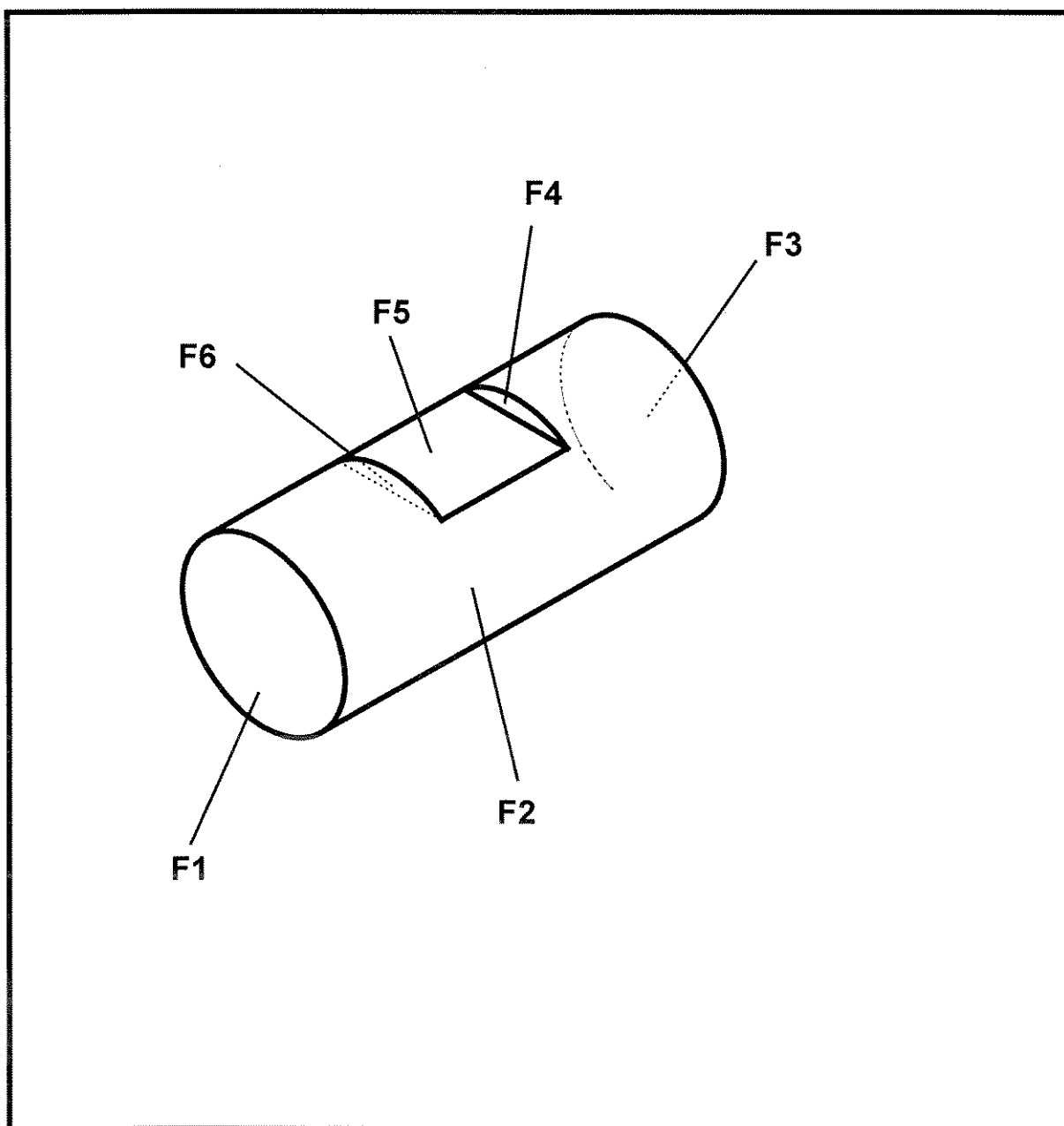


Figura 2.18- Representação das faces que constituem um objeto modelado (Mc MAHON & BROWNE, 1993)

Na figura 2.19 a seguir, SHEU & LIN (1993) ilustram um exemplo de como pode ser feito o reconhecimento das *features*, através da técnica de Reconhecimento baseado em *Features*, em um objeto modelado em CAD, como a identificação de um rasgo na peça a partir das interrelações entre as faces F1, F2 e F3. Neste caso, pode-se observar que as faces F1 e F3 são perpendiculares a F2 e que F1 e F3 são paralelas entre si. Portanto, dadas as coordenadas e relações entre as faces, arestas e vértices, um algoritmo poderia reconhecer tal topologia como sendo um rasgo.

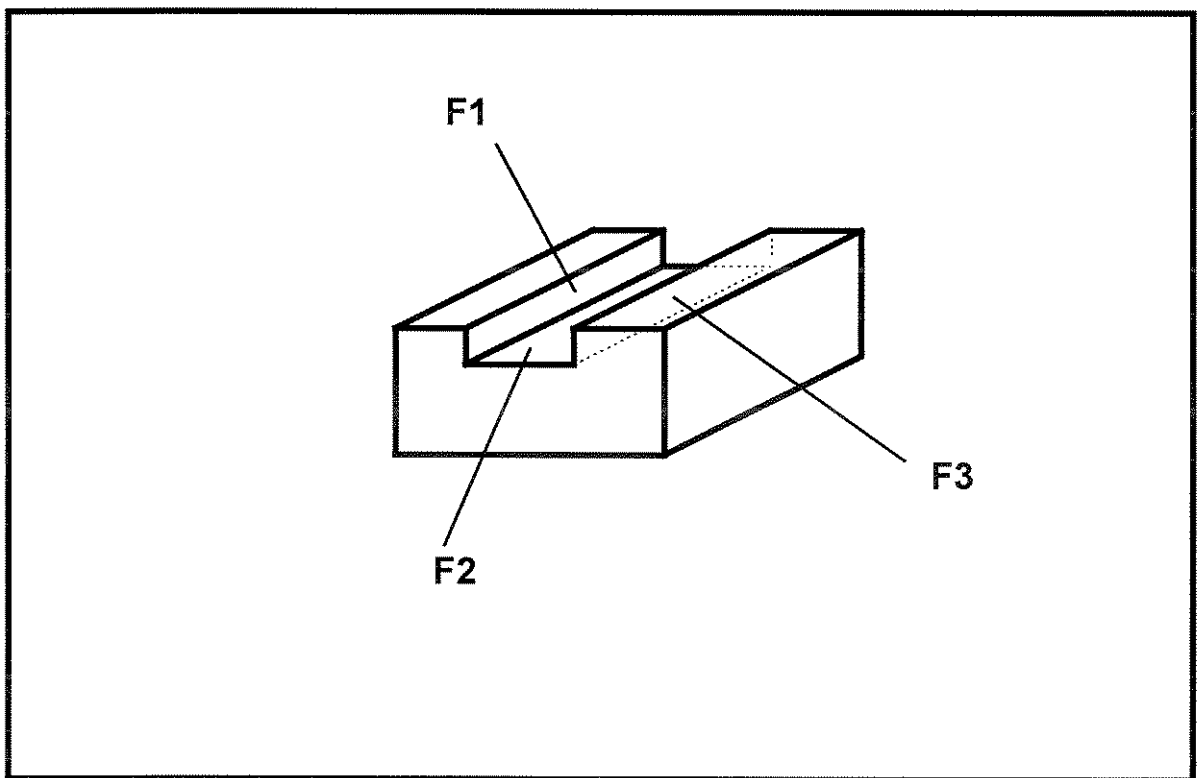


Figura 2.19- Representação de uma operação de usinagem num objeto modelado(SHEU & LIN, 1993)

Segundo SHAH (1991), a técnica de Reconhecimento automático de *features* ainda pode ser subdividida em função do processo de manufatura ou das relações puramente geométricas entre as *features* (“machining-region recognition and feature recognition”), porém o presente trabalho não irá aprofundar nessas discussões.

A técnica de reconhecimento automático de *features* traz algumas vantagens e desvantagens, que são descritas a seguir (LAAKO & MÄNTILÄ, 1993, GU, 1994, SCHÜTZER, 1995):

Vantagens:

- Utilização da própria estrutura de informação do modelo CAD, contida no banco de dados do sistema (CSG, B-rep, *Wire frame*, estruturas híbridas);
- Padrões de reconhecimento podem ser desenvolvidos com exclusividade para determinadas aplicações;
- Não provoca, necessariamente, alterações no ambiente CAD a nível de usuário.

Desvantagens:

- As estruturas CSG podem provocar algumas distorções entre o modelo real e as informações obtidas, restringindo a eficiência dos algoritmos;
- A manipulação de estruturas B-rep é relativamente complexa a nível de processamento das informações, podendo tornar o processo mais lento e suscetível a erros;
- As exigências práticas podem exigir algoritmos extremamente complexos para suportar o modelamento CAD e o reconhecimento das *features*;
- As informações não geométricas não são reconhecidas e devem ser informadas pelo usuário.

A tabela 2.3 a seguir traz uma série de referências de trabalhos relacionados à técnica de Reconhecimento automático de *features* e algumas informações básicas sobre cada uma delas.

Autor (es)	Ano	Modelo Geométrico	Aplicação
ALDAKHILALLAH & RAMESH	1997	não citado	Planejamento do processo de forma automática, a partir do reconhecimento das faces de objetos prismáticos
JAGIRDAR <i>et al.</i>	1995	Wire Frame AutoCAD 2D (DXF)	Reconhecimento de operações de corte para componentes de caldeiraria
KULKARNI & PANDE	1995	B-Rep	Reconhecimento de <i>features</i> através das interrelações geométricas da topologia do objeto modelado
KUMARA <i>et al.</i>	1994	B-Rep I-DEAS	Reconhecimento de <i>features</i> de manufatura através de método de grafos
LIU <i>et al.</i>	1994	CSG (2D/IGES)	Reconhecimento de features de forma a partir de desenhos 2D e construção de um modelo 3D para utilização em CAPP
MEERAN & PRATT	1993	Wire Frame AutoCAD 2D (DXF)	Reconhecimento de features de forma a partir de desenhos 2D para peças prismáticas e geração automática de programas CNC
PEROTTI & TORNINCASA	1991	não citado	Reconhecimento de <i>features</i> de um objeto modelado e formação de famílias de peças a partir de algoritmos pré-definidos
VENUVINOD & YUEN	1994	B-Rep	Reconhecimento de <i>features</i> a partir da codificação e algoritmos de agrupamento

Tabela 2.3- Referências de aplicações de Reconhecimento automático de *features*

2.5.4- Projeto baseado em *Features*

Ao contrário do método descrito anteriormente, a técnica de “Projeto baseado em *Features*” (*Feature-based Design*), também conhecido como “Design by *Features*” (Projeto através de *Features*), utiliza o modelamento baseado em *features* a partir da concepção do objeto que se está modelando. Geralmente essa técnica se utiliza de *features* pré definidas e disponíveis numa biblioteca (SHAH, 1991, GU,1994), que podem conter um número finito e pré-definido de *features* ou ainda permitir ao usuário incorporar novas *features* segundo a necessidade (LAAKO & MÄNTYLÄ, 1993, REMBOLD *et al.*, 1993).

A figura 2.20 a seguir, ilustra o esquema de Projeto baseado em *features* , segundo SHAH (1991).

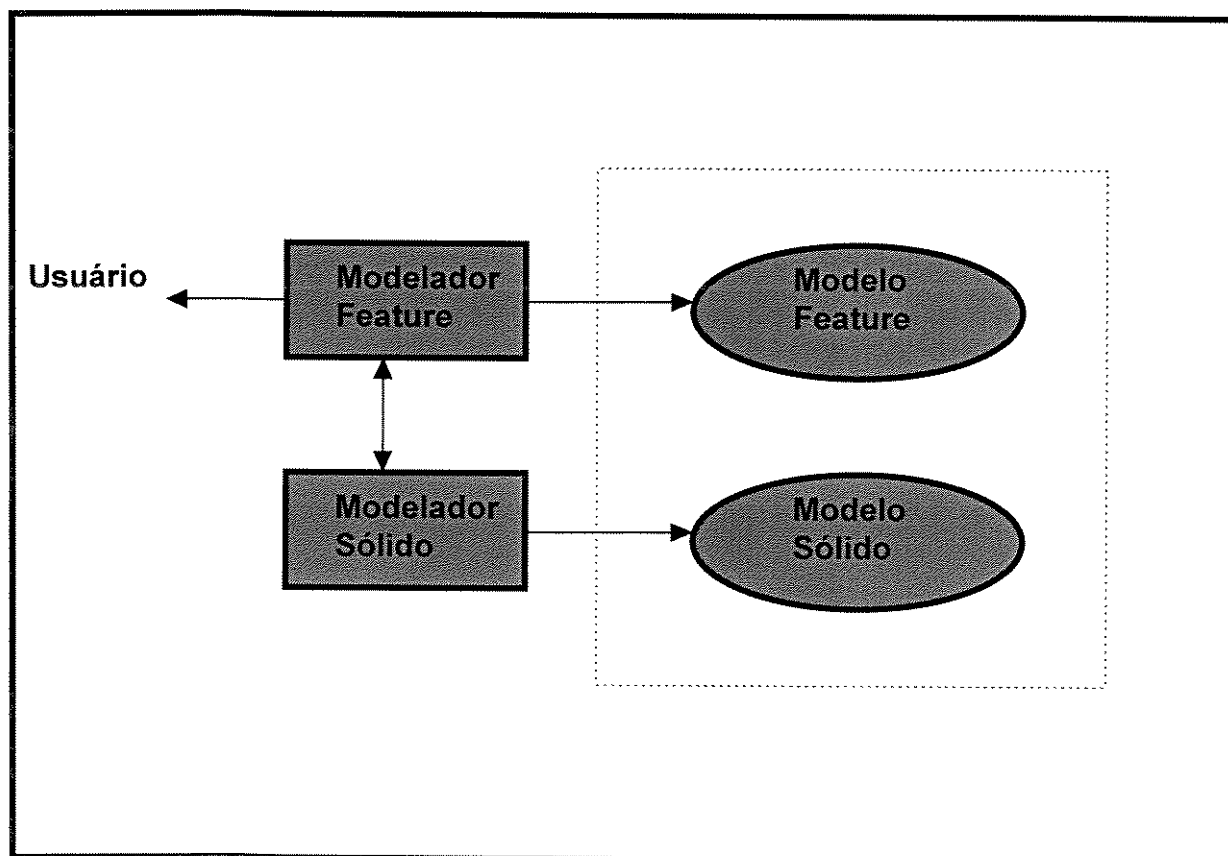


Figura 2.20 - Esquema de Projeto baseado em *Features* (SHAH, 1991)

A figura 2.21 a seguir ilustra o exemplo de duas *features* (furo e rasgo) com as informações que definem as características necessárias para a interpretação do modelo.

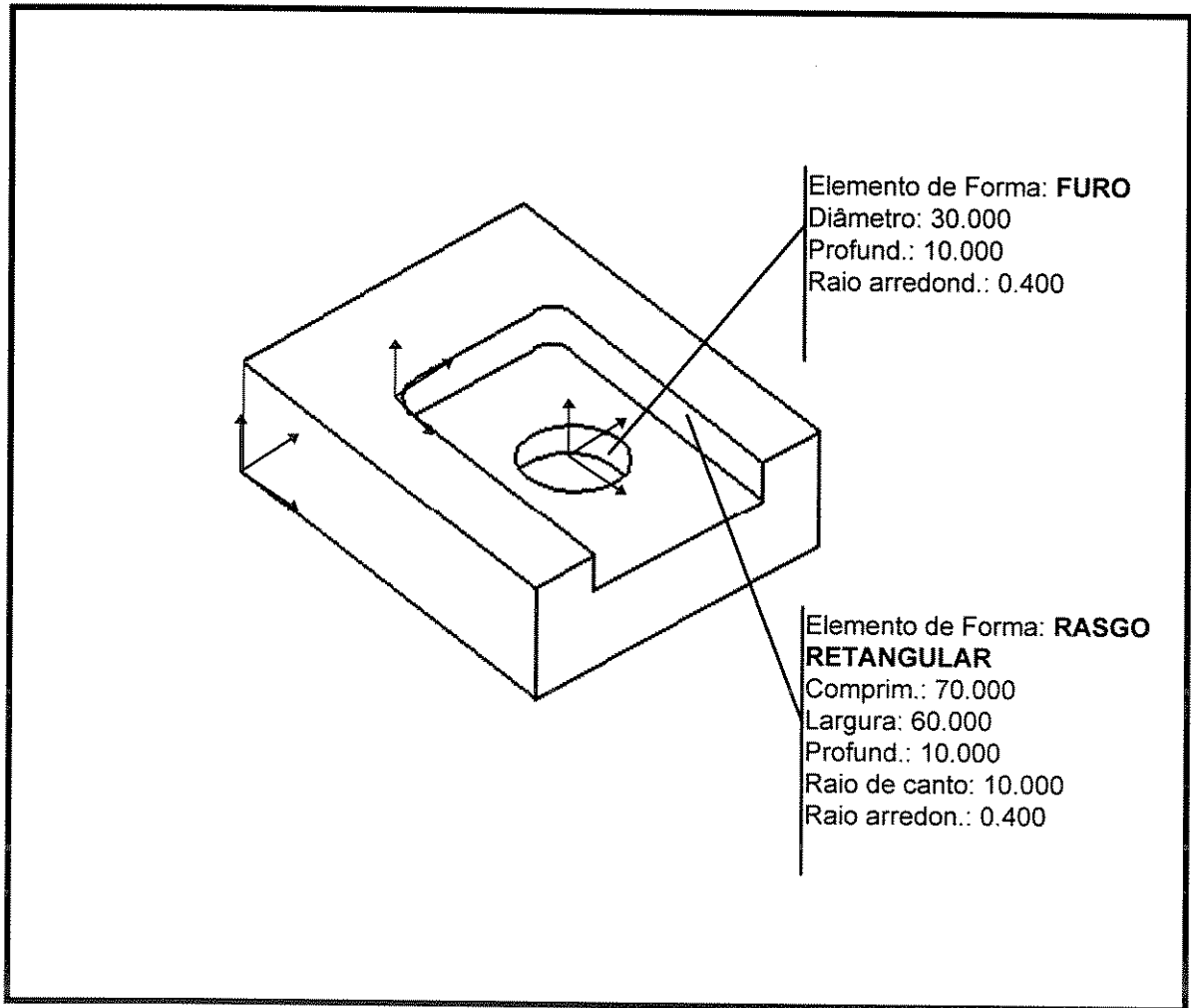


Figura 2.21- Definição de *features* de forma no modelo geométrico (Adaptado de SCHÜTZER, 1995)

Como pode ser observado na figura 2.21, SCHÜTZER (1995) exemplifica que a utilização das *features* dispensam algumas definições geométricas necessárias aos modeladores CAD convencionais, por exemplo, pois podem ser traduzidas na forma de semântica para cada *feature* e assim serem interpretadas pelo sistema sem a necessidade de modelar todas as informações geométricas.

Apesar de nem sempre haver concordância na literatura, SHAH (1991), apresenta uma subdivisão para a técnica de Projeto baseado em *features*, que será adotada como referência neste trabalho. Essas técnicas, que serão exploradas na sequência, são:

- Banco de dados baseado em *features*;
- “Destructive Solid Geometry”;
- Síntese através de *features*.

2.5.4.1- Banco de dados baseado em *Features*

Essa metodologia, ainda que definida como uma técnica de modelamento *feature*, é uma versão pouco consistente quando comparada com as demais, pois não tem um vínculo direto com o modelo CAD e sim trata-se apenas de um banco de dados alimentado manualmente, a partir de uma sintaxe pré definida e com o objetivo de auxiliar tarefas como a seleção do processo de fabricação ou o planejamento das operações (SHAH, 1991).

Essa abordagem também pode ser encontrada em alguns sistemas comerciais desenvolvidos para aplicações de Tecnologia de Grupo (SHAH, 1991).

2.5.4.2- “Destructive Solid Geometry”

A metodologia conhecida como *Destructive Solid Geometry* (“geometria destrutiva de sólidos”), ou simplesmente “DSG”, consiste em orientar o modelamento CAD de um determinado objeto, seguindo as diretrizes utilizadas na manufatura desse objeto na máquina, ou seja, a partir de um sólido inicial com o mesmo formato do *blank*, passa-se a remover volumes do mesmo como se fosse uma operação de usinagem, por exemplo.

Apesar de nem sempre haver concordância na literatura, SHAH (1991), apresenta uma subdivisão para a técnica de Projeto baseado em *features*, que será adotada como referência neste trabalho. Essas técnicas, que serão exploradas na sequência, são:

- Banco de dados baseado em *features*;
- “Destructive Solid Geometry”;
- Síntese através de *features*.

2.5.4.1- Banco de dados baseado em *Features*

Essa metodologia, ainda que definida como uma técnica de modelamento *feature*, é uma versão pouco consistente quando comparada com as demais, pois não tem um vínculo direto com o modelo CAD e sim trata-se apenas de um banco de dados alimentado manualmente, a partir de uma sintaxe pré definida e com o objetivo de auxiliar tarefas como a seleção do processo de fabricação ou o planejamento das operações (SHAH, 1991).

Essa abordagem também pode ser encontrada em alguns sistemas comerciais desenvolvidos para aplicações de Tecnologia de Grupo (SHAH, 1991).

2.5.4.2- “Destructive Solid Geometry”

A metodologia conhecida como *Destructive Solid Geometry* (“geometria destrutiva de sólidos”), ou simplesmente “DSG”, consiste em orientar o modelamento CAD de um determinado objeto, seguindo as diretrizes utilizadas na manufatura desse objeto na máquina, ou seja, a partir de um sólido inicial com o mesmo formato do *blank*, passa-se a remover volumes do mesmo como se fosse uma operação de usinagem, por exemplo.

Dessa forma as *features* representam operações de manufatura, sendo que o computador estará simulando as funções da máquina (McMAHON & BROWNE, 1993).

A figura 2.22 a seguir ilustra uma sequência de modelamento CAD utilizando a metodologia DSG.

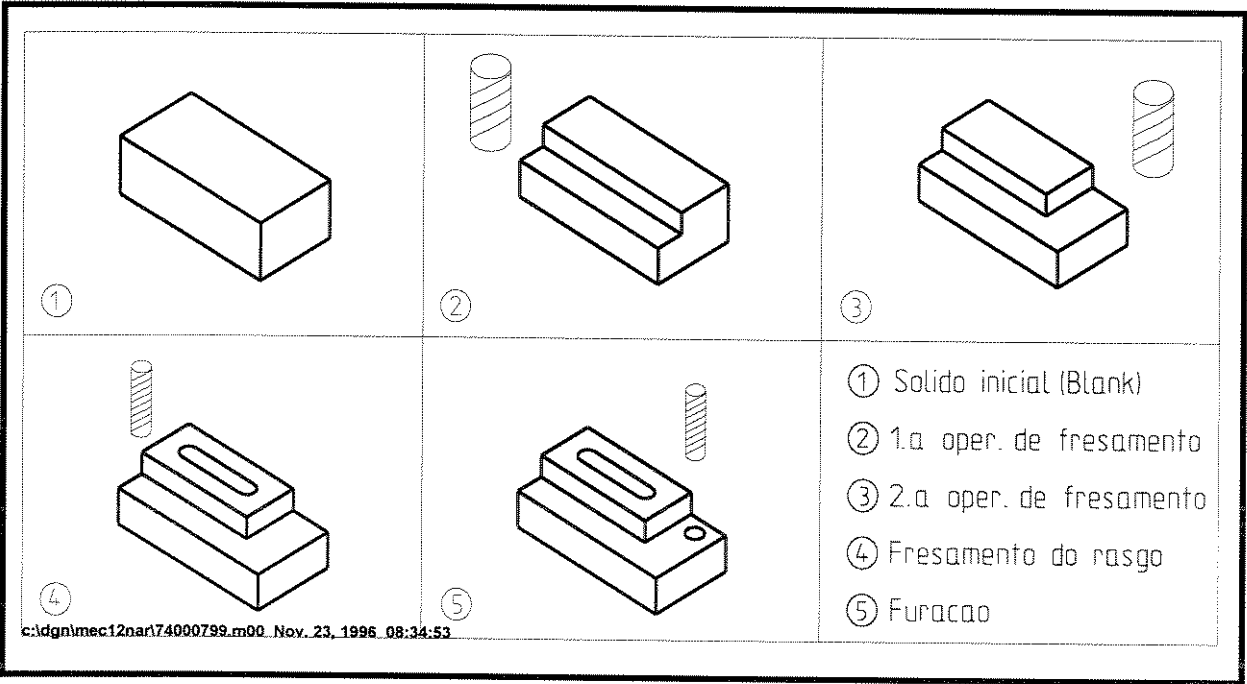


Figura 2.22- Sequência de modelamento de um objeto através da técnica DSG (Adaptado de Mc MAHON & BROWNE, 1993)

2.5.4.3- Síntese através de *Features*

A metodologia “Síntese através de *Features*” (*Synthesis by Features*), descrita por SHAH (1991), também citada como *Constructional Design by Features* (“Projeto construtivo através de *features*”), por McMAHON & BROWNE (1993), consiste em utilizar *features* pré definidas para obter o objeto a partir do modelamento CAD. Essas *features* geralmente estão disponíveis em bibliotecas que podem ser acessadas pelo usuário durante o modelamento CAD.

Ao contrário da técnica DSG, a Síntese através de *features* procura incorporar às *features* disponíveis para o modelamento, todas as informações necessárias ao sistema, tanto a nível de geometria como de parâmetros de processos, sem necessitar de um *blank* ou sequência de fabricação por (McMAHON & BROWNE, 1993).

Dessa forma, ao final do modelamento CAD, todas as informações e interrelações necessárias à interpretação do objeto modelado estarão disponíveis no sistema e organizados de forma a obter os dados necessários e que foram incorporados.

A figura 2.23 a seguir ilustra uma aplicação do conceito de Síntese através de *features* para a obtenção de um modelo. Neste caso, o modelo foi obtido a partir da composição de elementos funcionais, caracterizados por *features* de forma.

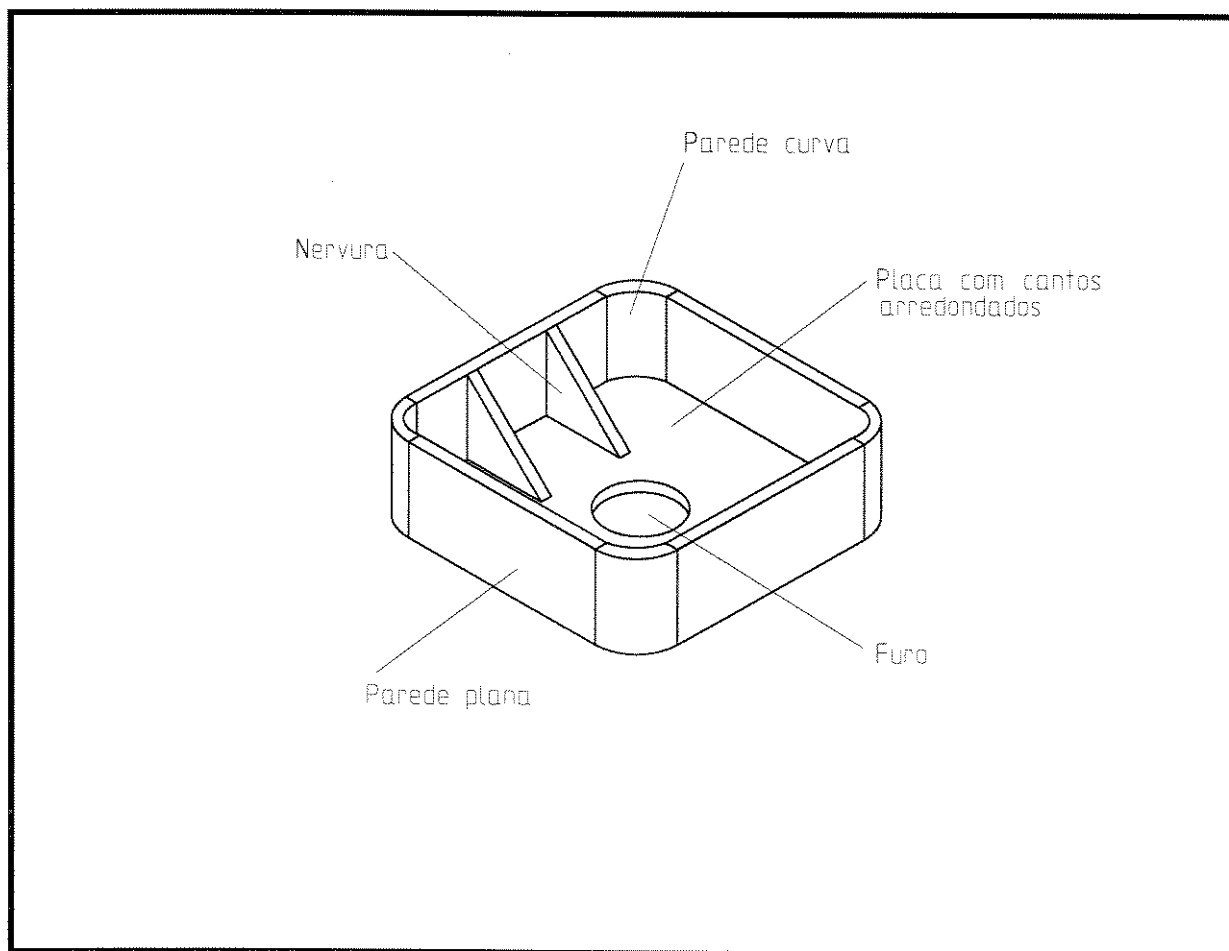


Figura 2.23- Objeto modelado por Síntese através de *features* (Mc MAHON & BROWNE, 1993)

A utilização das metodologias de Projeto baseado em *Features* incorrem em vantagens e desvantagens entre as quais pode-se citar (Mc MAHON & BROWNE, 1993, SHAH, 1991, GU, 1994):

Vantagens:

- Permite reduzir o tempo de projeto ao fornecer *features* padronizadas para as funções mais comuns;
- Possibilita o desenvolvimento de aplicações específicas que podem verificar condições de manufatura, de forma a validar o modelo geométrico ainda na fase de projeto;
- Praticamente não induz a erros ou distorções de interpretação pelo sistema, pois o objeto modelado sempre corresponderá a uma representação validada pelo próprio usuário.

Desvantagens:

- Podem limitar a eficácia do modelo, caso não sejam incorporadas todas as *features* necessárias ao modelamento;
- Pode gerar um número crescente de módulos para aplicações específicas, gerando um grande volume de informações ao sistema e dificultando a padronização;
- Podem criar um ambiente menos “natural” que aquele existente atualmente para os usuários de sistemas CAD.

A tabela 2.4 a seguir traz uma série de referências de trabalhos relacionados à técnica de Projeto baseado em *features* e algumas informações básicas sobre cada uma delas.

Autor (es)	Ano	Modelo Geométrico	Aplicação
CASE	1994	CSG	Modelamento da capacidade do processo a partir de representação de objetos utilizando uma biblioteca de <i>features</i>
De VRIES <i>et al.</i>	1995	CSG	Validação de operações de manufatura a partir do modelamento CAD do objeto
DUAN <i>et al.</i>	1993	CSG; B-Rep	Integração CAD/CAM a partir de um modelo que utiliza uma biblioteca definida por conceitos de TG
LI <i>et al.</i>	1995	B-Rep Pro-Engineer	Projeto baseado em <i>features</i> com algoritmos para modificação do objeto gerado inicialmente, para melhor definição das <i>features</i> de manufatura
LIAO & LEE	1994	Não citado	Sistema para codificação e formação de famílias para peças usinadas
PERNG & CHENG	1994	CSG	Definição de roteiros de fabricação a partir do método DSG
SHAH	1991	CSG	Definição do produto através de <i>features</i> e mapeamento das aplicações
SHEU & LIN	1993	B-Rep	Modelo para representação e manipulação de <i>features</i> de forma a partir da criação de uma biblioteca

Tabela 2.4- Referências de aplicações de Projeto baseado em *features*

2.6 - Introdução à Engenharia Simultânea

2.6.1-Introdução

Para se adequar ao cenário econômico atual, as empresas devem abandonar a tradicional postura organizacional e orientar-se segundo as necessidades e exigências do mercado (WASSENHOVE & CORBETT, 1991).

Essa nova postura não é uma tarefa fácil, pois aquilo que para o consumidor do varejo é um simples produto disponível na prateleira, para um empresa de manufatura significa riscos de investimento, trabalho e conhecimento sobre o produto e os processos para sua obtenção.

Para exemplificar essa situação, a colocação de um produto no mercado, pode abranger uma sequência complexa de atividades, como (SLACK,1997):

- Análise do mercado;
- Projeto do produto;
- Especificações técnicas do produto;
- Projeto dos meios de manufatura;
- Protótipos;
- Planejamento da produção;
- Produção em escala comercial;
- Controle da qualidade;
- Logística de distribuição.

Obviamente outras atividades também poderiam ser citadas, mas já é possível verificar a complexidade requerida por conta desse produto, principalmente sob a ótica do volume de informações que transitam nesse processo.

A Engenharia Simultânea tem por objetivo atuar como uma metodologia para tornar o processo de desenvolvimento de produtos mais dinâmico e eficaz, de forma a assegurar à empresa requisitos altamente desejáveis no atual cenário econômico, como a redução de tempo entre o desenvolvimento de um produto e sua colocação no mercado (AGOSTINHO, 1992).

Essa orientação a objetivos baseados em tempo garante às empresas uma orientação às tendências do mercado e possivelmente uma posição vantajosa frente aos seus competidores, fatores que podem ser decisivos para a sua sobrevivência (STALK & HOUT, 1993).

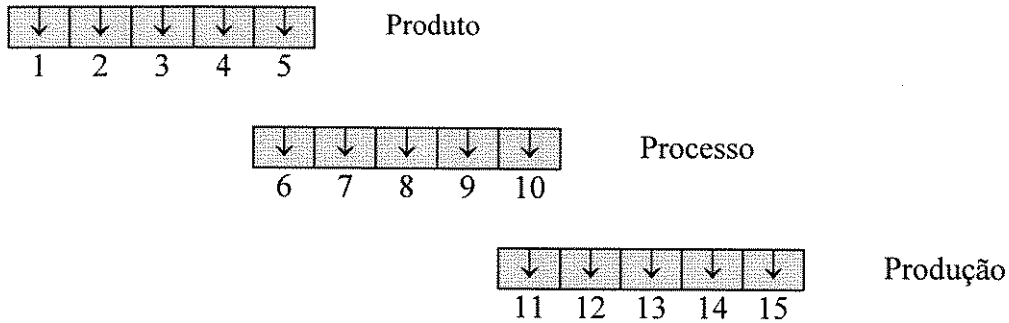
2.6.2- O modelo de Engenharia Simultânea

A metodologia conhecida como Engenharia Simultânea (*Simultaneous Engineering*) ou Engenharia Concorrente (*Concurrent Engineering*), é uma abordagem teoricamente simples, que consiste na superposição de atividades que originalmente eram feitas de forma sequencial, de forma que muitas dessas atividades não necessitam estar totalmente definidas para que outras, subsequentes, possam ser iniciadas (McMAHON & BROWNE, 1993), ou seja, a atividade (n) poderia ser iniciada antes do término da atividade (n-1);

Além disso também existe uma grande preocupação com as fases iniciais do projeto onde geralmente são determinados os custos de fato dos produtos. DUAN *et al* (1993) afirmam que essa influência na determinação dos custos chegam a 80%.

A comparação entre o modelo de Engenharia Simultânea com o modelo tradicional pode ser visualizada na figura 2.24, a seguir:

a) Abordagem Tradicional



b) Modelo de Engenharia Simultânea

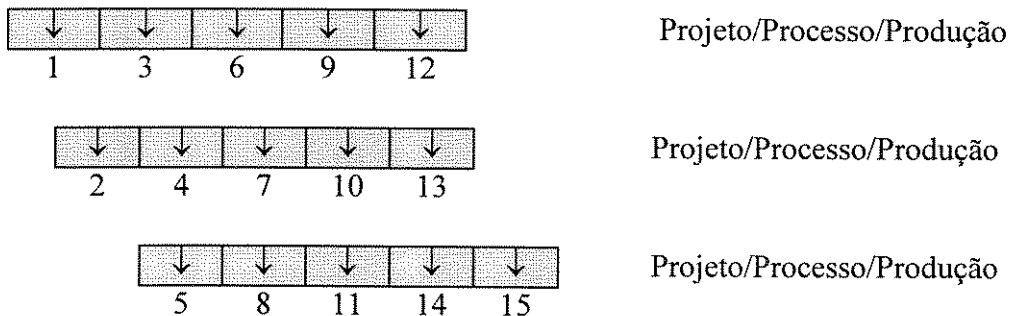


Figura 2.24- Comparação entre Engenharia Simultânea e a abordagem tradicional
(Adaptado de AGOSTINHO, 1992 e SLACK, 1997)

Na abordagem tradicional, além de maiores tempos totais, incorre-se em outras desvantagens, a saber (AGOSTINHO, 1992):

- Quando um problema é detectado em estágios avançados do processo, as implicações em termos de custos são muito elevadas;
- As oportunidades de troca de informações e experiências entre as áreas de produto, processo e produção são pequenas e ineficazes;

- A responsabilidade pelas implicações de custo do produto é atribuído quase que exclusivamente à Engenharia do Produto.

A situação descrita anteriormente pode ser visualizada graficamente na figura 2.25, a seguir, através das implicações do custo ao longo do tempo, em função das diferentes atividades envolvidas no desenvolvimento de um produto.

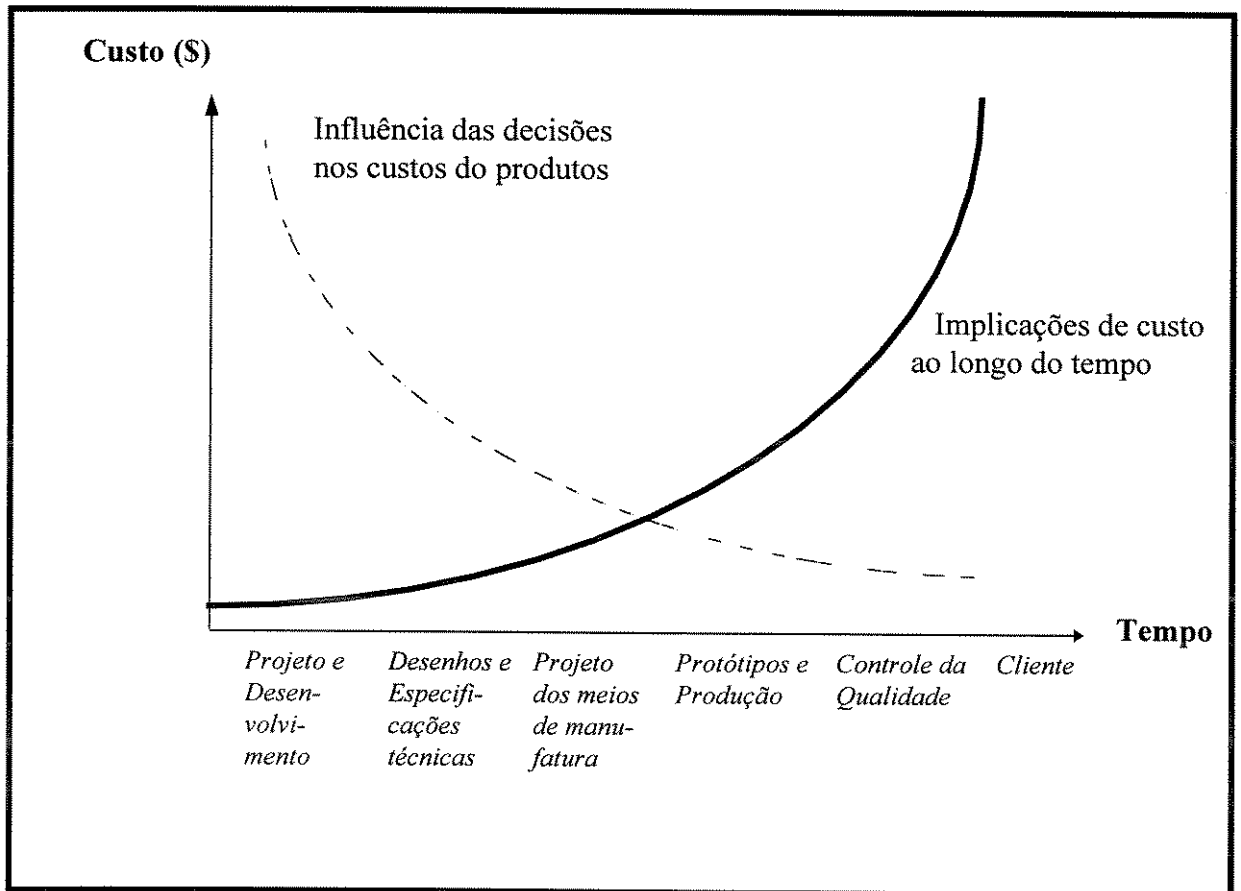


Figura 2.25- Implicações de Custo ao longo do tempo (Adaptado de AGOSTINHO, 1992)

No enfoque de Engenharia Simultânea, pode-se afirmar que as atividades individuais podem até ser maiores, se comparadas ao modelo tradicional, principalmente em função das discussões e reuniões necessárias para se chegar a conclusões sobre as ações comuns, mas essa desvantagem desaparece no final do ciclo, pois os tempos individuais não se somam da

mesma forma como no modelo tradicional (AGOSTINHO, 1992). Portanto, além da redução do tempo total para a conclusão das atividades, pode-se dizer que a Engenharia Simultânea agrega uma vantagem bastante importante ao sistema de manufatura, que é a integração do fluxo de informações entre as diferentes áreas (SLACK, 1993).

Essa integração permite a obtenção de vantagens altamente desejáveis para as áreas de manufatura, entre as quais pode-se citar (SLACK *et al.*, 1997):

- Aumento da qualidade e confiabilidade dos produtos;
- Melhor utilização da capacidade instalada e tecnologia disponível;
- Redução dos investimentos necessários;
- Redução dos custos operacionais;
- Redução das atividades que não agregam valor ao produto.

2.6.3- **Condições para implantação da Engenharia Simultânea**

Conforme citado anteriormente, o conceito de Engenharia Simultânea propriamente dito é muito simples de ser entendido, porém sua implantação não pode ser encarada de forma tão simples, uma vez que provoca uma série de mudanças na cultura das pessoas e da organização.

Além disso existe uma série de pré-requisitos para facilitar sua implantação, os quais devem ser considerados.

A seguir são resumidas algumas orientações, encontradas na literatura, sobre aspectos importantes a serem considerados por ocasião da implantação de projetos utilizando o modelo de Engenharia Simultânea (AGOSTINHO, 1992; SLACK, 1993, 1997). Essas orientações serão aqui divididas em questões estruturais e infraestruturais

Questões Estruturais:

As questões estruturais referem-se ao “hardware” das empresas, como por exemplo as instalações industriais, localização, capacidade produtiva, tecnologia de processo, etc e o que deve ser considerado para que o conteúdo de uma estratégia possa ser atingido.

- **Tecnologia de Informação:**

A tecnologia da informação pode ser uma ferramenta de grande importância dentro de um projeto de Engenharia Simultânea, pois possibilita acesso a informações de apoio às decisões do time de forma mais rápida e confiável. Por exemplo, bancos de dados que contenham informações tecnológicas referentes a projetos já realizados e recursos que permitam sua recuperação de forma eficaz pode ser um diferencial no sucesso das decisões tomadas pelo time.

- **Integração tecnológica:**

A integração tecnológica dos recursos disponíveis na organização é um fator bastante importante para agilizar as tomadas de decisões do grupo, bem como reduzir atividades que não agregam valor ao produto para compartilhar informações disponíveis no sistema.

Padronização e sistemas CAD/CAM/DNC integrados, por exemplo, podem ser citados como forma de obter integração das informações tecnológicas a partir de uma base comum e que são compartilhadas por vários usuários.

Questões Infraestruturais:

As questões infraestruturais dizem respeito ao “software” das empresas, como capacitação dos recursos humanos, relação com fornecedores e mercado, sistema da qualidade, etc.

- Orientação a objetivos comuns:

O time envolvido num projeto de Engenharia Simultânea deve estar orientado a objetivos comuns e dessa forma não poderão existir interesses meramente políticos e que direcionem os trabalhos segundo interesses pessoais ou departamentais como um processo para aumentar ou consolidar o poder interno na organização.

- Autonomia de decisões:

A agilidade na tomada de decisões é uma característica fundamental num ambiente de Engenharia Simultânea e isso deve ser fruto de uma quebra dos padrões tradicionais de hierarquia interna, com dependência de inúmeras instâncias burocráticas para aprovações nem sempre necessárias. Deve-se portanto garantir ao grupo a máximo de autonomia necessária para obter êxito nos objetivos definidos para o projeto.

- Relacionamento com clientes e fornecedores:

O bom relacionamento com clientes e fornecedores é um aspecto extremamente importante num projeto de Engenharia Simultânea, pois as atividades podem ser compartilhadas de forma a atender os interesses das partes, produzindo um resultado igualmente satisfatório. Exemplificando, os clientes podem antecipar informações importantes ao time colocando-o em contato com as negociações iniciais de possíveis necessidades futuras do cliente. No caso de fornecedores, aplica-se a mesma situação, onde eles podem ser colocados num trabalho de parceria de forma a se anteciparem a possíveis necessidades da organização.

Concluindo, pode-se afirmar que a Engenharia Simultânea confere ao sistema de manufatura maior velocidade e eficácia no desenvolvimento de produtos, melhorando a capacidade de resposta às necessidades do mercado.

Da mesma forma orienta a obtenção de um maior envolvimento dos recursos humanos, através de quebras de barreiras políticas e departamentais, possibilitando melhor fluxo das informações que transitam no sistema, mais eficácia na utilização do conhecimento e tecnologia da empresa e com isso melhor foco nos objetivos estratégicos, de forma a fomentar um ambiente que possa alavancar vantagem competitiva frente aos seus concorrentes.

Capítulo 3

Desenvolvimento e aplicação de um Modelo para integração das informações de Projeto e Manufatura

3.1- Introdução

O presente capítulo tem por objetivo descrever um modelo conceitual que promova a integração das informações de manufatura, geradas durante o projeto, às demais áreas envolvidas no ciclo produtivo de um hipotético fabricante de máquinas e equipamentos especiais sob encomenda.

Para isso serão descritos o ambiente hipotético que foi idealizado para a aplicação do modelo, bem como os módulos que compõem esse modelo e exemplos de sua aplicação.

Os resultados obtidos, apresentando aspectos críticos do modelo, serão abordados no Capítulo 4.

3.2- Descrição do ambiente considerado

A área de interesse para a aplicação do modelo proposto é um ambiente de projeto e fabricação de máquinas e equipamentos especiais sob encomenda.

Parte dos dados aqui utilizados foram obtidos de um ambiente real, um departamento pertencente a uma empresa multinacional fabricante de autopeças, que se enquadrava no perfil dos propósitos do trabalho.

Esse departamento está vinculado à Diretoria Industrial da empresa e tem como principal objetivo, o fornecimento de equipamentos especiais para a empresa, de forma a assegurar e viabilizar a introdução e melhoria dos processos de fabricação dos produtos. O papel de cliente nesse ambiente é desempenhado pelas áreas de planejamento do processo e de produção da própria empresa.

Em função de várias dificuldades em dar continuidade no trabalho em conjunto com a empresa citada, o mesmo foi conduzido e concluído de forma independente, buscando uma abordagem abrangente e genérica, de forma que o conceito pudesse ser aplicado a outros ambientes com perfil semelhante, por exemplo departamentos de ferramentaria ou manutenção ou empresas de prestação de serviços nessas áreas. Portanto, cabe frisar que não existe qualquer vínculo entre os resultados e as opiniões emitidas no trabalho com nenhuma empresa específica.

Para melhorar o entendimento do modelo, é interessante conceituar e delimitar alguns termos no âmbito deste trabalho e que serão utilizados, os quais são expressos a seguir:

- **Projeto:**

Inclui atividades de preparação e planejamento de um determinado serviço ou tarefa, antes de sua execução propriamente dita, com o objetivo de atender aos requisitos e especificações do cliente. Por exemplo, orçamentos, projeto mecânico/hidráulico/pneumático/elétrico, desenhos de montagem e componentes, especificações de materiais e componentes, etc.

- **Fabricação:**

Compreende as atividades necessárias ao planejamento e execução de um determinado serviço ou tarefa, com o objetivo de atender aos requisitos especificados em projeto e pelo cliente. Por exemplo, atividades de fabricação, montagem, testes, auditoria de materiais, etc.

- **Equipamentos Especiais:**

Máquinas, dispositivos, postos de trabalho, etc, que se prestam a fazer tarefas dedicadas a determinado produto. Geralmente esses equipamentos fogem às ofertas padronizadas existentes no mercado e por essa razão são de difícil obtenção e alto custo.

Exemplos: equipamento para fazer solda por ultrassom na carcaça de uma bomba de combustível na linha de montagem, bancada para teste de durabilidade de um motor de partidas, etc.

- **Sob Encomenda:**

Tipo de serviço solicitado pelo cliente, com alto grau de customização, seja de produto e/ou fabricação, geralmente não sendo feito para estoque.

Portanto existe a necessidade de ser planejado por completo, desde o projeto, baseado nas especificações do cliente, até sua execução. Alguns autores citam esse tipo de produção como ETO - “Engineering to Order” (PIRES, 1995).

Dentro do setor metal-mecânico é possível encontrar vários exemplos de empresas que representem a situação tratada neste trabalho, por exemplo as empresas de projeto e montagem de plantas para indústrias de processamento contínuo, fabricantes de bens de capital sob encomenda, fornecedores de serviços ou departamentos de ferramentaria ou manutenção industrial, etc.

A estrutura organizacional considerada para este fabricante hipotético é composta basicamente de 5 (cinco) áreas funcionais, que são subordinadas a um gerente técnico e que responde ao diretor industrial da empresa. Essas áreas são as seguintes:

- Vendas técnicas;
- Engenharia de projetos;
- Planejamento técnico;
- Fabricação;
- Assistência técnica.

As áreas de Suprimentos (Compras), Almoxarifados, Recursos Humanos, etc, são centralizadas na empresa exigindo uma interface entre essas áreas e o ambiente considerado, para efetuar as transações necessárias.

As funções genéricas das áreas consideradas no ambiente analisado são descritas a seguir:

Vendas técnicas:

- Atendimento e negociação com clientes;
- Execução de anteprojetos baseados nas solicitações dos clientes e informações prestadas pelas demais áreas;
- Orçamentos dos custos envolvidos;
- Elaboração de cronogramas iniciais de serviços baseados nas disponibilidades das demais áreas;
- Elaboração da oferta e contratos prestação de serviços;
- Interface com as áreas financeira e jurídica dos clientes (se clientes externos).

Engenharia de projetos:

- Projeto e detalhamento definitivo do serviço;
- Especificações técnicas e comerciais dos componentes e materiais a serem comprados ou fabricados;
- Elaboração da documentação técnica prevista em contrato, legislação ou necessária ao processo;
- Acompanhamento da montagem e instalação dos equipamentos.

Planejamento técnico:

- Elaboração de cronogramas detalhados para fabricação, compra e montagem;
- Emissão de ordens de compra, fabricação e importação;
- Negociação e interface técnica com fornecedores e área de Fabricação;
- Preparação de documentação adicional para fabricação e montagem;
- Controle de itens de estoque;
- Acompanhamento da fabricação de componentes e montagem dos subconjuntos;
- Condução de avaliações e testes dos equipamentos.

Fabricação:

- Recebimento e inspeção de componentes;
- Montagem dos subconjuntos e dos equipamentos;
- Testes operacionais do equipamento;
- Revisões de desenhos e retrabalhos em componentes.

Assistência técnica:

- Logística de transporte e instalação dos equipamentos;
- Instalação e testes finais do equipamento no cliente;
- Treinamento de operadores;
- Elaboração de manuais técnicos;
- Acompanhamento da montagem e testes iniciais;
- Ações de garantia e assistência técnica (pós-vendas);
- Oficialização da entrega do equipamento e encerramento dos serviços contratados.

A figura 3.1, a seguir, ilustra graficamente o processo desse suposto fabricante, englobando as principais funções das áreas citadas anteriormente.

Assistência técnica:

- Logística de transporte e instalação dos produtos (equipamentos);
- Instalação e testes finais do equipamento no cliente;
- Treinamento de operadores;
- Elaboração de manuais técnicos;
- Acompanhamento da montagem e testes iniciais;
- Ações de garantia e assistência técnica (pós-vendas);
- Oficialização da entrega do equipamento e encerramento dos serviços contratados.

A figura 3.1 ilustra graficamente o processo desse suposto fabricante, englobando as principais funções das áreas citadas anteriormente.

**VENDAS
TÉCNICAS**

**ENGENHARIA
DE PROJETOS**

**PLANEJAM.
TÉCNICO**

FABRICAÇÃO

**ASSITÊNCIA
TÉCNICA**

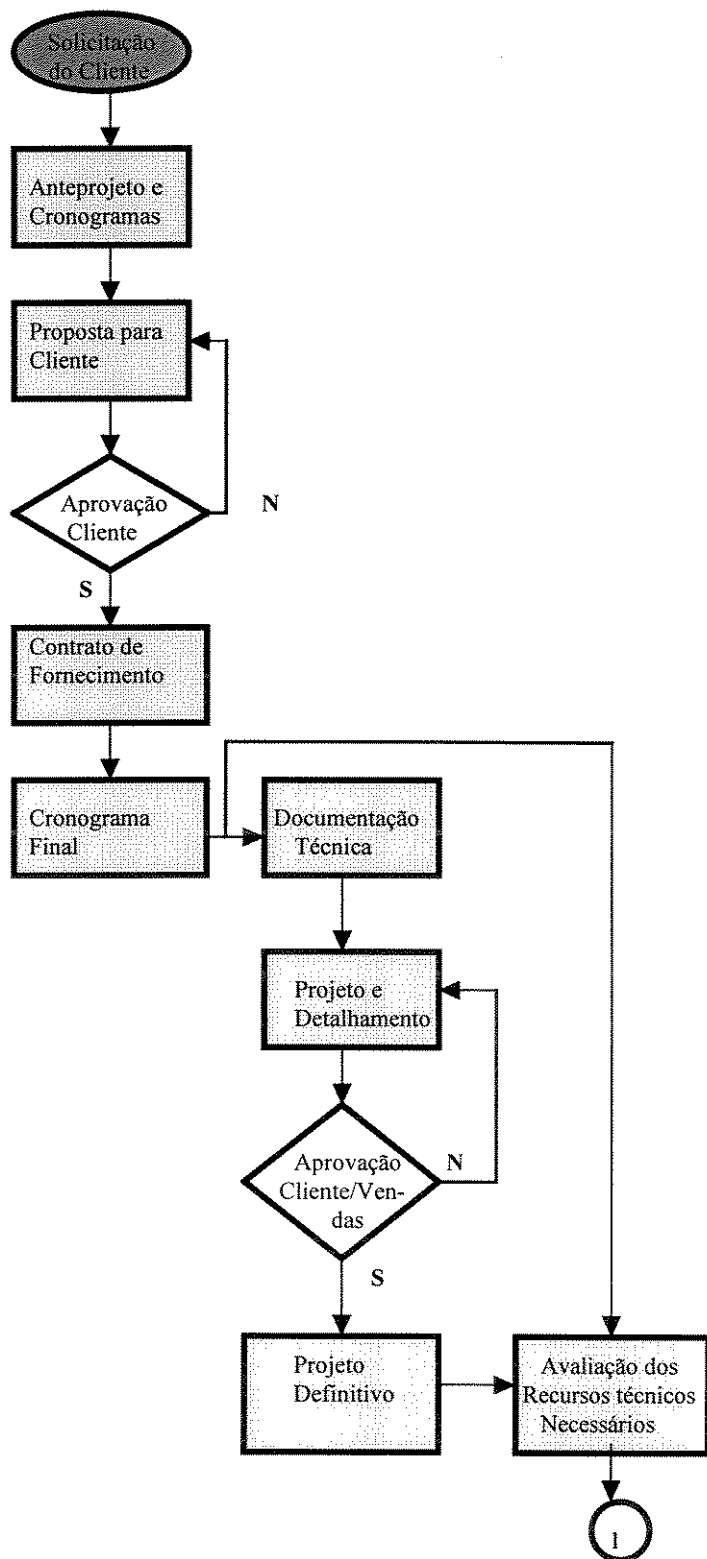


Fig. 3.1 (continua...)

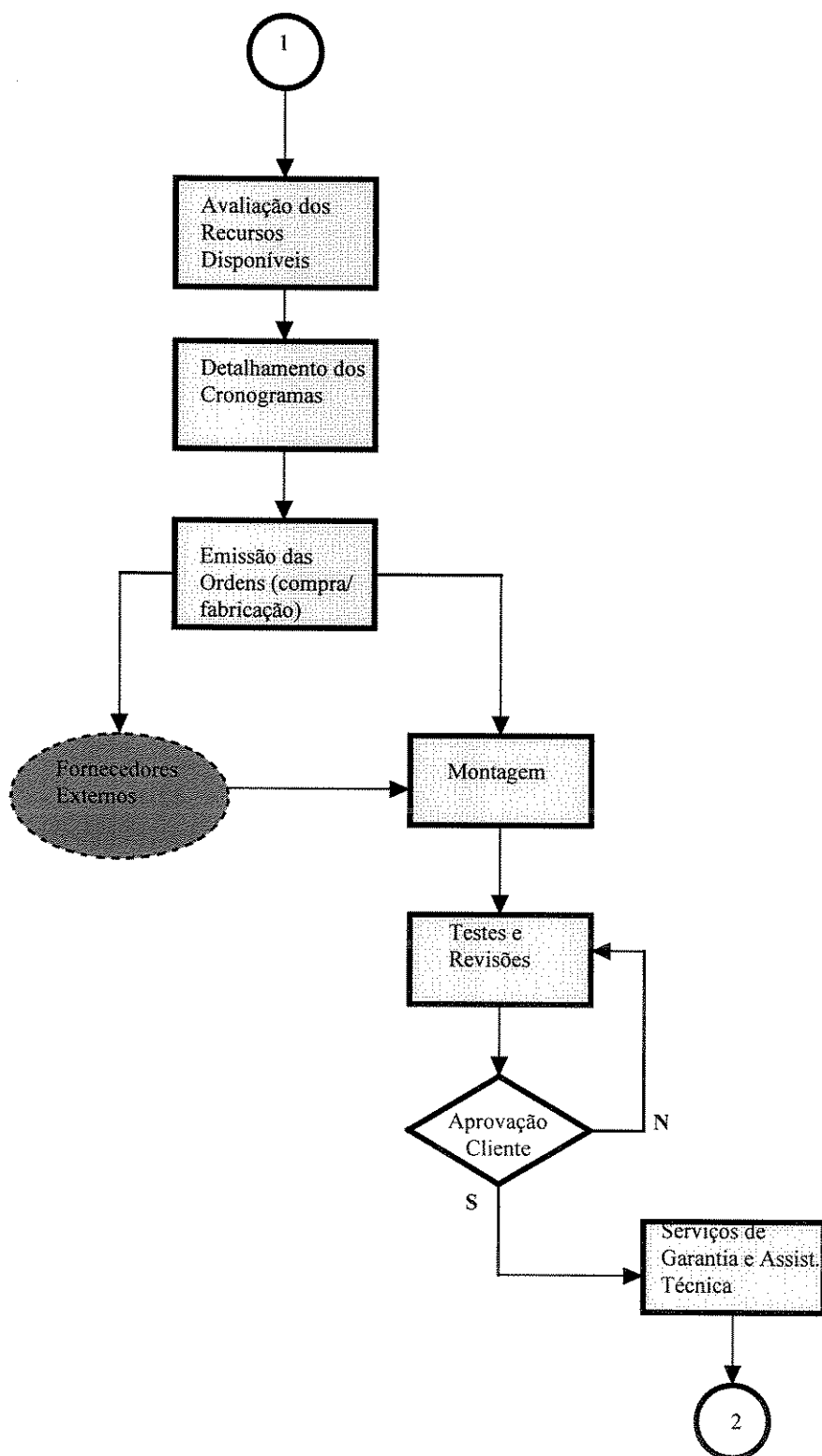


Fig. 3.1 (continua...)

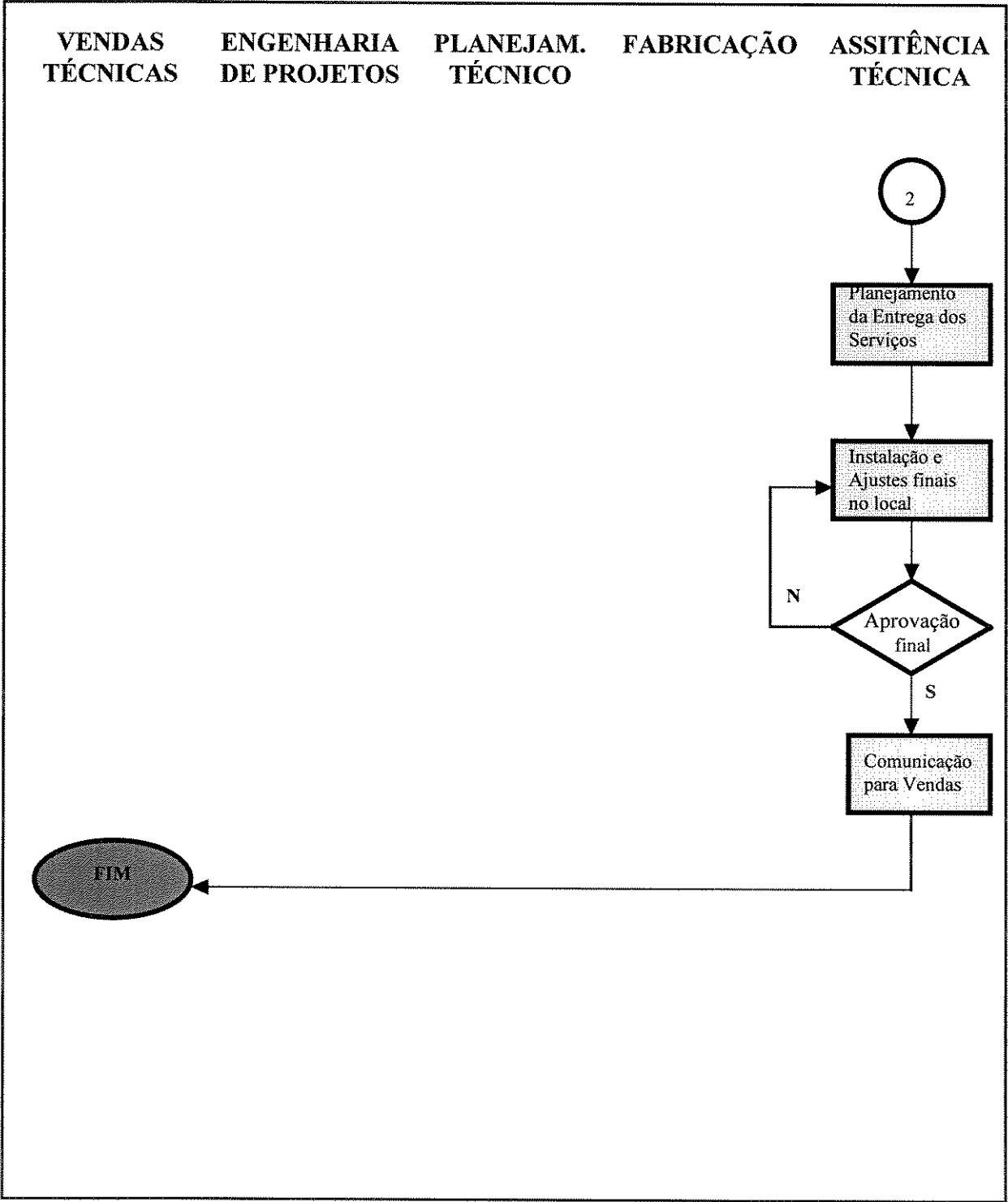


Figura 3.1 -Fluxo do processo das atividades do fabricante

3.2.1-Levantamento dos problemas existentes

Em função das características particulares do ambiente considerado, sempre haverá vantagens e desvantagens se comparado a outras estruturas produtivas, entretanto pretende-se analisar alguns de seus principais problemas ou aspectos indesejáveis, de forma a trabalhar essas questões e introduzir melhorias consistentes que busquem reduzir ou eliminar as causas desses problemas e com isso obter vantagem competitiva para as operações desse fabricante hipotético.

O objetivo do modelo a ser apresentado no próximo item desse capítulo é justamente reduzir ou eliminar essas causas de forma a alavancar os resultados da empresa.

Inicialmente é importante enunciar quais os principais problemas encontrados atualmente, de forma a visualizar a ação do modelo proposto junto a esses aspectos.

Entre eles podem ser citados:

- Forte dependência da experiência e conhecimento das pessoas em aspectos relativos ao projeto, processos de fabricação, custos, fornecedores, etc;
- Inexistência de metodologias consistentes para recuperação de informações de orçamentos, projetos, processos, etc;
- Descontinuidade do fluxo de informações e alta concentração dessas informações na área de projetos;
- Pouca agilidade ou capacidade de resposta para se cumprir os pedidos dos clientes (média em torno de 12 meses);
- Desperdício de tempo e repetição de atividades que não agregam valor ao produto final ou cliente;

Alguns sintomas desses problemas podem ser evidenciados ao longo do ciclo de fabricação de um novo produto ou são visíveis na estrutura organizacional, entre os quais pode-se citar:

- Constantes atrasos na entrega dos pedidos;
- Constantes alterações dos custos finais apurados contra os custos ofertados;
- Constantes problemas de conformidade nos fornecimentos de insumos de terceiros;
- Sobrecarga de trabalho e alto nível de ocorrência de erros por parte da área de projetos;
- Baixo índice de satisfação por parte dos clientes, principalmente quanto a custos e prazos de entrega
- Faixa etária dos funcionários muito elevada, comparando-se com a média da empresa e do mercado;

Uma observação adicional a fazer refere-se à distribuição nos tempos envolvidos num cronograma de um serviço solicitado pelo cliente. Essa distribuição é ilustrada a seguir, na Figura 3.2, considerando-se os dados típicos para a participação de cada departamento ao longo de um ciclo produtivo de 48 semanas de trabalho.

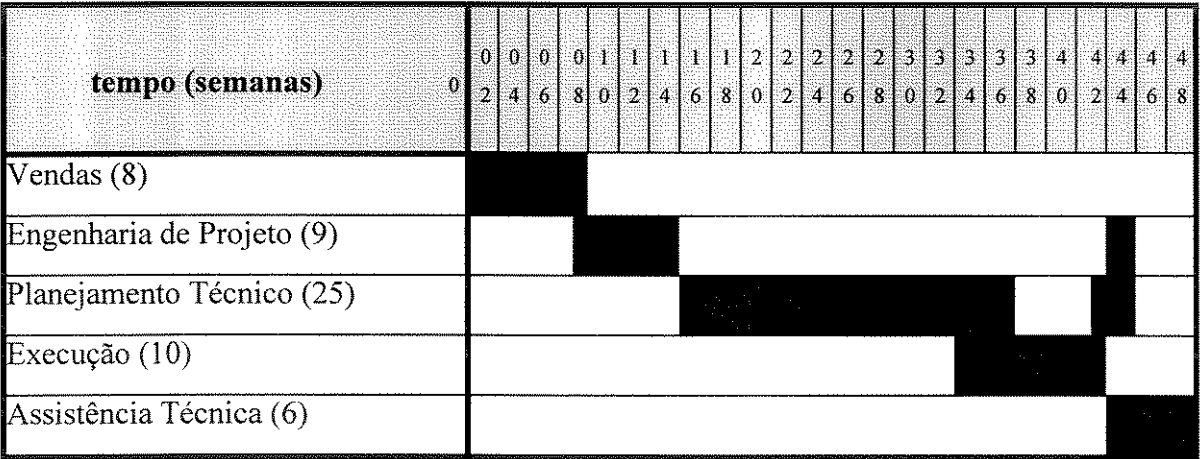


Figura 3.2 - Distribuição média dos cronogramas

Baseado na Figura 3.2, pode-se observar que as atividades relacionadas ao Planejamento Técnico, apesar de ser uma área de suporte para o ambiente considerado, é a que mais consome tempo. Esse tempo deve-se em parte à compra ou importação de insumos, mas na maioria dos casos os prazos de entrega desses insumos é de 8 semanas, ou seja, apenas 1/3 do tempo total consumido.

A figura 3.3 a seguir ilustra essa distribuição de forma a visualizar melhor a situação descrita anteriormente.

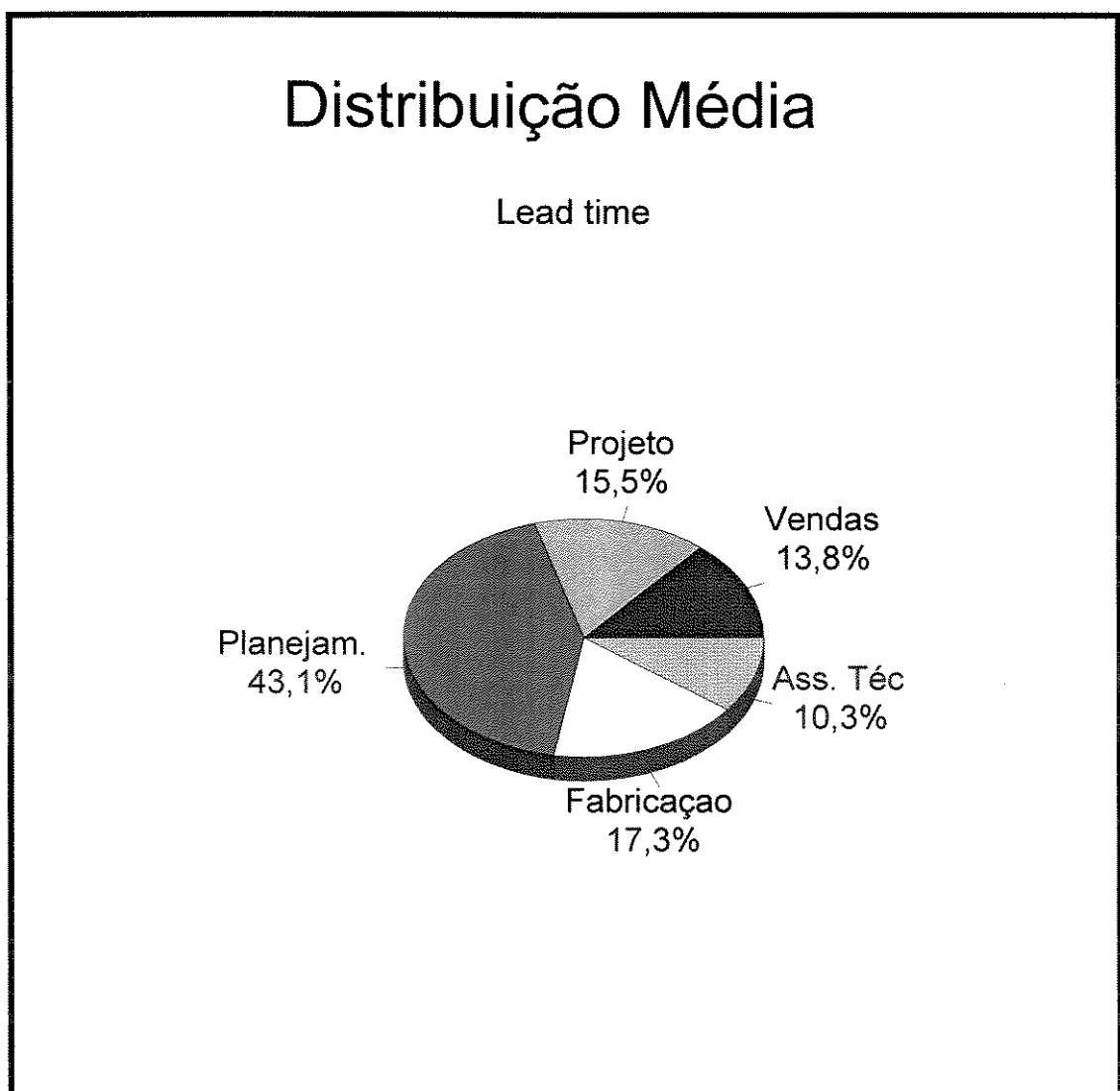


Figura 3.3 - Distribuição proporcional dos cronogramas

3.3- Desenvolvimento do modelo

Os principais objetivos do modelo a ser apresentado foram citados em vários pontos do trabalho, porém é importante citar que o mesmo é apenas uma das possíveis formas de contribuir para a melhoria da eficácia do ambiente considerado, pois muitas outras metodologias e ferramentas poderiam ser adotadas, sejam isoladamente ou em conjunto com esse modelo.

O propósito deste item é portanto introduzir os módulos e considerações utilizadas para compor o modelo proposto. Essas informações serão descritas a seguir.

3.3.1-Metodologia para recuperação de informações

A metodologia utilizada para recuperar as informações de projeto e de processos foi baseada nos métodos de formação de famílias de peças abordados no capítulo 2, item 2.2.2.4 (Classificação e codificação).

Inicialmente procurou-se utilizar a estrutura original do código Optiz (vide figura 2.10), para classificar e codificar manualmente uma amostra característica de 250 componentes existentes, porém após várias análises chegou-se à conclusão de que o mesmo não atendia as expectativas do modelo. Mesmo assim foi possível levantar algumas informações importantes para a elaboração de um sistema adaptado às necessidades do fabricante, que são descritas a seguir.

- 49,8% dos componentes eram rotacionais;
- 30,7% dos componentes eram não-rotacionais (planos ou cúbicos);
- 16,3 % dos componentes eram conjuntos soldados, dobrados, etc;
- 22,4% dos componentes se tratavam de eixos ou buchas com geometria relativamente simples;
- 97,7% dos componentes eram “sem desvio” do eixo de revolução;
- As 3 classes relativas a proporção geométrica (L/D) apresentavam uma distribuição praticamente homogênea das ocorrências;
- Em vários dígitos do código ocorria uma tendência em apenas algumas das opções disponíveis.

Esses dados são ilustrados com maior clareza nos Anexos I a XII.

O sistema utilizado foi elaborado a partir de uma arquitetura que pudesse incorporar as informações de projeto e manufatura mais importantes para o ambiente considerado e que essas informações ficassem visíveis aos usuários e ao sistema, de forma a permitir uma futura formação de um banco de dados automatizado.

Esse sistema consiste num código numérico de estrutura não-hierárquica, composto por 20 dígitos, sendo ilustrado nas tabelas 3.1 e 3.2 a seguir.

As informações contidas em cada dígito que compõe o código são apresentadas nos Anexos XIII a XXIII.

Posição dos dígitos																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	B	C	D	E	F	F	F	F	G	H	I	J	K						

Tabela 3.1 - Estrutura do código

Informação		N.º dígitos	Característica
A	Tipo de componente (Rotacional)	1	Geométrica
B	Quantidade de segmentos ou <i>features</i>	2	Geométrica
C	Comprimento máximo (L _{máx})	2	Geométrica
D	Diâmetro máximo (D _{máx})	2	Geométrica
E	Comprimento máximo/Diâmetro Médio	2	Geométrica
F	Configuração geométrica do componente	4	Geométrica
G	Tipo de matéria-prima	1	Processo
H	Tratamento térmico	1	Processo
I	Tratamento superficial	1	Processo
J	Formato da matéria-prima	2	Processo
K	Tolerância IT	2	Processo

Tabela 3.2 - Conteúdo do código

3.3.2- Descrição do aplicativo “FB_CAD”

O aplicativo desenvolvido para simular o modelo proposto no trabalho foi denominado “FB_CAD”, apenas como forma alusiva à utilização do conceito de um sistema CAD que se utiliza de conceitos básicos de de Modelamento baseado em *Features* (“Feature-based Computer Aided Design”), mas sem a pretensão de compará-lo com sistemas comerciais existentes ou disponibilizar sua utilização no mercado.

O princípio básico do FB_CAD é uma estrutura semelhante ao de Projeto baseado em *Features*, adaptado às necessidades existentes e utilizando-se recursos disponíveis.

Para efeito de simplificação, as informações tecnológicas que são incorporadas ao objeto durante o modelamento são recuperados apenas através do código gerado e não diretamente do modelo CAD, ou seja não será criado um “modelo *feature*” para incorporar as informações geométricas e tecnológicas.

A figura 3.4 ilustra graficamente a estrutura do FB_CAD com o ambiente do usuário.

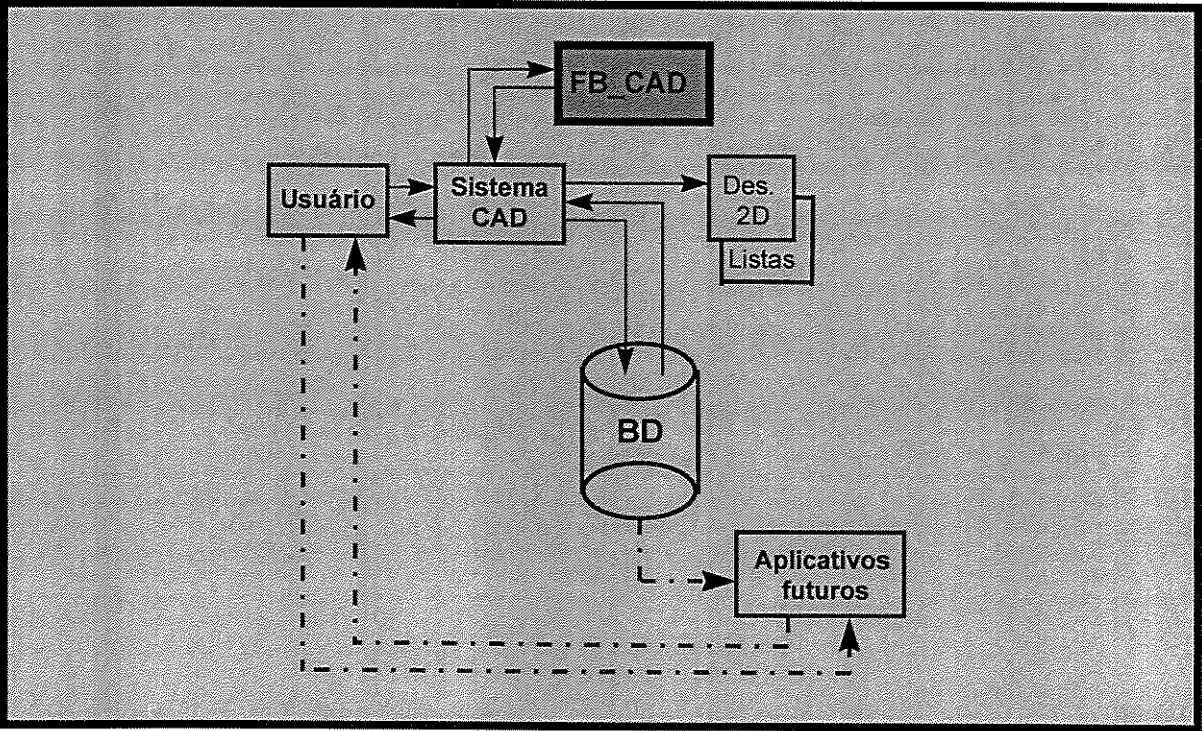


Figura 3.4- Estrutura do aplicativo FB_CAD

O aplicativo FB_CAD é composto de um arquivo básico (FBCAD.LSP) e um arquivo secundário para as interações gráficas (FBCAD.DCL), além de algumas ilustrações compartilhadas na sua utilização (FEAT1 ... FEAT10.SLD). Esses arquivos são escritos em linguagem AUTOLISP, sendo que mais detalhes dessa linguagem serão citados no item 3.3.3.

Nas páginas seguintes são apresentados alguns extratos representativos desses programas.

A seguir extrato do programa FBCAD.LSP, correspondente à definição das variáveis principais:

```
;/=====
;
; ***** ARQUIVO: FBCAD.LSP *****          ED. 15/07/97
;
;=====

(defun c:fb()

  (setq nf 0
        lttotal 0
        dmax 0
        somadia 0
        fator 0
        it 99
        pt0 (getpoint "\nPonto inicial : ")
        ang (getangle pt0 "\nDirecao : ")
        st 2
        lismat '("Acos Carbono sem Liga (<0,5%C)"
                  "Acos Carbono sem Liga (>0,5%C)"
                  "Acos Ligados para Trat. Termico"
                  "Acos para Ferramentas Especiais"
                  "Acos Inoxidaveis"
                  "Bronze, Latao ou Cobre"
                  "Aluminio e Ligas Leves"
                  "Termoplasticos"
                  "Termofixos"
                  "Outros"))

  ;=====
```


A seguir extrato do programa FBCAD.LSP, correspondente à codificação dos dígitos 1 a 5:

```
;=====
(if (= st 1)
  (progn
    (setq codigo "0"
      codigo (if (< nf 10) (strcat codigo "0" (itoa nf))
                (strcat codigo (itoa nf))
    )
  )

  (cond
    ((<= lttotal 5) (setq codigo (strcat codigo "00")))
    ((<= lttotal 20) (setq codigo (strcat codigo "10")))
    ((<= lttotal 50) (setq codigo (strcat codigo "20")))
    ((<= lttotal 80) (setq codigo (strcat codigo "30")))
    ((<= lttotal 100) (setq codigo (strcat codigo "40")))
    ((<= lttotal 150) (setq codigo (strcat codigo "50")))
    ((<= lttotal 200) (setq codigo (strcat codigo "55")))
    ((<= lttotal 250) (setq codigo (strcat codigo "60")))
    ((<= lttotal 300) (setq codigo (strcat codigo "65")))
    ((<= lttotal 400) (setq codigo (strcat codigo "70")))
    ((<= lttotal 500) (setq codigo (strcat codigo "75")))
    ((<= lttotal 600) (setq codigo (strcat codigo "80")))
    ((<= lttotal 800) (setq codigo (strcat codigo "85")))
    ((<= lttotal 1000) (setq codigo (strcat codigo "90")))
    (T (setq codigo (strcat codigo "99")))
  )
);=====
```

A seguir extrato do programa FBCAD.LSP, correspondente à codificação do dígito 14 (Propriedades Tecnológicas: "Material"):

```
;=====
  (new_dialog "tecno" dcl_id)
    (start_list "mat")
      (add_list (nth 0 lismat))
      (add_list (nth 1 lismat))
      (add_list (nth 2 lismat))
      (add_list (nth 3 lismat))
      (add_list (nth 4 lismat))
      (add_list (nth 5 lismat))
      (add_list (nth 6 lismat))
      (add_list (nth 7 lismat))
      (add_list (nth 8 lismat))
      (add_list (nth 9 lismat))
    (end_list)
    (action_tile "accept" "(setq mat (get_tile \"mat\"))")
  (done_dialog)
  (start_dialog)
  (setq codigo (strcat codigo mat))
;=====
```

A seguir extrato do programa FBCAD.DCL, correspondente à definição das caixas de diálogo da biblioteca de *features*:

```
;=====
feat:dialog {
  label = "Selecione a Feature";
  : row {
    : image_button {
      key = "f1";
      color = 0;
      width = 20;
      aspect_ratio = 0.5;
    }
    : image_button {
      key = "f2";
      color = 0;
      width = 20;
      aspect_ratio = 0.5;
    }
    : image_button {
      key = "f3";
      color = 0;
      width = 20;
      aspect_ratio = 0.5;
    }
  }
  spacer_1;
  ok_cancel;
}
;=====
```

A seguir extrato do programa FBCAD.DCL, correspondente à definição das caixas de diálogo das propriedades tecnológicas:

```
=====
tecno : dialog {
  label = "PROPRIEDADES TECNOLOGICAS";
  : popup_list {
    key = "mat";
    label = "Material";
    edit_width = 30;
  }
  : popup_list {
    key = "tt";
    label = "Trat. Termico";
    edit_width = 30;
  }
  : popup_list {
    key = "ts";
    label = "Trat. Superficial";
    edit_width = 30;
  }

  : popup_list {
    key = "mp";
    label = "Formato M-Prima";
    edit_width = 30;
  }
  spacer_1;
  ok_only;
}
=====
```

O aplicativo FB_CAD é basicamente uma interface com o sistema CAD do usuário, onde são disponibilizados três módulos:

- Biblioteca de *Features*;
- Identificador das *Features*;
- Gerador do código.

Esses módulos serão descritos a seguir, de forma a comentar suas funções dentro do modelo proposto pelo trabalho.

A figura 3.5 ilustra graficamente a interface dos módulos do FB_CAD.

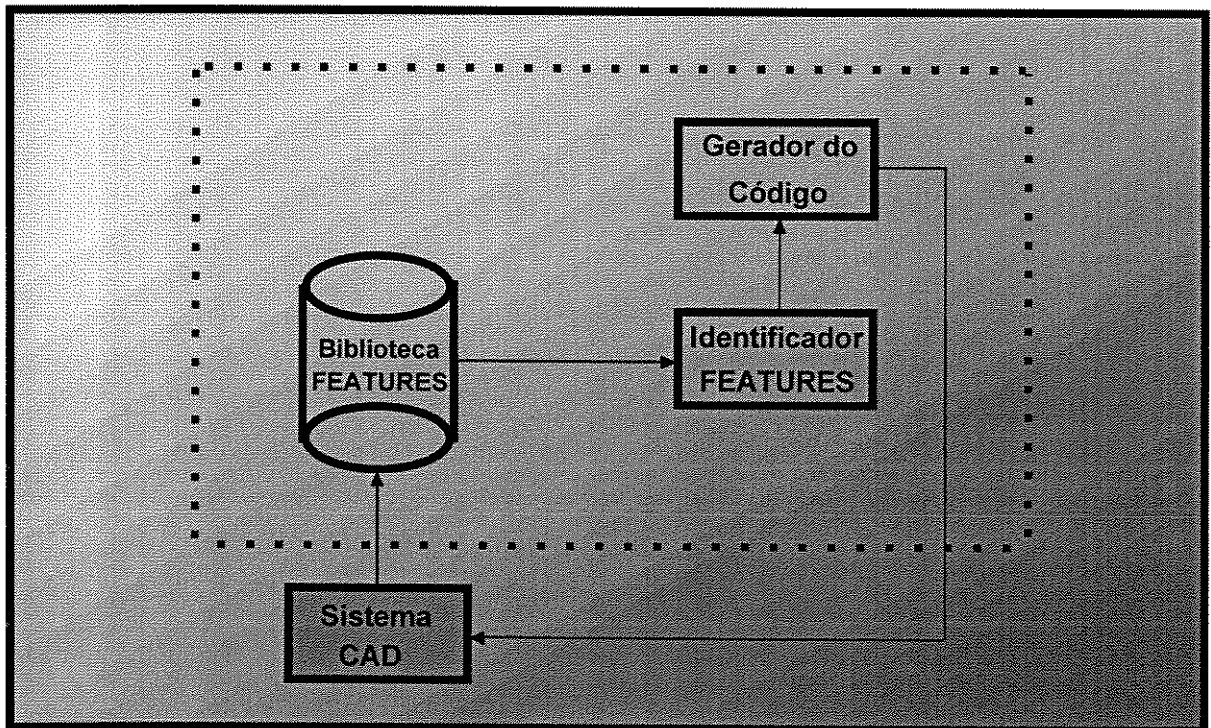


Figura 3.5 -Módulos do aplicativo FB_CAD

3.3.2.1- Biblioteca de *Features*

A biblioteca de *features*, foi elaborada a partir da avaliação inicial utilizando o código Optiz para classificar uma amostra significativa das características predominantes nos componentes utilizados no fabricante hipotético. A partir dessa avaliação foi considerado um horizonte de 10 *features* distintas que representavam as aplicações mais comuns. Essa biblioteca é ilustrada na Figura 3.6.

Pode ser observado que à cada *feature* (f), corresponde um número de identificação (n), variando de 1 a 10 e estas são parametrizadas em função do diâmetro e comprimento. Essa identificação será utilizada para reconhecer as features utilizadas durante o modelamento geométrico e é exemplificado no item seguinte.

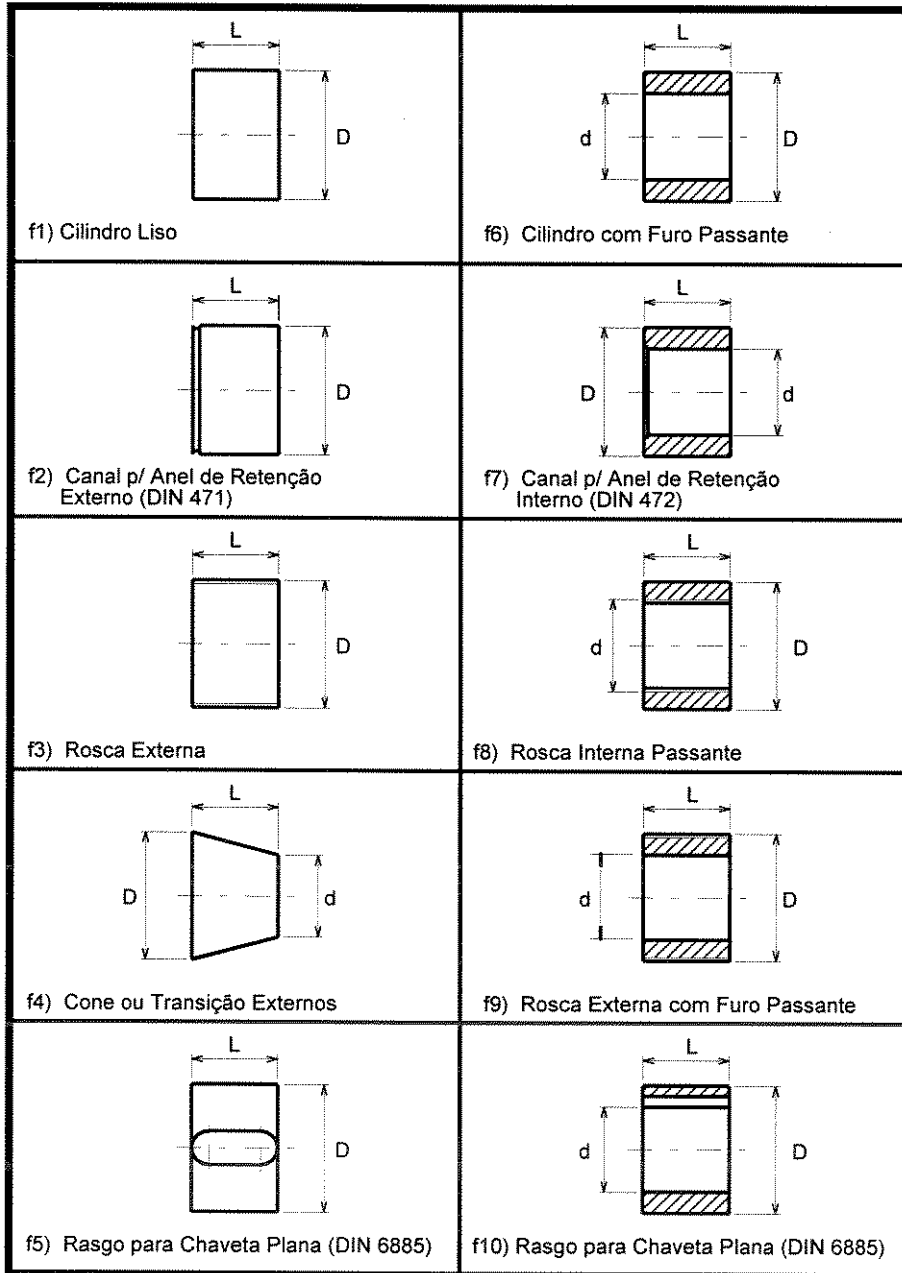


Figura 3.6 - Biblioteca de *Features*

A figura 3.7 ilustra a *feature* f6, sendo em seguida apresentado um extrato do programa que gera sua representação durante o modelamento geométrico.

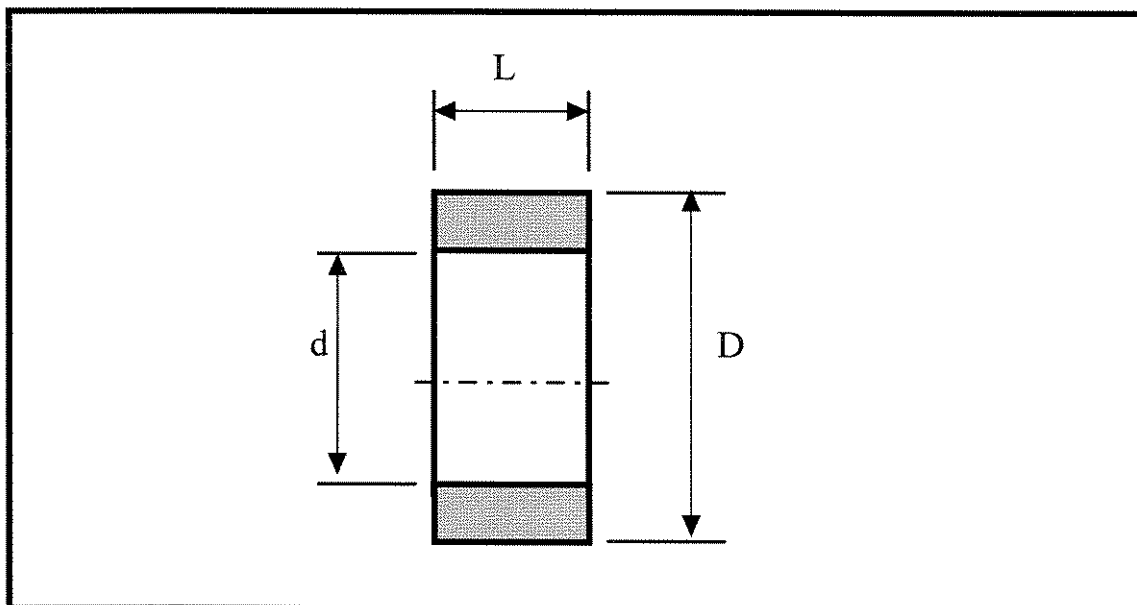


Figura 3.7 - Desenho da *feature f6*

A seguir extrato do programa FBCAD.LSP, correspondente ao desenho da *feature f6*:

```

;-----
;DESENHO DA FEATURE_6

(defun des_feat6()
  (setq dia (getdist "\nDiametro Externo : ")
        tol_e (getdist "\nTolerancia IT : ")
        diaint (getdist "\nDiametro Interno : ")
        tol_i (getdist "\nTolerancia IT : ")
        comp (getdist "\nComprimento : ")
        nf (1+ nf)
        it (min it tol_e tol_i)
        dmax (max dmax dia)
        somadia (+ somadia dia)
        ltotal (+ ltotal comp)
        fator (+ fator 64)
        pt1 (polar pt0 (+ (/ pi 2) ang) (/ dia 2))
        pt2 (polar pt0 (+ (/ pi -2) ang) (/ dia 2))
        pt3 (polar pt1 ang comp)
        pt4 (polar pt2 ang comp)
        pt5 (polar pt0 (+ (/ pi 2) ang) (/ diaint 2))
        pt6 (polar pt0 (+ (/ pi -2) ang) (/ diaint 2))
        pt7 (polar pt5 ang comp)
        pt8 (polar pt6 ang comp)
        pt0 (polar pt0 ang comp)
  )
  (command "line" pt1 pt3 pt4 pt2 "c"
           "line" pt5 pt7 ""
           "line" pt6 pt8 ""
  )
)
;-----

```


O modelo proposto adota uma biblioteca prédefinida, não permitindo acesso pelo usuário, fato que denota uma desvantagem do sistema em restringir a utilização do modelo para todas as aplicações. Por outro lado, exige do usuário um esforço constante em buscar soluções que contemplem o universo padronizado do sistema, que pode ser interpretado como uma vantagem.

Para reduzir o efeito dessas limitações, podem ser criadas soluções alternativas de forma a obter um modelo híbrido, utilizando a biblioteca como base e também os recursos originais do modelador CAD, que são disponíveis no mesmo ambiente gráfico. Um exemplo dessa solução pode ser verificada no desenho que se encontra no Anexo XXVI, onde foi utilizada uma *feature* disponível na biblioteca e posteriormente modificada para atender a necessidade do usuário. Essas modificações foram feitas diretamente no ambiente gráfico do modelador CAD utilizado, sendo que o código gerado não tem capacidade de interpretar essas situações.

3.3.2.2- Módulo “Identificador de *Features*”

A identificação das *features* é feita durante o modelamento no ambiente CAD, através de variáveis que são utilizadas pelo *software* e posteriormente interpretadas pelo “Módulo Gerador do Código”. Essas variáveis foram definidas a partir da estrutura e conteúdo do código, conforme tabelas 3.1 e 3.2, sendo que algumas estão em forma de opções através de um menu, fornecidas ao usuário e preenchidas durante o modelamento, e outras são definidas ou calculadas internamente pelo próprio *software*.

A forma de aquisição das informações para o modelo é descrita de acordo com cada dígito que compõe o código nos Anexos XIII a XXIII.

Os dígitos 10 a 13 do código definem o formato geométrico do componente modelado, permitindo avaliar o grau de dificuldade em se obter o componente, através das *features* utilizadas no modelamento do componente.

Conforme o Anexo XVIII, esses dígitos são obtidos através de análise combinatória das *features* disponíveis na biblioteca, atribuindo-se o valor 2^n para cada *feature*, onde n corresponde à cada *feature*(f_n) ilustrada na biblioteca da Figura 3.6.

Essa análise combinatória considera todas as configurações possíveis dessas *features* ($C_{10,1}$ a $C_{10,10}$), resultando num total de 1023 diferentes possíveis combinações, considerando as seguintes interações:

- $C_{10,1}$: 10 combinações ($f_1, f_2, f_3, \dots, f_{10}$);
- $C_{10,2}$: 45 combinações ($f_1 f_2, f_1 f_3, f_1 f_4, \text{etc}$);
- $C_{10,3}$: 120 combinações ($f_1 f_2 f_3, f_1 f_2 f_4, \text{etc}$);
- $C_{10,4}$: 210 combinações ($f_1 f_2 f_3 f_4, f_1 f_2 f_3 f_5, \text{etc}$);
- $C_{10,5}$: 252 combinações ($f_1 f_2 f_3 f_4 f_5, f_1 f_2 f_3 f_4 f_6, \text{etc}$);
- $C_{10,6}$: 210 combinações ($f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6, f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_7, \text{etc}$);
- $C_{10,7}$: 120 combinações ($f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7, f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_8, \text{etc}$);
- $C_{10,8}$: 45 combinações ($f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_8, f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_9, \text{etc}$);
- $C_{10,9}$: 10 combinações ($f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_8 f_9, f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_8 f_{10}, \text{etc}$);
- $C_{10,10}$: 1 combinação ($f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_8 f_9 f_{10}$);

Como à cada *feature* (f), corresponde um número de identificação (n), conforme pode ser verificado na figura 3.6, a identificação das *features* é realizada atribuindo-se um valor para cada *feature* de forma que a combinação das *features* resulte num valor único para o sistema.

Dessa forma o valor atribuído às *features* corresponde a 2^n , onde **n** é o número de identificação da *feature*.

Essa avaliação do sistema pode ser exemplificada na figura 3.8 e tabela 3.3, a seguir, com exemplo de tratamento do programa FBCAD.LSP para definir os dígitos 10 a 13, conforme Anexo XVIII.

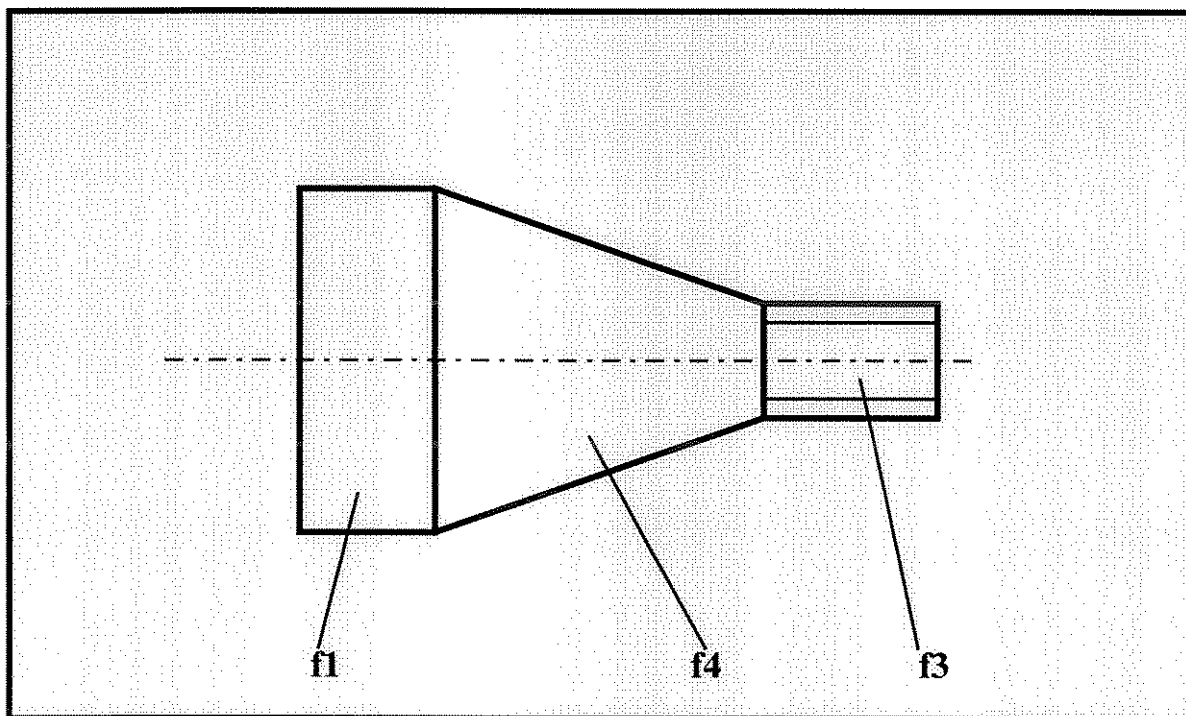


Figura 3.8 - Exemplo de composição de desenho através da biblioteca de *features*

feature	n	2ⁿ
f1	1	2
f4	4	16
f3	3	8
Somatório:		26
Dígitos 10 a 13:		0026

Tabela 3.3 - Análise combinatória de uma composição de *features*

Conforme Anexo XVIII, para a sequência f1f3f4, o valor correspondente aos dígitos 10 a 13 é **0026**, sendo que para o exemplo da figura 3.8, aos dígitos 10 a 13 corresponderá o valor “0026”. A sequência das *features* utilizadas não é significativa para o modelo.

3.3.2.3- Módulo “Gerador do código”

O módulo “Gerador do código” é simplesmente um interpretador das variáveis definidas pelo *software* e que foram alocadas durante o modelamento CAD. Essas variáveis são comparadas com tabelas idênticas àquelas que são ilustradas nos Anexos XIII a XXIII.

O código é fornecido ao usuário em forma de texto, que pode ser acoplado ao componente modelado como se fosse uma nota do desenho.

Para efeito de simplificação, a versão do modelo apresentada no presente trabalho requer que o usuário informe, via desenho ou de outra forma qualquer esse código aos outros usuários, mas isso poderia estar disponível automaticamente numa base de dados comum ao sistema do fabricante hipotético, como ilustrado na Figura 3.4, através de um banco de dados ou aplicativos que utilizassem essas informações, permitindo um melhor nível de integração do modelo.

3.3.3-Escolha do *Software* e linguagem de programação

O *software* utilizado para o modelamento geométrico foi o AUTOCAD Release 12, produzido pela empresa americana AUTODESK. Essa escolha foi influenciada por algumas vantagens encontradas por ocasião da configuração do modelo apresentado, entre as quais podem ser citadas:

- Popularidade e alta participação de mercado:

Atualmente, o AUTOCAD é um dos *softwares* CAD mais populares do mercado, comparando-se com seus compatíveis. Essa liderança de mercado alavanca uma série de outras vantagens como: disponibilidade de inúmeros aplicativos comerciais que o utilizam como plataforma para diversos produtos, grande oferta de cursos para aprendizagem, etc.

- Baixo custo de implantação:

Por ser um *software* que apresenta um custo acessível que exige configurações simples de *hardware*, pode ser adquirido por pequenas empresas, que é o enfoque do presente trabalho, ou profissionais liberais, além de grande aceitação em empresas de maior porte.

- Facilidade de customização

É um *software* amigável que permite a customização de várias rotinas pelo próprio usuário, através de linguagens de programação conhecidas, como o AUTOLISP, por exemplo.

- Compatibilidade para troca de informações:

Devido à sua grande participação de mercado, é um software que passa a ser praticamente um padrão para troca de informações e dados, através do padrão DXF (MEERAN & PRATT, 1993), sejam elas gráficas, numéricas ou alfanuméricas e portanto compatível com uma série de outros aplicativos disponíveis no mercado, melhorando a integração do sistema utilizado.

Além desses fatores citados, o AUTOCAD possui cópias de utilização disponíveis na Universidade e é referenciado em muitos trabalhos de cunho acadêmico, como é o caso deste.

A utilização dos recursos de modelagem bidimensional (2D), ao invés da tridimensional (3D), foi adotada para efeito de simplificação e por ser suficiente para os objetivos propostos.

A linguagem de programação utilizada para escrever as rotinas introduzidas no ambiente gráfico do AUTOCAD foi o AUTOLISP. O AUTOLISP é uma linguagem própria criada pela AUTODESK para ser uma ferramenta de programação para customizar rotinas a serem utilizadas pelo AUTOCAD.

Na verdade, o AUTOLISP é uma adaptação da linguagem LISP, para permitir a integração com o ambiente AUTOCAD, sendo que a maioria dos comandos e funções permanecem idênticos à versão original LISP (KRAMER & KRAMER, 1995).

Além da linguagem AUTOLISP ser adotada pela disponibilidade atual, deve-se considerar que a linguagem LISP original também apresenta uma série de recursos largamente utilizados em aplicações de Inteligência Artificial, baseando-se no processamento de listas e símbolos (LUGER & STUBBLEFIELD, 1993).

Entre essas aplicações pode-se citar:

- programação de movimentos de robôs;
- programação de máquinas automatizadas;
- programação de CLP's (Controladores Lógicos Programáveis)

3.4- Exemplos de aplicação

A seguir é apresentado um exemplo de utilização de modelamento geométrico utilizando o “FB_CAD”, comentando passo a passo suas particularidades.

Os Anexos XXIV a XXVII trazem ilustrações de outros exemplos de componentes modelados pelo FB_CAD, com seus respectivos códigos gerados.

As figuras 3.9 a 3.22 ilustram passo a passo, através de telas representativas do ambiente gráfico do AUTOCAD, a utilização do aplicativo FB_CAD.

A figura 3.9 ilustra um desenho representativo do objeto que se deseja modelar utilizando o aplicativo FB_CAD. As informações tecnológicas são informadas em modo de notas de desenho.

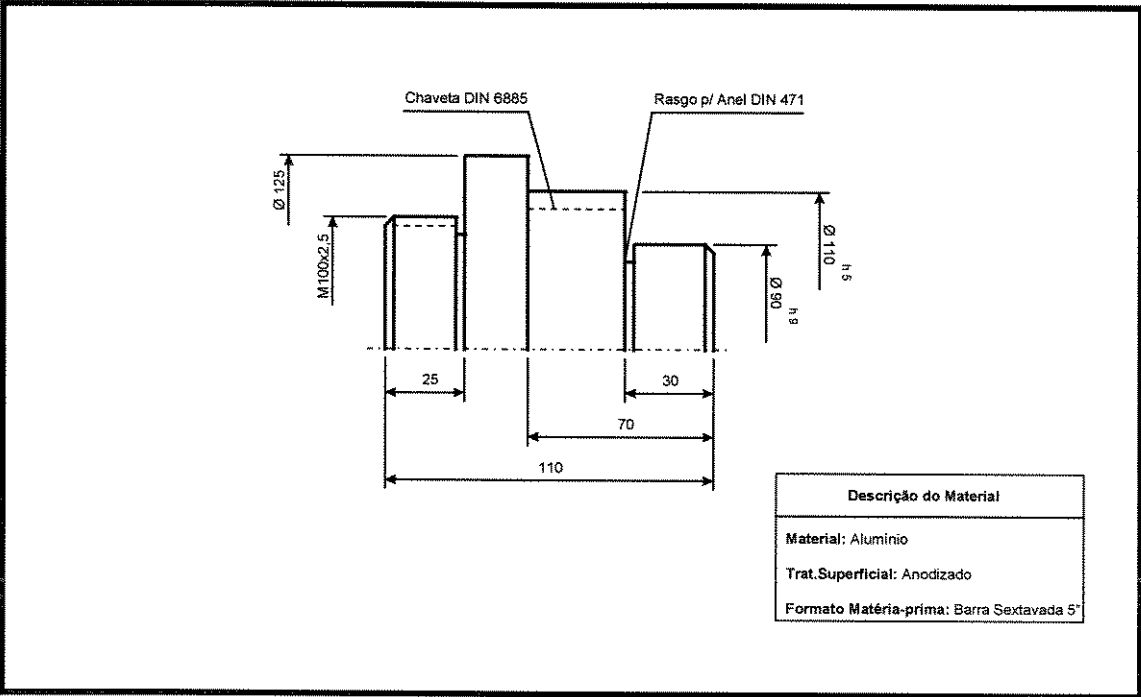


Figura 3.9- Desenho de um componente a ser modelado

A figura 3.10 ilustra uma tela do ambiente gráfico AUTOCAD, detalhando a forma de incorporar o aplicativo FB _CAD para utilização.

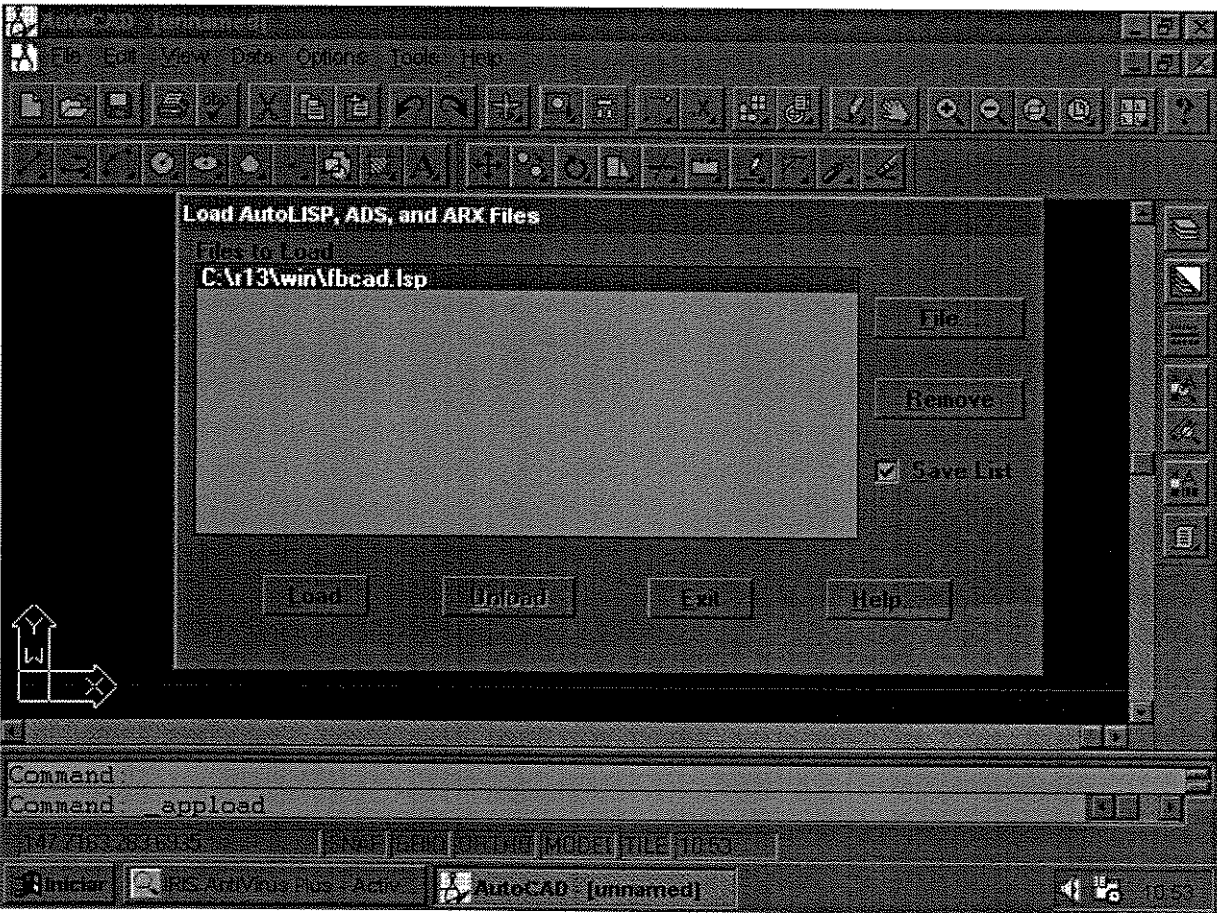


Figura 3.10- Configuração do aplicativo FB _CAD para o ambiente AUTOCAD

A figura 3.11 ilustra a tela do ambiente gráfico AUTOCAD já configurado para se iniciar o modelamento CAD utilizando o aplicativo FB_CAD. Para se iniciar o aplicativo deve-se digitar o comando “fb” conforme indicado na linha do rodapé da tela.

O nome “fb” foi definido como comando para inicializar o aplicativo FB_CAD dentro do programa FBCAD.LSP.

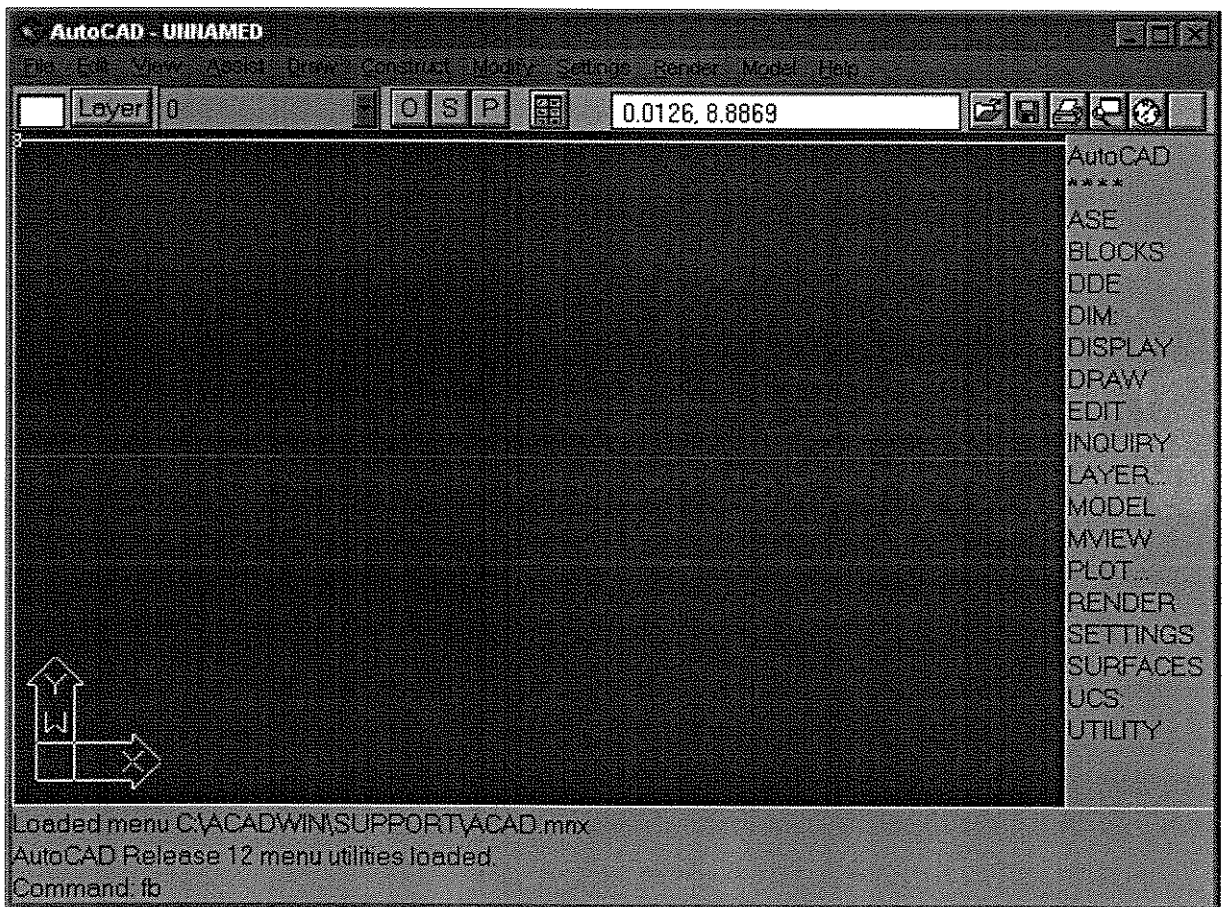


Figura 3.11- Comando para inicialização do aplicativo FB_CAD

A figura 3.12 ilustra o início de processamento do aplicativo FB_CAD, após ser inicializado com o comando “fb”. Neste caso é solicitado o ponto inicial e a direção, que servirão de orientação para o modelamento do objeto.

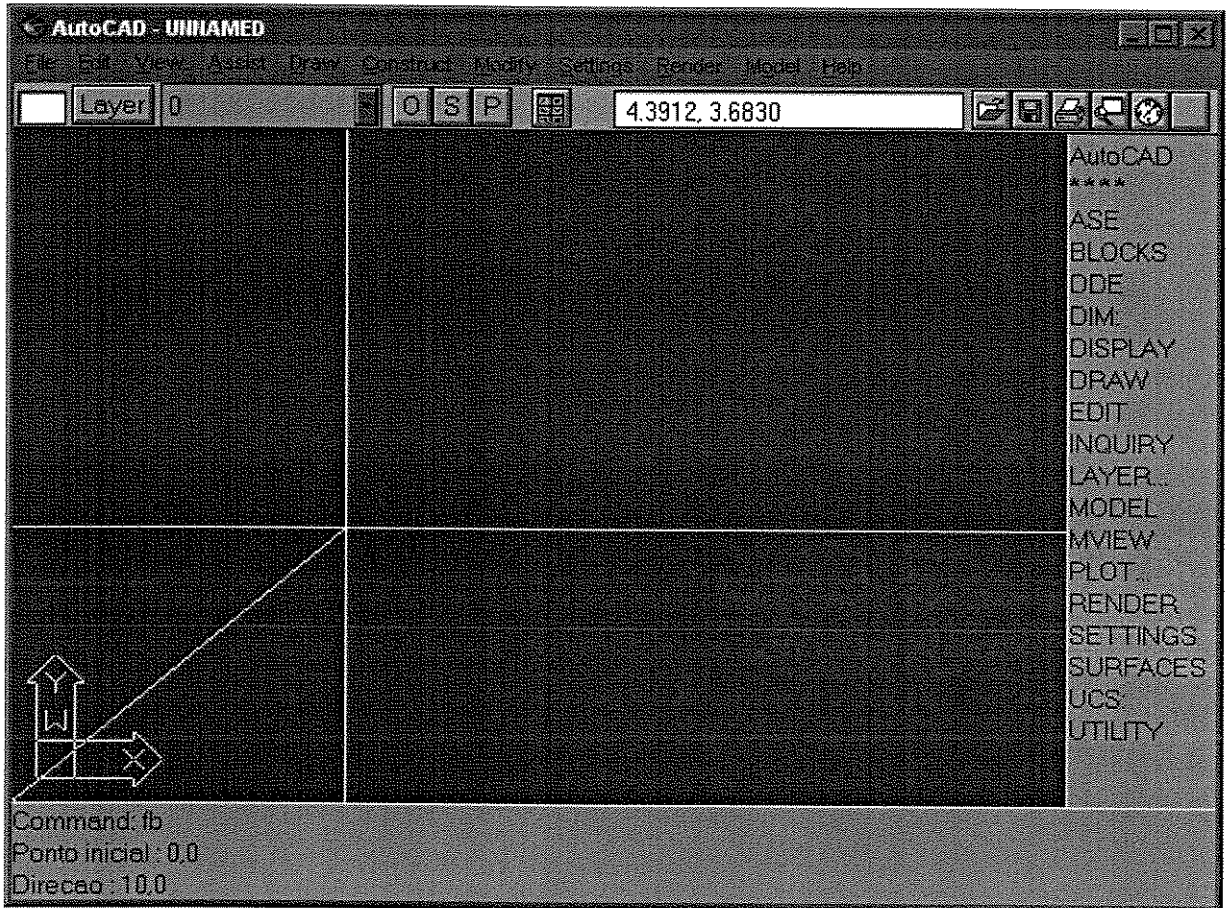


Figura 3.12- Definição das referências para o modelamento

No exemplo foi utilizado como ponto inicial a origem de coordenadas $xy=0,0$. A direção $(10,0)$ é apenas uma orientação para $(x=10$ e $y=0)$, o que significa que o modelamento terá seu eixo de simetria ao longo do eixo x. Caso fosse utilizado a direção $(20,20)$, por exemplo, o objeto seria modelado num ângulo de 45° em relação ao eixo x de referência.

A figura 3.13 ilustra a biblioteca de *features* da forma como é mostrado ao usuário.

Para proceder ao modelamento do objeto, o usuário deve identificar a *feature* que deseja utilizar pressionando o botão esquerdo do mouse (digitalizador) sobre a área gráfica onde está desenhada a *feature* desejada. Ao fazer isso o usuário será questionado sobre as dimensões e tolerâncias da *feature* escolhida conforme pode ser observado na figura 3.14.

Para dar continuidade ao modelamento deve-se escolher as *features* necessárias e ao final pressionar o botão do mouse sobre a opção “OK”.

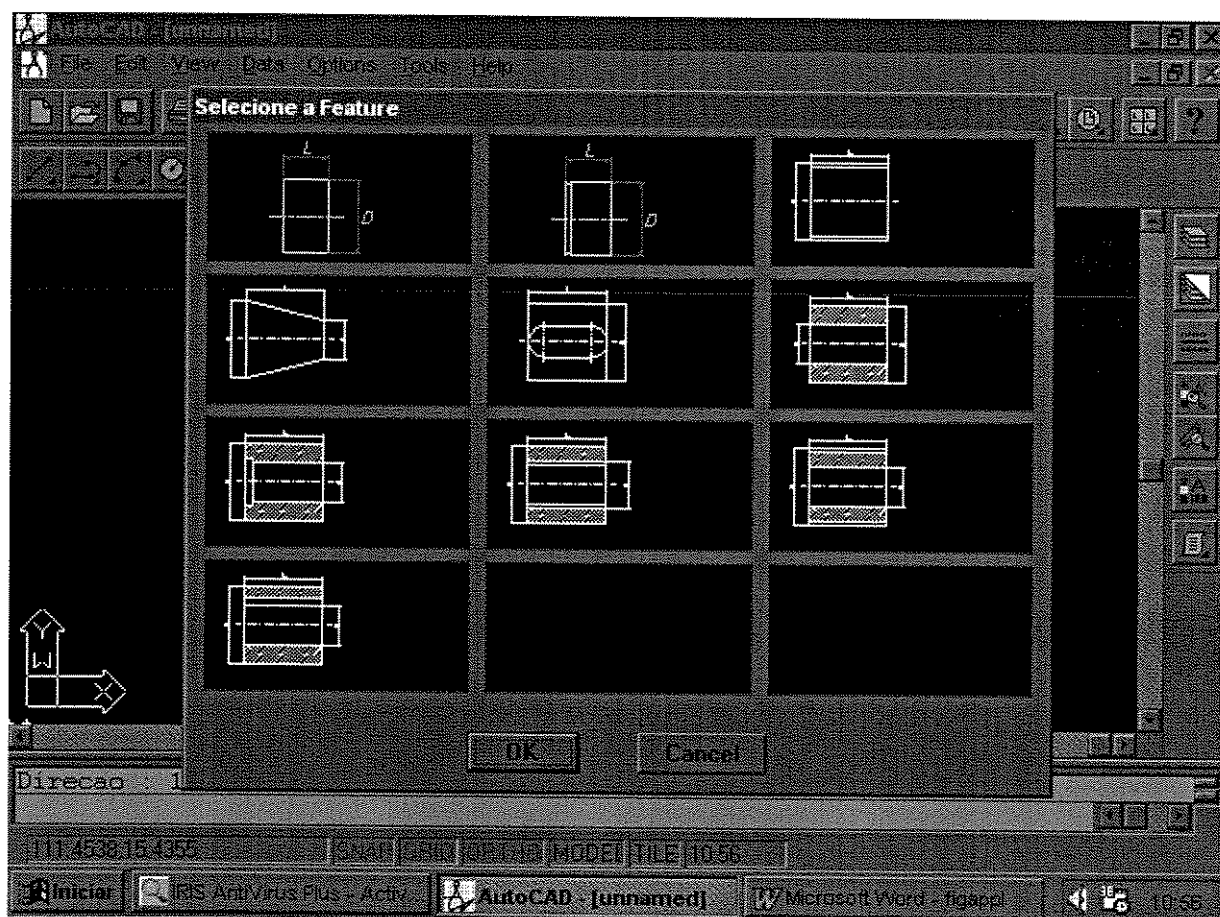


Figura 3.13- Exibição da biblioteca de *features*

Como pode ser visualizado no rodapé da tela da figura 3.14, após escolher determinada *feature* da biblioteca, conforme figura 3.13, o aplicativo solicita automaticamente informações de “diâmetro”, “comprimento” e “tolerância” ao usuário. Essas informações são parametrizadas e serão utilizadas pelo aplicativo para configurar o desenho e calcular alguns dos dígitos que compõem o código.

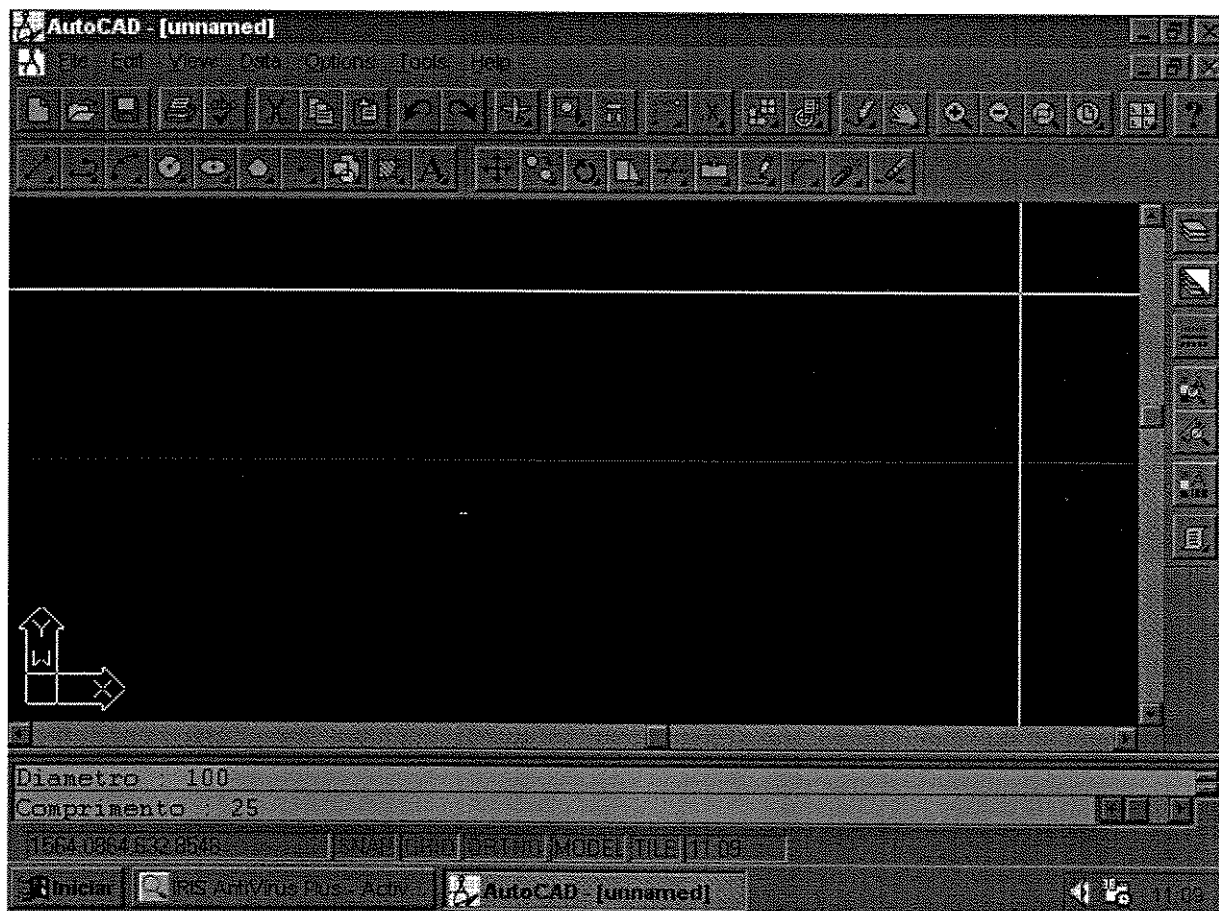


Figura 3.14- Informações parametrizadas solicitadas ao usuário

Ao final do modelamento das features que compõem o objeto, após ser pressionado o botão “OK” da biblioteca (figura 3.13), abre-se uma caixa de diálogo, conforme ilustrado na figura 3.15, onde será solicitado ao usuário as informações relativas às propriedades tecnológicas do componente.

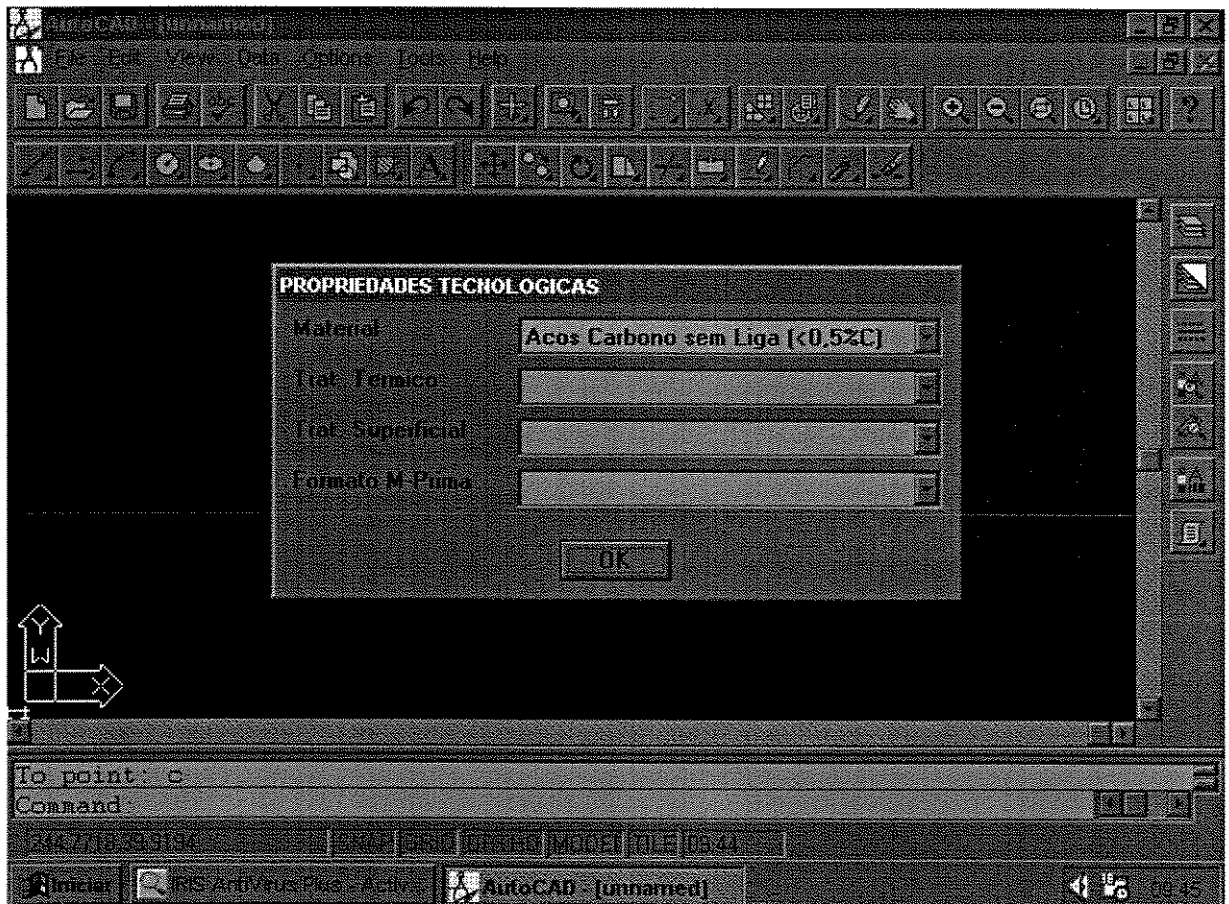


Figura 3.15- Caixa de diálogo das propriedades tecnológicas do componente

A figura 3.16 ilustra a primeira linha da caixa de diálogo e a primeira opção referente às propriedades tecnológicas do componente.

Ao pressionar o botão esquerdo do mouse sobre a seta na extremidade direita dessa linha, abre-se todas as opções disponíveis para a “lista de materiais”. O usuário deverá escolher uma das alternativas através do mouse, sendo que essas alternativas correspondem àquelas definidas no Anexo XIX.

Ao concluir a opção o aplicativo irá abrir a linha seguinte da caixa de diálogo.

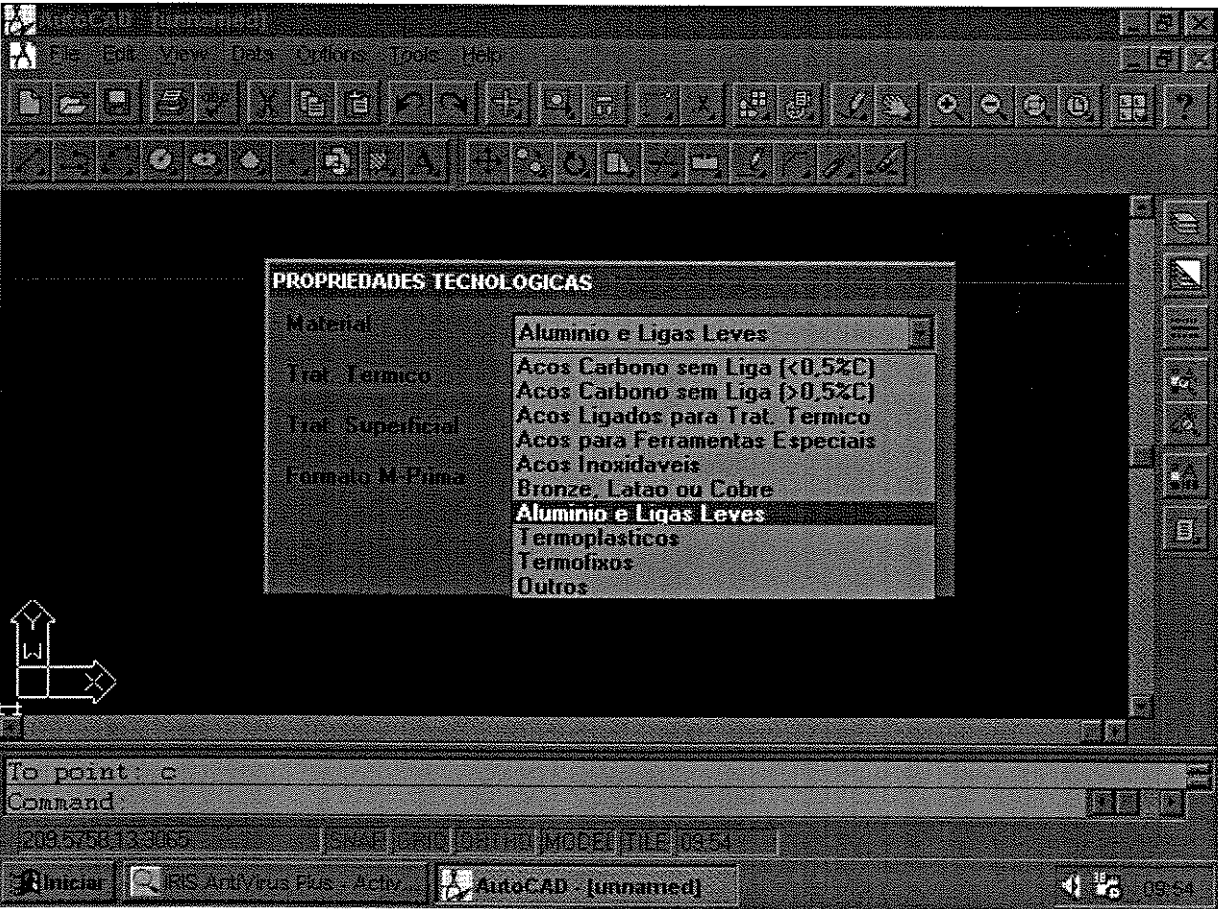


Figura 3.16- Caixa de diálogo para opções de matéria-prima

A figura 3.17 ilustra a segunda linha da caixa de diálogo referente às propriedades tecnológicas do componente.

Ao pressionar o botão esquerdo do mouse sobre a seta na extremidade direita dessa linha, abre-se todas as opções disponíveis para a “lista de tratamentos térmicos”. O usuário deverá escolher uma das alternativas através do mouse, sendo que essas alternativas correspondem àquelas definidas no Anexo XX.

Ao concluir a opção o aplicativo irá abrir a linha seguinte da caixa de diálogo.

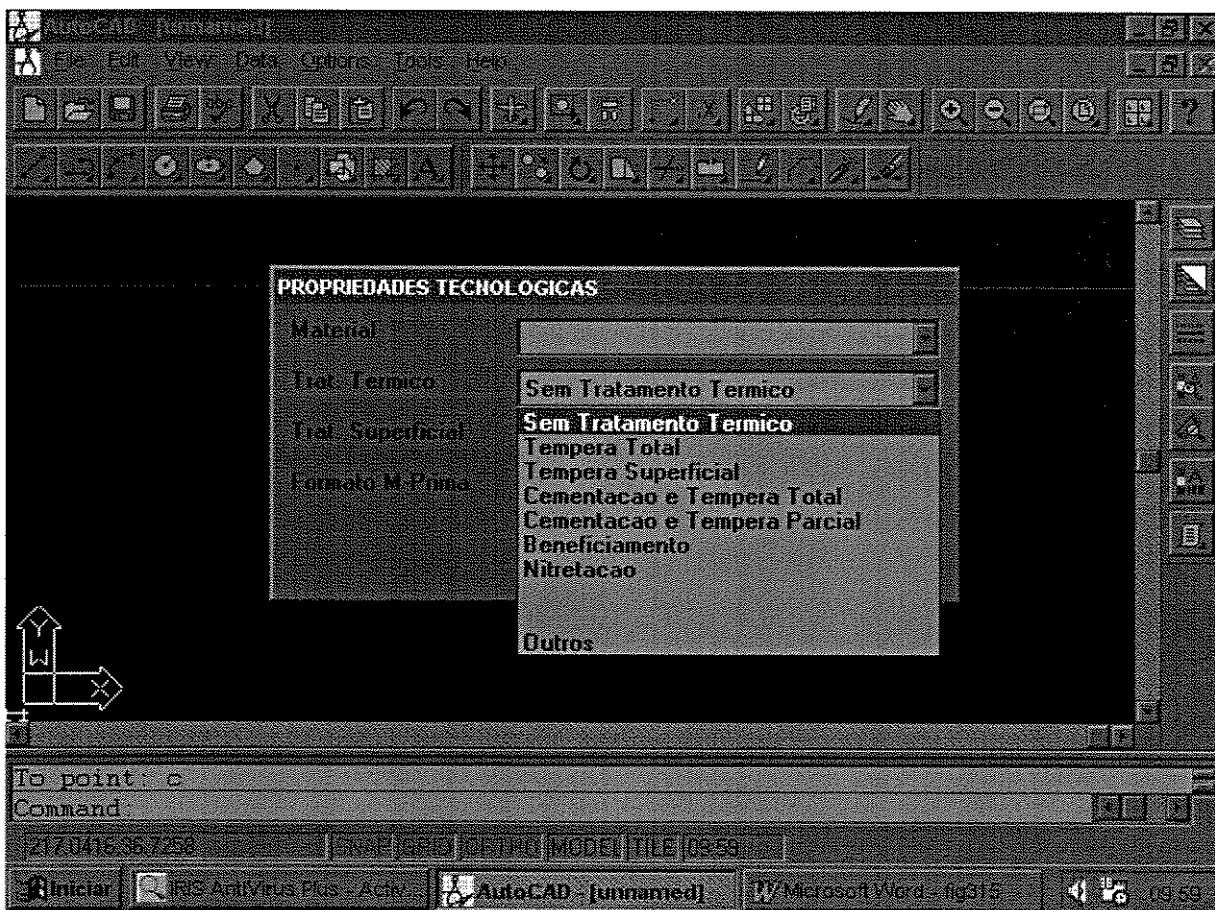


Figura 3.17- Caixa de diálogo para opções de tratamento térmicos

A figura 3.18 ilustra a terceira linha da caixa de diálogo referente às propriedades tecnológicas do componente.

Ao pressionar o botão esquerdo do mouse sobre a seta na extremidade direita dessa linha, abre-se todas as opções disponíveis para a “lista de tratamentos superficiais”. O usuário deverá escolher uma das alternativas através do mouse, sendo que essas alternativas correspondem àquelas definidas no Anexo XXI.

Ao concluir a opção o aplicativo irá abrir a linha seguinte da caixa de diálogo.

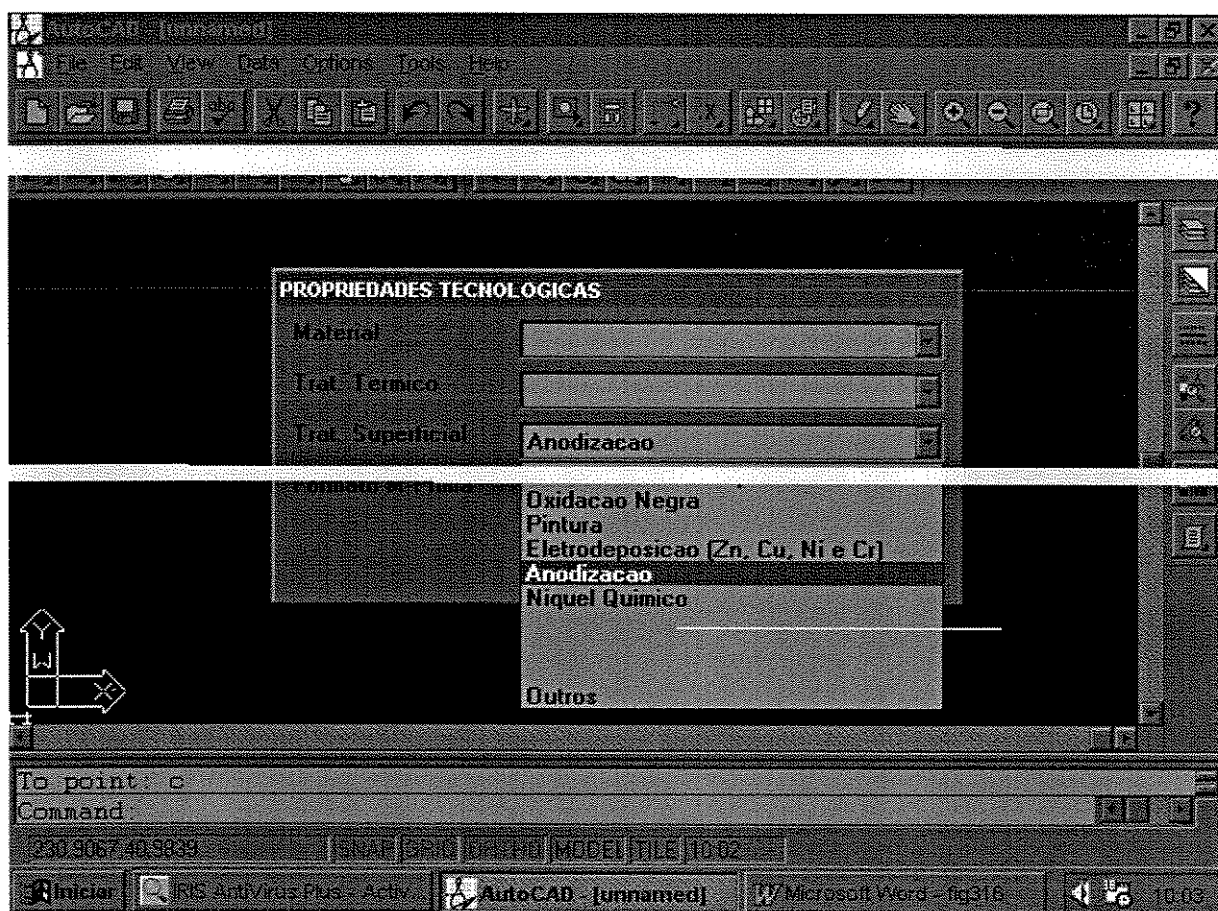


Figura 3.18- Caixa de diálogo para opções de tratamento superficiais

A figura 3.19 ilustra a quarta e última linha da caixa de diálogo referente às propriedades tecnológicas do componente.

Ao pressionar o botão esquerdo do mouse sobre a seta na extremidade direita dessa linha, abre-se todas as opções disponíveis para a “lista de formatos de matéria-prima”. O usuário deverá escolher uma das alternativas através do mouse, sendo que essas alternativas correspondem àquelas definidas no Anexo XXII.

Ao concluir a opção o aplicativo irá fechar a caixa de diálogo de “propriedades tecnológicas”.

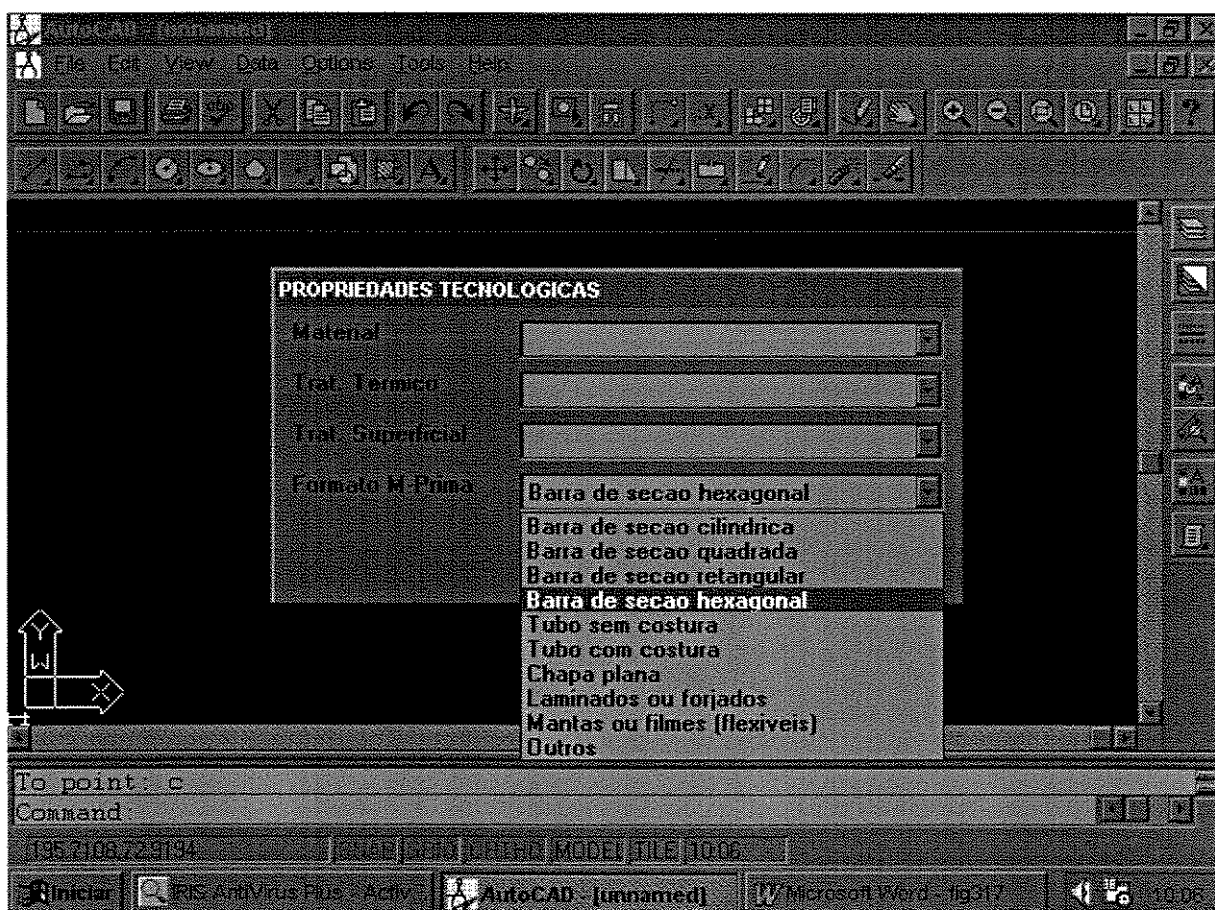


Figura 3.19- Caixa de diálogo para opções de formatos de matéria-prima

A figura 3.20 ilustra a forma como é apresentado ao usuário o código gerado pelo aplicativo FB_CAD. De posse dessa informação o usuário poderá introduzir essa informação no sistema

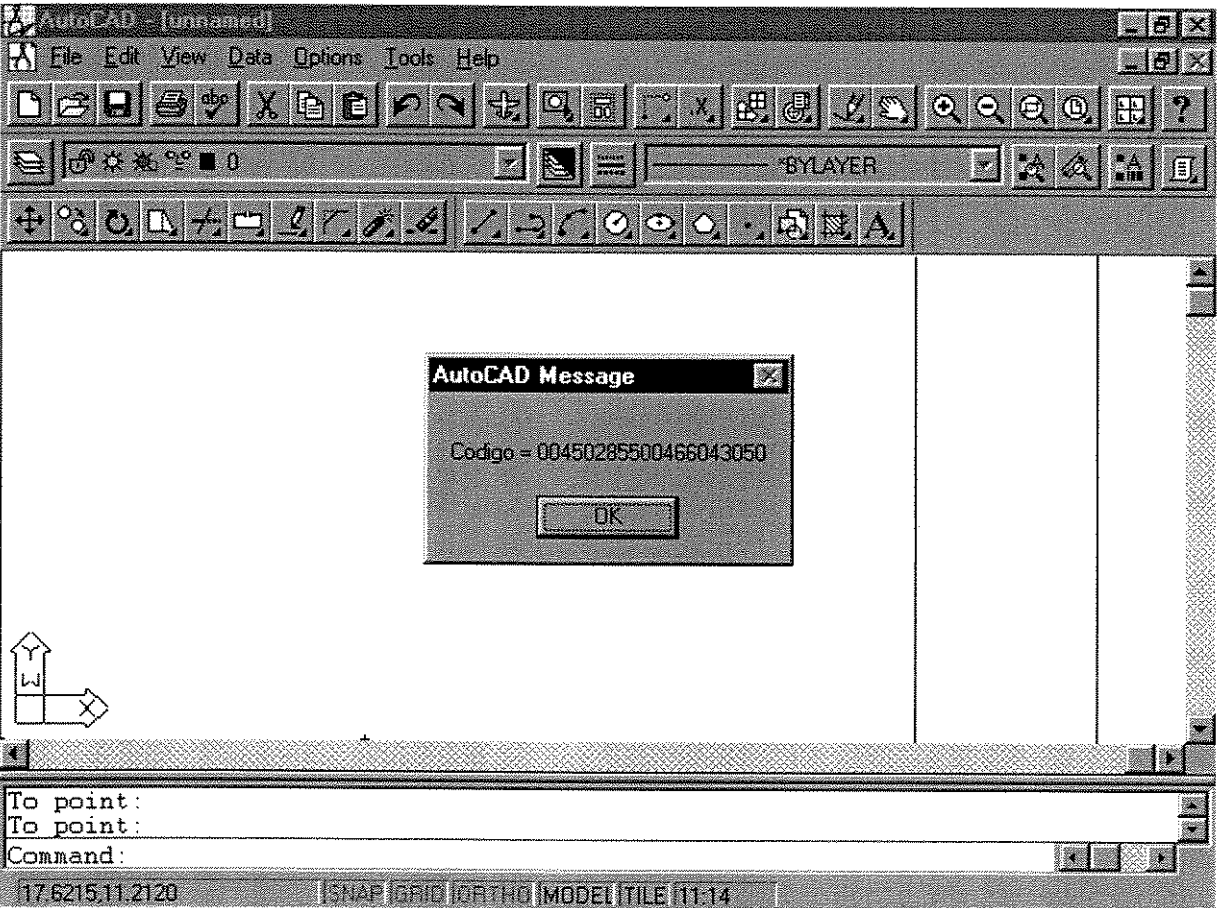


Figura 3.20- Apresentação do código gerado pelo FB_CAD

A figura 3.21 mostra o objeto modelado através do aplicativo FB_CAD. Como pode ser observado, a representação foi simplificada de forma apenas a ser suficiente para os objetivos do trabalho.

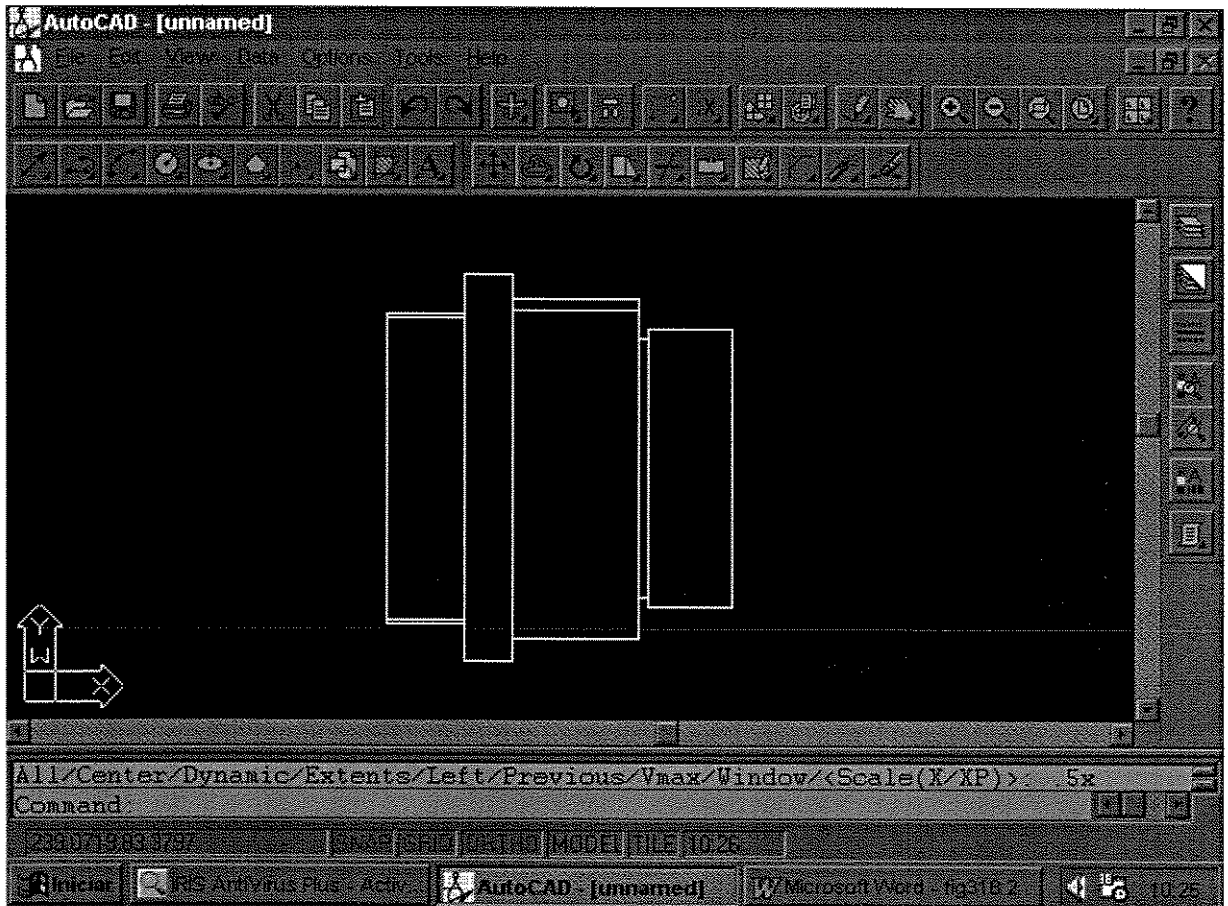


Figura 3.21- Objeto final modelado pelo FB_CAD

A figura 3.22 a seguir ilustra o mesmo modelo da figura anterior após ser melhorado pelo usuário, caso essa atividade adicional seja desejada.

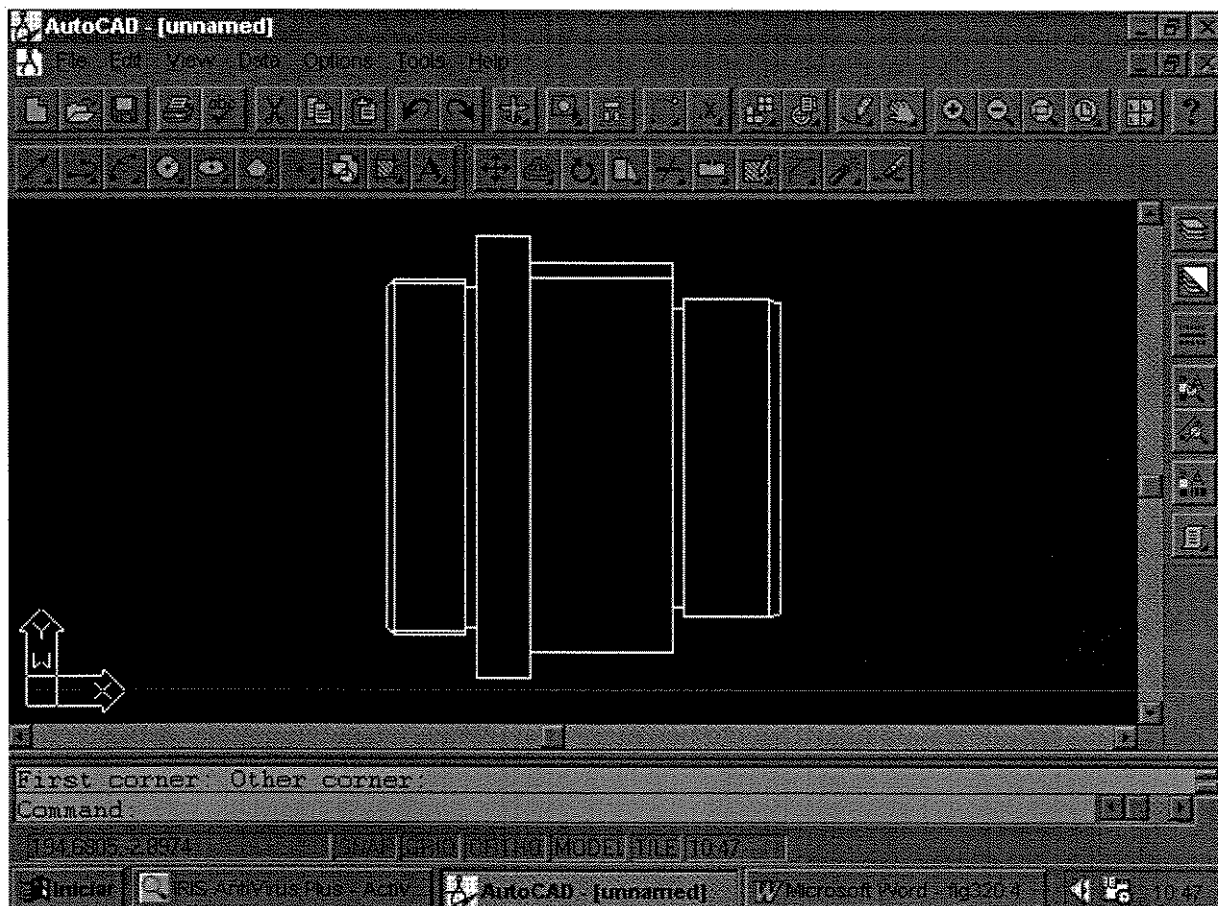


Figura 3.22- Componente remodelado no ambiente AUTOCAD

Capítulo 4

Resultados e Discussões

Após a utilização do modelo proposto para a simulação de alguns casos práticos, foi possível obter resultados satisfatórios, segundo os objetivos iniciais, os quais serão discutidos a seguir.

A utilização do modelo proposto tinha como objetivo básico obter a integração de informações de manufatura aos objetos modelados durante a fase de projeto. Essa integração foi possível através do aplicativo e do sistema de recuperação de informações desenvolvidos.

A seguir é exemplificado a utilização do código gerado com suas possíveis aplicações ou interpretações para o ambiente considerado.

Considerando o componente que ilustrado no Anexo XXV, cujo código atribuído pelo aplicativo FB_CAD é **00330284000022030060**, pode-se extrair várias informações úteis às áreas de manufatura, por exemplo:

Dígito 1: "0"0330284000022030060

Conteúdo: Vide Anexo XIII

Informação: Indica que o componente é rotacional

Exemplos de Aplicação:

- Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido (tornos, retificadoras cilíndricas, etc);
- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade apenas com componentes rotacionais;
- Permite formar famílias de componentes rotacionais.

Dígitos 2 e 3: 0"03"30284000022030060

Conteúdo: Vide Anexo XIV

Informação: Indica que foram utilizadas 3 *features* distintas para a obtenção do componente

Exemplos de Aplicação:

- Permite, junto com os dígitos 10 a 13, estabelecer o nível de complexidade exigido para a obtenção do componente;
- Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, uma vez que quanto maior o valor desses dígitos, maior será a complexidade e conseqüentemente a influência nos tempos e custos de fabricação;
- Permite formar famílias em função do número de *features*, por exemplo anéis e buchas (nf=1) ou elementos complexos (nf > 10).

Dígitos 4 e 5: 003"30"284000022030060

Conteúdo: Vide Anexo XV

Informação: Indica que o comprimento máximo do componente está entre 50 e 80 mm

Exemplos de Aplicação:

- Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido (por exemplo o comprimento do barramento de um torno);
- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade com componentes longos ou curtos;
- Permite formar famílias em função do comprimento.

Dígitos 6 e 7: 00330"28"4000022030060

Conteúdo: Vide Anexo XVI

Informação: Indica que o diâmetro externo máximo do componente está entre 120 e 140 mm

Exemplos de Aplicação:

- Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido (por exemplo diâmetro máximo usinável ou altura do cabeçote);
- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade com componentes nesta faixa de diâmetro externo;
- Permite formar famílias em função das dimensões do diâmetro externo.

Dígitos 8 e 9:	0033028"40"00022030060
Conteúdo:	Vide Anexo XVII
Informação:	Indica que a relação comprimento máximo do componente dividido pelo seu diâmetro médio está entre 0,5 e 0,8
Exemplos de Aplicação:	- Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido; - Permite classificar componentes em famílias de eixos longos ou flanges, por exemplo, e definir os parâmetros de processo padrão para essas classes de componentes. - Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade com componentes nesta faixa de proporcionalidade ($L_{\text{máx}}/D_{\text{médio}}$); - Permite classificar componentes em famílias de eixos longos ou flanges , por exemplo, e definir os melhores fornecedores para esses tipos de componentes;

Dígitos 10 a 13: 003302840"0002"2030060

Conteúdo: Vide Anexo XVIII

Informação: Indica que a combinação de features utilizadas para a obtenção do modelo foi apenas f1 (=0002)

Exemplos de Aplicação:

- Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido;
- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade com componentes que apresentem esse tipo de configuração;
- Permite classificar componentes em famílias de componentes com as mesmas características e definir os melhores fornecedores para esses tipos de componentes;
- Permite classificar a dificuldade de obtenção desses componentes e definir parâmetros de tempo e custo padrão;
- Permite, junto com os dígitos 2 e 3, estabelecer o nível de complexidade exigido para a obtenção do componente;
- Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, em função da complexidade do componente.

Dígitos 10 a 13: 003302840"0002"2030060

Conteúdo: Vide Anexo XVIII

Informação: Indica que a combinação de features utilizadas para a obtenção do modelo foi apenas f1 (=0002)

Exemplos de Aplicação:

- Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido;
- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade com componentes que apresentem esse tipo de configuração;
- Permite classificar componentes em famílias de componentes com as mesmas características e definir os melhores fornecedores para esses tipos de componentes;
- Permite classificar a dificuldade de obtenção desses componentes e definir parâmetros de tempo e custo padrão;
- Permite, junto com os dígitos 2 e 3, estabelecer o nível de complexidade exigido para a obtenção do componente;
- Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, em função da complexidade do componente.

Dígito 14:	0033028400002"2"030060
Conteúdo:	Vide Anexo XIX
Informação:	Indica que o componente foi obtido a partir de um Aço com liga para tratamento térmico ou outros fins
Exemplos de Aplicação:	- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham eficácia, baixos custos e qualidade com componentes que utilizem este tipo de material (por exemplo, existem restrições quanto a fornecedores aptos a trabalhar com metais não ferrosos ou aços inoxidáveis); - Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, uma vez que o material influi diretamente nos parâmetros do processo; - Permite classificar a dificuldade de obtenção desses componentes e definir parâmetros de tempo e custo padrão; - Permite extrair dados de tipos de matéria-prima mais utilizados para uma possível padronização ou decisões estratégicas de administração do estoque de matéria-prima.

Dígito 15:	00330284000022"0"30060
Conteúdo:	Vide Anexo XX
Informação:	Indica que o componente não possui tratamento térmico
Exemplos de Aplicação:	- Permite identificar componentes que necessitem de tratamento térmico, bem como o tipo necessário; - Permite classificar o tratamento térmico necessário e estabelecer os melhores fornecedores (internos ou externos) ou equipamentos necessários para a obtenção do componente; - Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, uma vez que o tratamento térmico influi diretamente nos parâmetros do processo; - Permite classificar a dificuldade de obtenção desses componentes e definir parâmetros de tempo e custo padrão; - Permite avaliar o volume de utilização desses tratamentos térmicos para possíveis padronizações ou decisões sobre terceirizar o processo ou agregá-lo às instalações do fabricante.

Dígito 16: 003302840000220"3"0060

Conteúdo: Vide Anexo XXI

Informação: Indica que o componente possui tratamento superficial por eletrodeposição (Zn, Cu, Ni ou Cr)

Exemplos de Aplicação:

- Permite identificar componentes que necessitem de tratamento superficial, bem como o tipo necessário;
- Permite classificar o tratamento superficial necessário e estabelecer os melhores fornecedores (internos ou externos) ou equipamentos necessários para a obtenção do componente;
- Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, uma vez que o tratamento superficial influi diretamente nos parâmetros do processo;
- Permite classificar a dificuldade de obtenção desses componentes e definir parâmetros de tempo e custo padrão;
- Permite avaliar o volume de utilização desses tratamentos superficiais para possíveis padronizações ou decisões sobre terceirizar o processo ou agregá-lo às instalações.

Dígitos 17 e 18: 0033028400002203"00"60

Conteúdo: Vide Anexo XXII

Informação: Indica que o componente foi obtido a partir de uma barra de seção cilíndrica

Exemplos de Aplicação:

- Pode restringir alguns equipamentos para o processo de fabricação;
- Permite estabelecer parâmetros da sequência de fabricação;
- Permite identificar dispositivos de fixação necessários.

Dígitos 19 e 20: 003302840000220300”60”

Conteúdo: Vide Anexo XXIII

Informação: Indica que a menor tolerância utilizada no componente foi IT6

Exemplos de Aplicação: Permite estabelecer ou restringir em que tipos de equipamento pode ser obtido

- Permite classificar o componente para determinados fornecedores (internos ou externos), que tenham grande eficácia e qualidade com determinado tipo de tolerância/precisão;
- Permite uma classificação em famílias para informações de tempos e custos de fabricação, uma vez que a precisão influi diretamente nos parâmetros do processo;
- Permite classificar a dificuldade de obtenção desses componentes e definir parâmetros de tempo e custo padrão.

Dentro do contexto adotado para um fabricante hipotético, ao final da etapa de projeto, além dos desenhos, esquemas, listas de peças, etc, que normalmente são encaminhados ao Planejamento Técnico pela Engenharia de Projetos, seria possível alimentar um banco de dados onde para cada componente corresponderia um código.

Esse código, gerado automaticamente pelo aplicativo FB_CAD durante o modelamento CAD, proporcionaria ao Planejamento Técnico maior independência e segurança para tomadas das decisões necessárias à fabricação daqueles componentes.

Essa característica poderia trazer maior eficácia ao ambiente idealizado, fato que pode ser exemplificado através oportunidades de melhorias para os problemas existentes atualmente, que foram citados no item 3.2.1. Tais exemplos de possíveis melhorias a serem obtidas a partir do modelo proposto são citados a seguir.

- **Forte dependência da experiência e conhecimento das pessoas em aspectos relativos ao projeto, processos de fabricação, custos, fornecedores, etc:**

As informações contidas no código gerado e disponíveis num Banco de Dados (BD) permitiriam uma recuperação segura de dados relativos a detalhes de projeto e de processos, necessários à fabricação dos produtos.

Por exemplo seria possível criar um BD onde além do número de identificação dos componentes e seus respectivos códigos, seriam informados aspectos relativos à qualidade de fornecimento. Assim sendo, poderia ser obtida uma relação onde fosse possível identificar os melhores fornecedores para determinadas classes de componentes.

Essas informações iriam alimentar continuamente o BD, sendo que ao receber um novo componente o Planejador já teria subsídios para identificar quais os melhores ou mais adequados processos, equipamentos, fornecedores e custos estimados para aquele item, mesmo sem ter experiência anterior e sem a necessidade de consultar outras pessoas.

Além disso essa forma de redução do poder pessoal em reter para si o conhecimento pertencente à empresa pode-se quebrar barreiras culturais arraigadas nos departamentos.

- **Inexistência de metodologias consistentes para recuperação de informações de orçamentos, projetos, processos, etc:**

O sistema de codificação criado no modelo proposto é uma forma bastante segura de armazenar dados tecnológicos sobre projeto e manufatura.

A geração automática do código durante o modelamento CAD evita ou ao menos reduz drasticamente a possibilidade de erros de interpretação pelo usuário na codificação manual.

Dessa forma o modelo proposto oferece os recursos necessários à recuperação das informações necessárias ao ambiente. Essas informações passam a estar disponíveis a partir da criação do Banco de Dados.

Esse Banco de Dados pode ser flexível e customizado à cada área ou usuário, onde poderia agregar outras informações disponíveis no sistema, seja ele um orçamentista, projetista ou planejador. Portanto essa facilidade também seria de grande utilidade em projetos de Engenharia Simultânea.

- **Descontinuidade do fluxo de informações e alta concentração dessas informações na área de projetos:**

O sistema de codificação permite associar a cada componente as informações geométricas e tecnológicas previstas no modelo. A partir do momento que essas informações são armazenadas num Banco de Dados reduz-se as chances dessas informações serem omitidas, fragmentadas ou ficarem concentradas na área de projetos, pois todas as demais áreas passariam a ter acesso à mesma fonte.

Dessa forma os projetos de Engenharia Simultânea também seriam facilitados por essa maior transparência das informações geradas.

- **Pouca agilidade e baixa capacidade de resposta para cumprir os pedidos dos clientes:**

A existência de um Banco de Dados com as informações necessárias às demais áreas permite mais agilidade ao sistema e eliminação de uma série de atividades que não agregam valor e provocam desperdício de tempo.

Por exemplo, em função do maior poder de decisão conferido ao Planejamento Técnico torna-se desnecessário uma série de consultas à Engenharia de Projetos, resultando numa economia de tempo para as duas áreas.

O maior conhecimento desses detalhes fornece ao Planejamento Técnico melhores chances de planejar atividades críticas do processo, reduzindo-se o *lead time* de fabricação.

- **Desperdício de tempo e repetição de atividades que não agregam valor ao produto final ou cliente:**

Assim como citado no item anterior uma série de atividades que não agregam valor passariam a ser eliminadas com a utilização de um Banco de Dados contendo as informações customizadas a cada área ou usuário. Além disso o fato de existir um sistema consistente para recuperação de informações, permite a criação de um BD mais inteligente, utilizando uma base comum que é gerada pelo modelo.

A avaliação do modelo proposto baseado apenas em informações hipotéticas, sem ser aplicado num ambiente real, exige uma certa abstração para compreender e visualizar claramente os resultados mencionados, porém mesmo assim é possível antecipar uma série de benefícios e problemas que passariam a integrar esse modelo, da forma como apresentado, onde os mais prováveis de ocorrer serão citados a seguir como vantagens e desvantagens

advindas da sua utilização. Essas vantagens e desvantagens seriam úteis por ocasião da criação de um modelo prático a ser aplicado num ambiente real.

Vantagens:

- Redução do tempo e eliminação dos erros de interpretação pessoal inerentes à geração de um código numérico que descreva o componente desejado;
- Facilidade de padronização das informações tecnológicas, visto que durante o modelamento CAD do componente são fornecidas opções pré-definidas pelo sistema;
- Os módulos que compõem o aplicativo ocupam pouca memória do computador (32.000 bytes), de forma que não interferem no desempenho do sistema CAD;
- Sensível redução do tempo de projeto, em situações onde a biblioteca contempla todas as configurações necessárias para se modelar um objeto;
- Possibilidade de redução do *Lead Time* de fabricação dos equipamentos, visto que principalmente a área de Planejamento Técnico, onde se consome maior tempo, será a maior beneficiada da economia de tempo em atividades que não agregam valor.
- A formação de famílias de peças pode ser flexível e de acordo com as necessidades específicas de cada usuário, seja ele um orçamentista, projetista ou planejador;
- Apesar de todos os exemplos de aplicações citados para o modelo mencionarem o Banco de Dados como sendo parte integrante do mesmo, pode-se observar que existe uma flexibilidade muito grande para integrar o modelo a um BD existente ou permitir a criação de um novo a partir da base gerada pelo modelo.

Desvantagens:

- A biblioteca pré-definida e sem opção para inclusão de novas *features* é uma grande restrição à utilização prática do modelo;
- As informações tecnológicas do objeto somente são recuperadas através do código gerado e não diretamente do modelo CAD;
- As eventuais informações que não foram contempladas pela estrutura do código continuam dependentes da interface entre a Engenharia de Projetos e as demais áreas;
- O ambiente de trabalho do projetista foi sensivelmente alterado o que denota uma necessidade de adaptação e eventualmente possíveis resistências à utilização do modelo pelo mesmo;
- O modelo não permite que as futuras alterações efetuadas no componente sejam informadas diretamente ao sistema. Neste caso seria necessário modelar novamente o componente, desde o início;
- O modelo não prevê segurança ao sistema, caso seja feita alguma alteração sobre o componente, após a utilização do aplicativo e definição do código;
- O aplicativo não permite incorporar informações relativas à montagem entre dois ou mais componentes entre si;
- Apesar do enfoque nos principais problemas existentes no ambiente analisado, o modelo teve foco muito direcionado para beneficiar as atividades relacionadas à área de Planejamento Técnico, em detrimento às possibilidades de melhoria também nas demais áreas.

Capítulo 5

Conclusões e Sugestões para próximos trabalhos

O presente capítulo tem como objetivo apresentar as principais conclusões pessoais sobre o trabalho desenvolvido a partir das discussões e resultados obtidos, comentados no capítulo anterior.

Na sequência também são sugeridas oportunidades para futuros trabalhos ou pesquisas, em função de algumas lacunas encontradas durante o desenvolvimento do presente trabalho, bem como na oportunidade de integração do modelo apresentado com outras propostas que possam estar vinculadas ao mesmo objetivo, mas que em função das delimitações adotadas, não foi possível de serem exploradas com mais profundidade.

As conclusões serão tratadas distintamente de duas formas:

- conclusões sobre o modelo proposto;
- conclusões gerais.

5.1- Conclusões sobre o modelo proposto

Baseado no desenvolvimento do trabalho, conforme o objetivo e passos propostos no item 1.3, pode-se concluir que os mesmos foram atingidos, cabendo ainda alguns comentários adicionais:

a) Integração das informações de projeto à manufatura:

Através do código gerado foi possível disponibilizar várias informações geradas durante o modelamento CAD de componentes pela Engenharia de Projetos para outras áreas, como Planejamento Técnico, Fabricação, etc. Essa disponibilização pode ser customizadas às suas necessidades específicas e sem que haja uma interpretação dos desenhos emitidos ou outras formas de comunicação adicional. Portanto, assume-se que esses recursos adicionais caracterizam a integração de informações compartilhadas entre as áreas.

b) Descrição de um ambiente para aplicação do modelo:

Foram descritas as características de um ambiente hipotético onde a utilização do modelo seria útil para minimizar os problemas decorrentes da dificuldade de integração das informações de projeto às demais áreas envolvidas na manufatura.

c) Metodologia para recuperação de informações :

O código gerado como ferramenta para recuperar as informações necessárias mostrou ser válido para a simulação do modelo. Notadamente o mesmo apresenta vantagens e desvantagens, mas o mais importante a salientar é que foi customizado ao ambiente hipotético considerado.

d) Biblioteca parametrizada de *features*:

O modelador AUTOCAD e o aplicativo baseado em linguagem AUTOLISP permitiram a facilidade de gerar *features* parametrizadas, que atenderam perfeitamente as necessidades levantadas. Essa biblioteca foi baseada em algumas aplicações mais comuns no ambiente considerado

e) Simulação do modelo através de um aplicativo:

Apesar de utilizar recursos simples, o aplicativo elaborado para simular o modelo mostrou ser bastante prático e eficaz para os objetivos esperados. Por exemplo o conceito de *features* foi utilizado apenas durante o modelamento CAD, porém na forma como o aplicativo foi desenvolvido não é possível a recuperação de todas as informações geradas durante o modelamento diretamente do modelo, mas apenas do código. Caso a técnica de Projeto baseado em *Features* fosse utilizada com maior rigor, o código poderia até ser desnecessário, pois existiria a possibilidade de obter as informações diretamente do modelo.

5.2- Conclusões gerais

Além dos objetivos iniciais citados para o modelo proposto junto ao ambiente considerado, também foi possível tirar conclusões importantes que podem ser utilizadas de maneira geral para aplicações práticas em situações reais de empresas de manufatura.

Esses aspectos serão discutidos a seguir.

- **Necessidade de integração entre projeto e manufatura de forma a obter vantagem competitiva**

No atual contexto de globalização e aumento dos níveis de concorrência em praticamente todos os setores da economia, é urgente a necessidade de integração entre todas as áreas que compõem uma unidade de negócios ou organização produtiva de maneira geral. Essa integração confere ao sistema maior eficácia e agilidade dentro do conceito de processo, onde as informações que percorrem as diferentes áreas de manufatura devem ser consistentes e tratadas de forma a agregar valor aos negócios da organização.

Atualmente tem-se observado um grande aumento da utilização da ferramenta CAD em praticamente todos os tipos e tamanhos de empresas, porém com forte ocorrência de simplesmente automatizar tarefas que anteriormente eram realizadas manualmente. Apesar do desenvolvimento acelerado dessas ferramentas, como por exemplo a parametrização, bibliotecas de elementos padronizados, cotação automática, etc, que melhoram sua eficiência, na prática ainda se observam que as aplicações para se explorar formas mais inteligentes de garantir a integração do projeto com as demais áreas envolvidas diretamente com a manufatura, como por exemplo através de propostas como a que foi sugerida no trabalho apresentado, tem sido menos frequentes que a real necessidade.

- **Necessidade de customização de técnicas e metodologias de acordo com o perfil do usuário**

O ambiente considerado no trabalho apresenta um exemplo característico de situações que normalmente foge aos padrões de aplicações disponíveis pela maioria de sistemas comercializados, que notadamente se valem de aplicações em indústrias com um mix de produtos e volume de produção médios. Portanto a existência de *softwares* mais flexíveis às reais necessidades dos usuários e que incorporem as vantagens de confiabilidade na troca de dados com outros sistemas são aspectos importantíssimos a serem considerados.

Deve-se enfatizar uma tendência bastante forte para as condições de redução dos tamanhos dos lotes, aumento da diversificação dos produtos e customização de produtos e portanto o ambiente considerado pode ser tratado como uma condição limite dessa tendência e como tal deveria ser alvo de maior empenho por parte das empresas de *software* quanto à possibilidade de ferramentas customizadas.

- **Pouca utilização de recursos e metodologias disponíveis que promovam a integração entre projeto e manufatura**

Atualmente o mercado de *softwares* CAD/CAM já tem disponibilizado versões que incorporam o conceito de *features*, além de outros recursos como parametrização, geração automática de vistas, cortes e cotas, mas por outro lado o Modelamento Baseado em *Features* ainda é pouco difundido no Brasil, onde mesmo alguns usuários desses sistemas desconhecem a potencialidade desses recursos, como por exemplo em se integrar as informações disponíveis num modelo que contemple outras atividades da manufatura, da forma como foi apresentado no trabalho.

De forma alternativa, o trabalho demonstrou que mesmo de forma insipiente e apenas utilizando recursos disponíveis, sem grandes investimentos, é possível configurar sistemas segundo o perfil e as necessidades do usuário e com isso obter ganho para o negócio.

5.3- Sugestões para próximos trabalhos

Provavelmente, mais que oferecer resultados, uma das maiores contribuições que um trabalho acadêmico pode trazer é abrir horizontes para o desenvolvimento de novas pesquisas que venham a complementar o conteúdo abordado. Dentro desse contexto, no decorrer deste trabalho foram verificadas muitas outras frentes possíveis de serem abordadas, bem como foi necessário delimitar fronteiras, que na prática não poderiam existir.

A seguir são sugeridas várias limitações presentes neste trabalho e oportunidades de aplicações que de alguma forma poderiam estar integradas ao conteúdo do mesmo e dessa forma contribuir com maior eficácia às reais necessidades dos usuários.

- O aplicativo poderia ser desenvolvido para utilização de modelos sólidos tridimensionais (3D);
- O sistema de recuperação de informações também poderia contemplar componentes planos e cúbicos, previstos no código;
- O modelo com certeza teria resultados mais expressivos se fosse integralmente baseado numa aplicação prática;
- O modelo proposto poderia contemplar mais explicitamente os objetivos da estratégia de manufatura da empresa;
- O modelo poderia incorporar a geração de roteiros de fabricação padrão, a partir da formação de famílias de peças;
- Baseado nas famílias geradas, o aplicativo poderia automaticamente determinar custos de fabricação padrão;

- O aplicativo poderia gerar informações para a edição automática de programas CNC;
- O banco de dados sugerido poderia ser gerado automaticamente;
- A biblioteca poderia ser aberta para aceitar inclusão de novas *features*;
- O conceito de Modelamento baseado em *Features* poderia ser explorado em maior profundidade, de forma a permitir aplicações sem a necessidade de um desenho de engenharia ou código, através da incorporação das informações diretamente ao objeto modelado;
- O sistema poderia incorporar tolerâncias de forma e posição na definição dos atributos para as *features*;
- O modelo poderia contemplar informações referentes à montagem dos componentes num determinado conjunto de peças;
- O sistema poderia incorporar a cotação automática do objeto modelado.

Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, O. L. *Integração da Manufatura*. São Paulo: Instituto Latino Americano de Tecnologia, 1992. 146p. Apostila.
- ALDAKHILALLAH, K. A , RAMESH, R. Recognition of minimal feature covers of prismatic objects: A prelude to automated process planning. *International Journal of Production Research*, v. 35, n. 3, p. 635-650, 1997.
- ALTING, L., ZHANG, H. -C. *Computerized manufacturing planning systems*. London: Chapman & Hall, 1994, 336 p.
- BATOCCHIO, A. *Planejamento do processo e de célula de manufatura*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1992. 151p. Apostila.
- BEN-ARIEH, D., CHOPRA, M. A case-based NC code generating system for prismatic parts. *International Journal of Production Research*, v.35, n.6, p.1925-1943, 1997
- BLOOR, M. S., OWEN, J. CAD/CAM product data exchange: the next STEP. *Computer Aided Design*, v.23, n. 4, p. 282-296, 1991.

- CANCIGLIERI, O. J., BATOCCHIO, A. Features para peças rotacionais para integração de projeto e fabricação. *Máquinas e Metais*, n.378, p. 134-141, julho 1997.
- CASE, K. Using a design by features CAD system for process capability modelling. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 7, n. 1, p. 39-49, 1994.
- CHAMBERLAIN, M. A. *et al.* Protusion-features handling in design and manufacturing planning. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 1, p. 19-28, 1993.
- CHANG, T. C., WYSK, R. A. *An Introduction to Automated Process Planning Systems*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1985, 230 p.
- CHIYOKURA, H. *Solid Modelling with Designbase*. Reading: Addison-Wesley Publishers, 1988, 305 p.
- CHRISTIANO, A. C. *Projeto e implantação de células de manufatura em uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989, 134 p. Tese (Mestrado).
- CUNHA, G. D. *O conceito de projecto orientado à fabricação aplicado ao projecto assistido por computador*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 1995, 334 p. Tese (Doutorado).
- DEVARAJAN, M. Profile offsetting for feature extraction and feature tool mapping in sheet metal. *International Journal of Production Research*, v.35, n.6, p.1593-1607, 1997.
- De VRIES, W. A. H. *et al.* Guaranteeing manufacturability of CSG operations. *Annals of the CIRP*, v. 44, n. 1, p. 97-100, 1995.
- DONG, J., VIJAYAN, S. Features extraction with the consideration of manufacturing process. *International Journal of Production Research*. v.35, n.8, p.2135-2155, 1997.

- DRUCKER, P. F. *Administrando para o Futuro: os anos 90 e a virada do século*. São Paulo: Editora Pioneira, 1992, 242 p.
- DUAN, W. *et al.* FSTM: A feature solid-modelling tool for feature-based design and manufacture. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 1, p. 29-38, 1993.
- EVERSHEIM, W. *et al.* Information modelling for technology-oriented tool selection. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 1, p. 429-432, 1994.
- GONÇALVES F.º, E. V. *Tecnologia de Grupo: Conceitos básicos e modos de aplicação*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1990, 14 p., Apostila.
- GROOVER, M. P., ZIMMERS, E. W. *CAD/CAM - Computer-aided design and manufacturing*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984, 489 p.
- GU, P. A Feature Representation Scheme for Supporting Integrated Manufacturing. *Computers and Industrial Engineering*, v.26, n. 1, p. 55-71, 1994.
- GU, P. *et al.* Bidding-based process planning and scheduling in a multi-agent system. *Computers and Industrial Engineering*. v.32, n.2, p. 477-496, 1997.
- GU, Z. *et al.* Identification of important features for machining operations sequence generation. *International Journal of Production Research*, v.35, n.8, p.2285-2307, 1997.
- GUNN, T. G. *As indústrias do século 21*. São Paulo:, Makron Books, 1993, 264 p.
- HAM, I., *et al.* *Group Technology - Applications to Production Management*. Hingham: Kluwer-Nijhof Publishing, 1985, 189 p.

- HAMMER, M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. Harvard Business Review, july-august, p. 104-112, 1990.
- HAYES, R. H., PISANO, G. P. Beyond World-Class: The New Manufacturing Strategy. Harvard Business Review, january-february 1994.
- HUQ, F *et al.* The Use of Relational DataBase Management Systems (DBMS) for Information Retrieval in a Group Technology (GT) Environment. Computers and Industrial Engineering, v. 26, n. 2, p. 253-266, 1994.
- HYDE, W. F. *Improving Productivity by Classification, Coding and Data Base Standardization*. New York: Marcel Dekker, 1981, 332 p.
- HYER, N. L. *Group Technology at Work*. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 1984, 254 p.
- HYER, N. L., WEMMERLÖV, U. Group technology in the US manufacturing industry: a survey of current practices. International Journal of Production Research, v.27, n. 8, p.1287-1304, 1989.
- JAGIRDAR, R. *et al.* Feature recognition methodology for shearing operations for sheet metal components. Computer Integrated Manufacturing Systems, v. 8, n. 1, p. 51-62, 1995.
- JUNG, M. Y., LEE, K. H. A CAD/CAPP interface for complex rotationally symmetric parts. International Journal of Production Research, v. 34, n. 1, p. 227-251, 1996.
- KAMRANI, A. K., PARSAEI, H. R. A Group Technology Based Methodology for Machine Cell Formation in a Computer Integrated Manufacturing Environment. Computers and Industrial Engineering, v.24, n. 3, p. 431-447, 1993.

- KRAMER, W., KRAMER, D. *Programando em AUTOLISP*. São Paulo: Makron Books, 1995, 274 p.
- KULKARNI, V. S., PANDE, S. S. A system for automatic extraction of 3D part features using syntatic pattern recognition techniques. *International Journal of Production Research*, v. 33, n. 6, p. 1569-1586, 1995.
- KUMARA, S. R. T. *et al.* 3-D Interacting manufacturing feature recognition. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 1, p. 133-136, 1994.
- KUSIAK, A. *Intelligent manufacturing systems*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990, 443 p.
- LAAKO, T., MÄNTILÄ, M. Feature modelling by incremental feature recognition. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 8, p. 479-492, 1993.
- LI, R. -K. *et al.* Feature modification framework for feature based design systems. *International Journal of Production Research*, v.33, n. 2, p. 549-563, 1995.
- LIAO, T. W., LEE, K. S. Integration of a Feature-Based CAD System and an ART1 Neural Model for GT Coding and Part Family Forming. *Computers and Industrial Engineering*, v. 26, n. 1, p. 93-104, 1994.
- LIU, C. -H. *et al.* Automatic form feature recognition and 3D part reconstruction from 2D CAD data. *Computers and Industrial Engineering*, v. 26, n. 4, p. 689-707, 1994.
- LUGER, G. F., STUBBLEFIELD, W. A. *Artificial Intelligence: structures and strategies for complex problem solving*. Redwood city: The Benjamin/Cummings Publishing, 1993, 740 p.

- MAESTRELLI, N. C. *et al.* Procedimentos para a implantação de sistemas integrados de manufatura. *Revista de Ciência e Tecnologia*. Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 24-30, novembro 1991.
- MAKI, N. *et al.* Design and utilization of a fuzzy knowledge -based system for design feature recognition of free hand ilustrations. *International Journal of Production Research*, v. 35, n. 1, p. 17-27, 1997.
- MÄNTYLÄ, M. *et al.* Application of constraint propagation in part family modelling. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 1, p. 129-132, 1994.
- Mc MAHON, C., BROWNE, J. *CAD CAM: From Principles to Practice*. Wokingham: Addison-Wesley, 1993, 505 p.
- MEERAN, S., PRATT, M. J. Automated feature recognition from 2D drawings. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 1, p. 7-17, 1993.
- OZDEMIREL, N. E. *et al.* A Group Technology Classification and Coding Scheme for Discrete Manufacturing Simulation Models. *International Journal of Production Research*, v. 31, n. 3, p. 579-601, 1993.
- ÖZTÜRK, F., *et al.* Machining features and algorithms for set-up planning and fixture design. *Computer Intergrated Manufacturing Systems*, v. 9, n. 4, p. 207-216, 1996.
- PEDRA, A. Há evidências de que os sistemas CAD passarão por uma revolução tecnológica. *Máquinas e Metais*, n.380, p. 123-130, setembro 1997.
- PERNG, D. -B., CHANG, C. -F. A new feature-based design system with dynamic editing. *Computers and Industrial Engineering*, v. 32, n. 2, p. 383-397, 1997.

- PERNG, D. -B., CHENG, C. -T. Feature-based process plan generation from 3D DSG inputs. *Computers and Industrial Engineering*, v. 26, n. 3, p. 423-435, 1994.
- PEROTTI, G. *et al.* Semantic Techniques for Representation and Identification of Part Families. *Annals of the CIRP*, v. 40, n. 1, p.451-454, 1991.
- PHAM, D. T., WANI, M. A. Feature-based control chart pattern recognition. *International Journal of Production Research*, v.35, n.6, p.1875-1890, 1997
- PIRES, S. R. I. *Planejamento e controle da produção em indústrias que utilizam Tecnologia de Grupo: um modelo de sequenciamento da produção celular dependente dos tempos de preparação de máquinas*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989, 155 p. Tese (Mestrado).
- PIRES, S. R. I. *Gestão estratégica da produção*. Piracicaba: Editora UNIMEP, 1995, 269 p.
- REMBOLD, U. *et al.* *Computer Integrated Manufacturing and Engineering*. Reading: Addison-Wesley, 1993, 640 p.
- SCHÜTZER, K. *Integrierte Konstruktionsumgebung auf der Basis von Fertigungsfeatures*. Darmstadt: Technischen Hochschule Darmstadt, 1995, 202 p. Tese (Doutorado).
- SÉRIO, L. C. *Tecnologia de Grupo no Planejamento de um Sistema Produtivo*. São Paulo: Editora Ícone, 1990, 274 p.
- SHAH, J. J. Assessment of features technology. *Computer Aided Design*, v. 23, n. 5, p. 331-343, 1991.
- SHAH, J. J., MATHEW, A. Experimental investigation of STEP form feature information model. *Computer Aided Design*, v. 23, n. 4, p. 282-296, 1991.

- SHEU, L. -C., LIN, J. T. Representation scheme for defining and operating form features. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 6, p. 333-347, 1993.
- SLACK, N. *Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais*. São Paulo: Editora Atlas, 1993, 198 p.
- SLACK, N. *et al. Administração da Produção*. São Paulo: Editora Atlas, 1997, 777 p.
- SRINIVASAN, G. Assignment Model for the Part Families Problems in Group Technology. *International Journal of Production Research*, v. 28, n. 1, p. 145-152, 1990.
- STALK Jr., G., HOUT, T. M. *Competindo contra o tempo*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993, 314 p.
- STEUDEL, H. J. Computer-Aided Process Planning: Past, Present and Future. *International Journal of Production Research*, v. 22, n. 2, p. 253-266, 1984.
- STEUDEL, H., DESRUELE, P. *Manufacturing in the nineties: how to become a mean, lean, world-class competitor*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, 374 p.
- TATIKONDA, M. V., WEMMERLÖV, U. Adoption and Implementation of Group Technology Classification and Coding Systems: Insights from Seven Case Studies. *International Journal of Production Engineering*, v. 30, n. , p. 2087-2110, 1992.
- VENUVINOD, P. K., YUEN, C. F. Efficient automated geometric feature recognition through feature coding. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 1, p. 413-416, 1994.
- WASSENHOVE, L. N., CORBETT, C. J. Trade-Offs? What Trade-Offs? Working paper, INSEAD, Fontainebleu, 1991, 20 p.

WEMMERLÖV, U. Cellular manufacturing at 46 user plants: Implementation experiences and performance improvements. *International Journal of Production Research*, v. 35, n. 1, p. 29-49, 1997.

WEMMERLÖV, U., HYER, N. L. Cellular manufacturing in the US industry: a survey of users. *International Journal of Production Research*, v. 27, n. 9, p. 1511-1530, 1989.

WENFENG, L. Feature modelling from 2D drawings and product information description. *Computers and Industrial Engineering*, v. 31, n. 3-4, p. 681-684, 1996.

WOMACK, J. P. *et al. A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992, 347 p.

Bibliografia Consultada

- AGOSTINHO, O. L. *et al. Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões*. São Paulo: Edgard Blücher, 1986, 295 p.
- AUTODESK Inc. *AutoCAD Release 12 - Autolisp Reference*, Publication 102349, 1993, 266 p.
- AUTODESK Inc. *AutoCAD Release 12 - Customization Manual*, Publication 100187, 1992, 334 p.
- AUTODESK Inc. *AutoCAD Release 12 - Programmer's Reference Manual*, Publication 100191-01, 1992, 250 p.
- BELL, R., YOUNG, M. Machine Planning: its Role in the Generation of Manufacturing Code from Solid Model Descriptions. *International Journal of Production Research*, v. 27, n. 5, p. 847-867, 1989.
- BURBIDGE, J. L. *The introduction of group technology*. London: Heinemann, 1975, 267p.

- CANCIGLIERI, O. *Sistema gerador e classificador de features de fabricação para peças rotacionais*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1994, 136 p., Tese (Mestrado).
- CHO, K. -K *et al.* Development of Integrated Process Planning and Monitoring System for Turning Operation. *Annals of the CIRP*, v. 40, n. 1, p. 423-427, 1991.
- CHO, K. -K. *et al.* A Heuristic Lot Sizing Algorithm for a GT Cell. *Computers and Industrial Engineering*, v. 26, n. 1, p. 1-9, 1994.
- DONG, X. *et al.* Feature-Based Reasoning in Fixture Design. *Annals of the CIRP*, v. 40, n. 1, p. 111-114, 1991.
- FISCHER, A., WANG, K. K. An interaction mechanism for 3D object-oriented feature-based models in interactive design and simulation. *Annals of the CIRP*, v. 44, n. 1, p. 101-104, 1995.
- GU, P., ZHANG, Y. OOPPS: An object-oriented process planning system. *Computers and Industrial Engineering*, v. 26, n. 4, p. 709-731, 1994.
- HARTLEY, J. *FMS in action*. Bedford: IFS Publications, 1984, 286 p.
- HAYES, R. H., WHEELWRIGHT, S. C. *Restoring our competitive edge*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1984, 427p.
- INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Standardisation of Product Data Model and Associated Economic Benefits. *Tutorials of Product Data Technology*, Lisboa, 1997.
- INUI, M., KIMURA, F. Using a truth-maintenance system to assist product-model construction for design and process planning. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 1, p. 59-70, 1993.

- ISMAIL, H. S *et al.* An intelligent object-oriented approach to the design and assembly of press tools. *Annals of the CIRP*, v. 44, n. 1, p. 91-96, 1995.
- JO, H. H. *et al.* Design Frameworks for Concurrent Engineering. *Computers and Industrial Engineering*, v. 23, n. 1-4, p. 11-14, 1992.
- KAPARTHI, S., SURESH, N. C. A Neural Network System for Shape-Based Classification and Coding of Rotational Parts. *International Journal of Production Research*, v. 29, n. 9, p. 1771-1784, 1991.
- KIMURA, F., SUZUKI, H. Representing background information for product description to support product development process. *Annals of the CIRP*, v. 44, n. 1, p. 113-116, 1995.
- KRAUSE, F. -L. *et al.* PDGL: A Language for Efficient Feature-Based Product Gestaltung. *Annals of the CIRP*, v. 40, n. 1, p. 135-138, 1991.
- LOGAR, B., PEKLENIK, J. Feature-Based Part Database Design and Automatic Forming of Part Families for GT. *Annals of the CIRP*, v. 40, n. 1, p. 153-156, 1991.
- MÄNTYLÄ, M. *An Introduction to Solid Modeling*. Rockville: Computer Science Press, 1988, 401 p.
- MAROPOULOS, P. G. Review of research in tooling technology, process modelling and process planning - Part I: Tooling and process modelling. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 8, n. 1, p. 5-12, 1995.
- MAROPOULOS, P. G. Review of research in tooling technology, process modelling and process planning - Part II: Process planning. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 8, n. 1, p. 13-20, 1995.

- MARTIN, T. The need for human skill in production - the case of CIM. *Computers in Industry*. v.14, p. 205-211, 1990.
- SALOMONS, O. W. *et al.* Conceptual graphs in CAD. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 1, p. 125-128, 1994.
- SCHULZ, H., HINTZ, A. FINPLAN, um sistema de resolução de problemas especializado em planejamento de processo. *Máquinas e Metais*, n. 358, p. 34-44, novembro 1995.
- SCHULZ, H., SCHÜTZER, K. FINDES, um sistema integrado de projeto baseado em features. *Máquinas e Metais*, n. 358, p. 46-57, novembro 1995.
- SHAFER, S. M. Comparison of Selected Manufacturing Formation Techniques. *International Journal of Production Research*, v. 28, n. 4, p. 661-673, 1990.
- SRIDHAR, N. *et al.* Active occurrence-matrix-based approach to design decomposition. *Computer Aided Design*, v. 25, n. 8, p. 500-512, 1993.
- TEICHOLZ, E., ORR, J. N. *Computer Integrated Manufacturing Handbook*. New York: McGraw Hill, 1987, 444p.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Roteiro para Apresentação de Teses, Campinas, 1997, 10 p.
- WARNECKE, H. J., STEINHILPER, R. *Flexible Manufacturing Systems*. Bedford: IFS Publications, 1985, 319 p.
- WINSTON, P. H., HORN, B. K. P. *LISP*. Reading: Addison-Wesley Publishing, 1989, 611p.

YAMAZAKI, K. *et al.* Autonomous process planning with real-time machining for productive sculptured surface manufacturing based on automatic recognition of geometric features. *Annals of the CIRP*, v. 44, n. 1, p. 439-444, 1995.

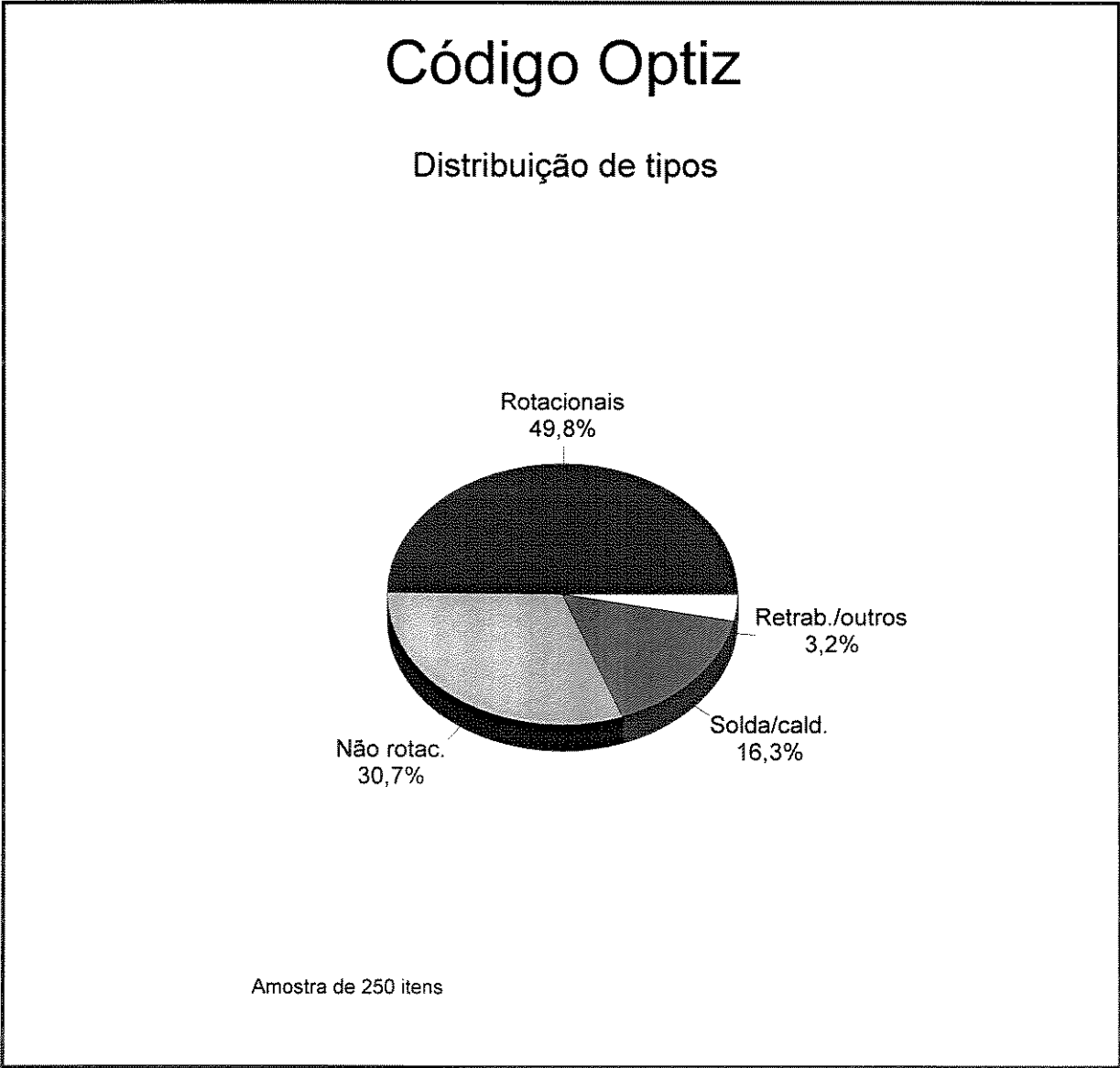
YEO, S. -H. Knowledge-based feature recognizer for machining. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 7, n. 1, p. 29-37, 1994.

ZHAO, Z. BAINES, R. W. Conjugative Coding Design and Manufacturing Information for Computer Integrated Manufacturing. *International Journal of Production Research*, v. 30, n. 10, p. 2313-2333, 1992.

ANEXO I

Código Optiz:

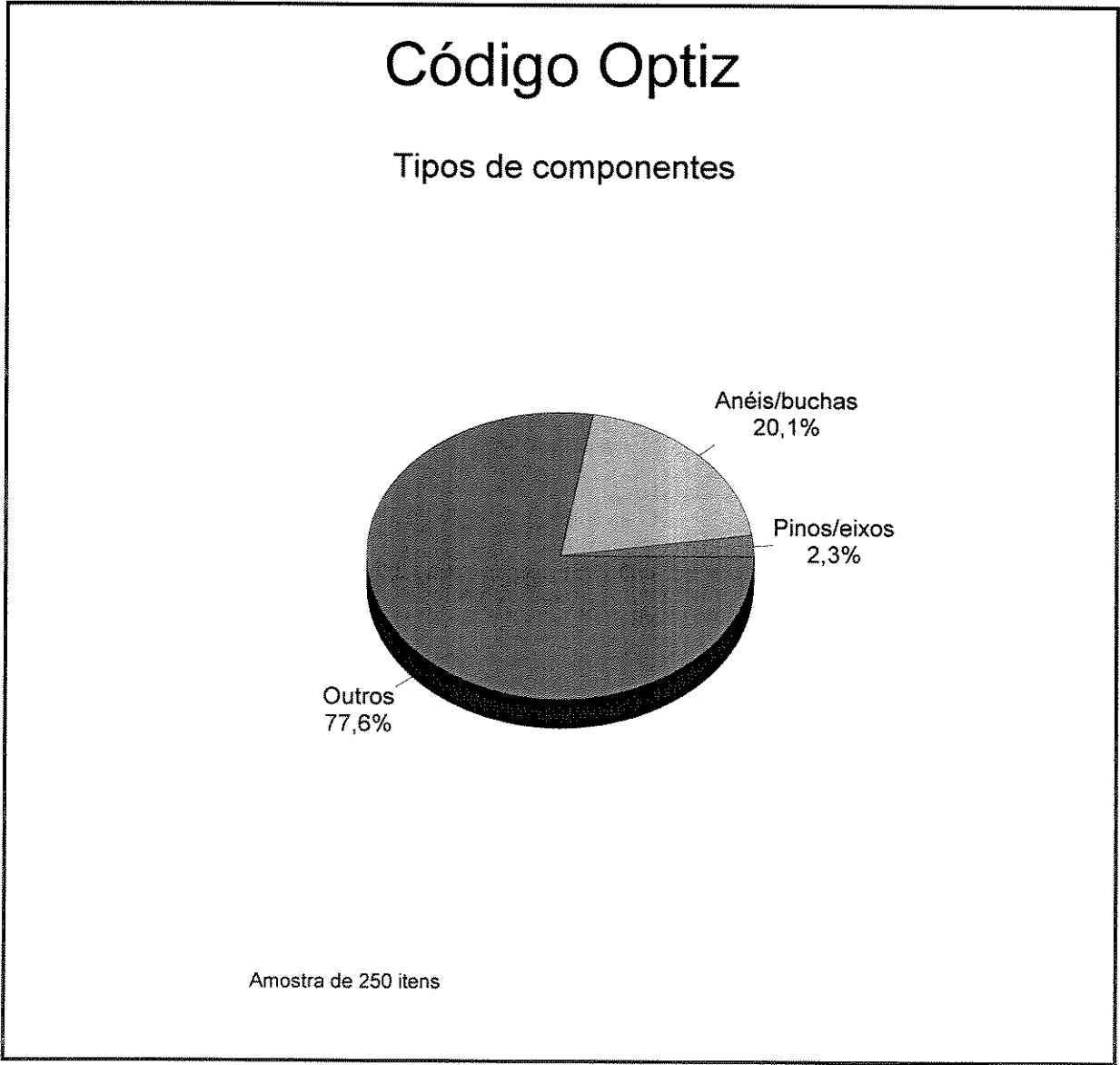
Distribuição dos tipo de componentes



ANEXO II

Código Optiz:

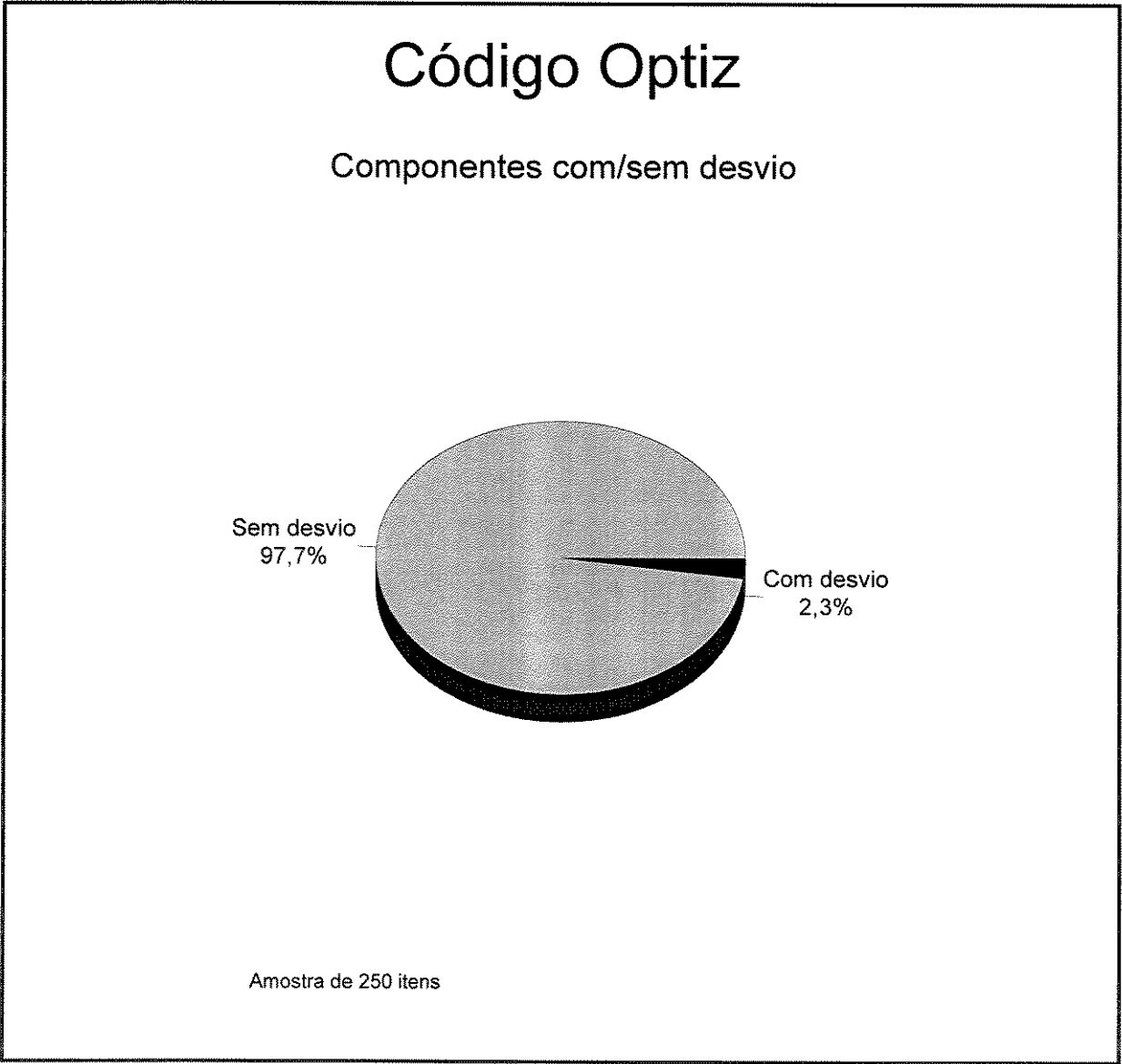
Identificação de elementos funcionais



ANEXO III

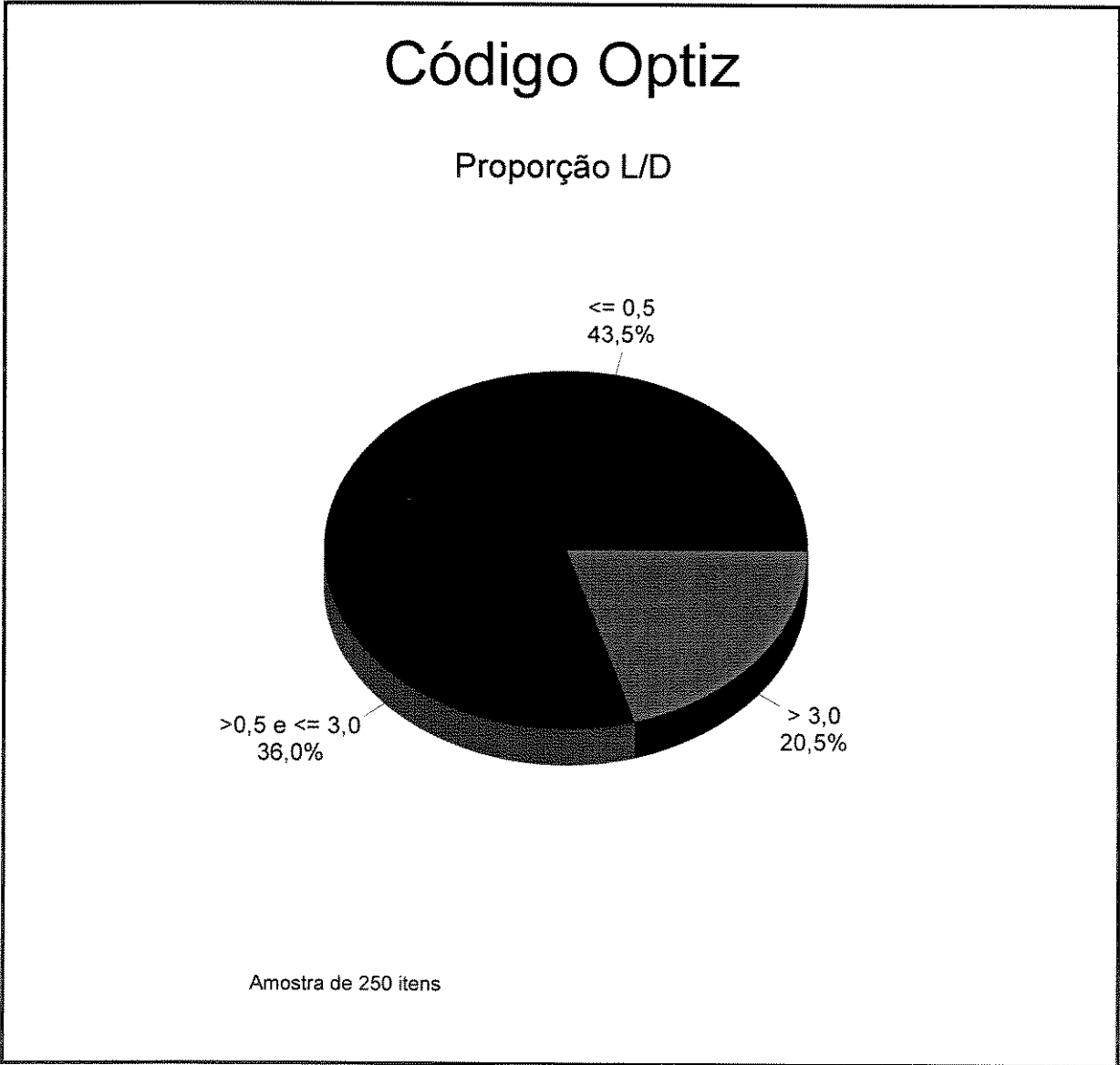
Código Optiz:

Proporção de elementos com e sem desvio



ANEXO IV

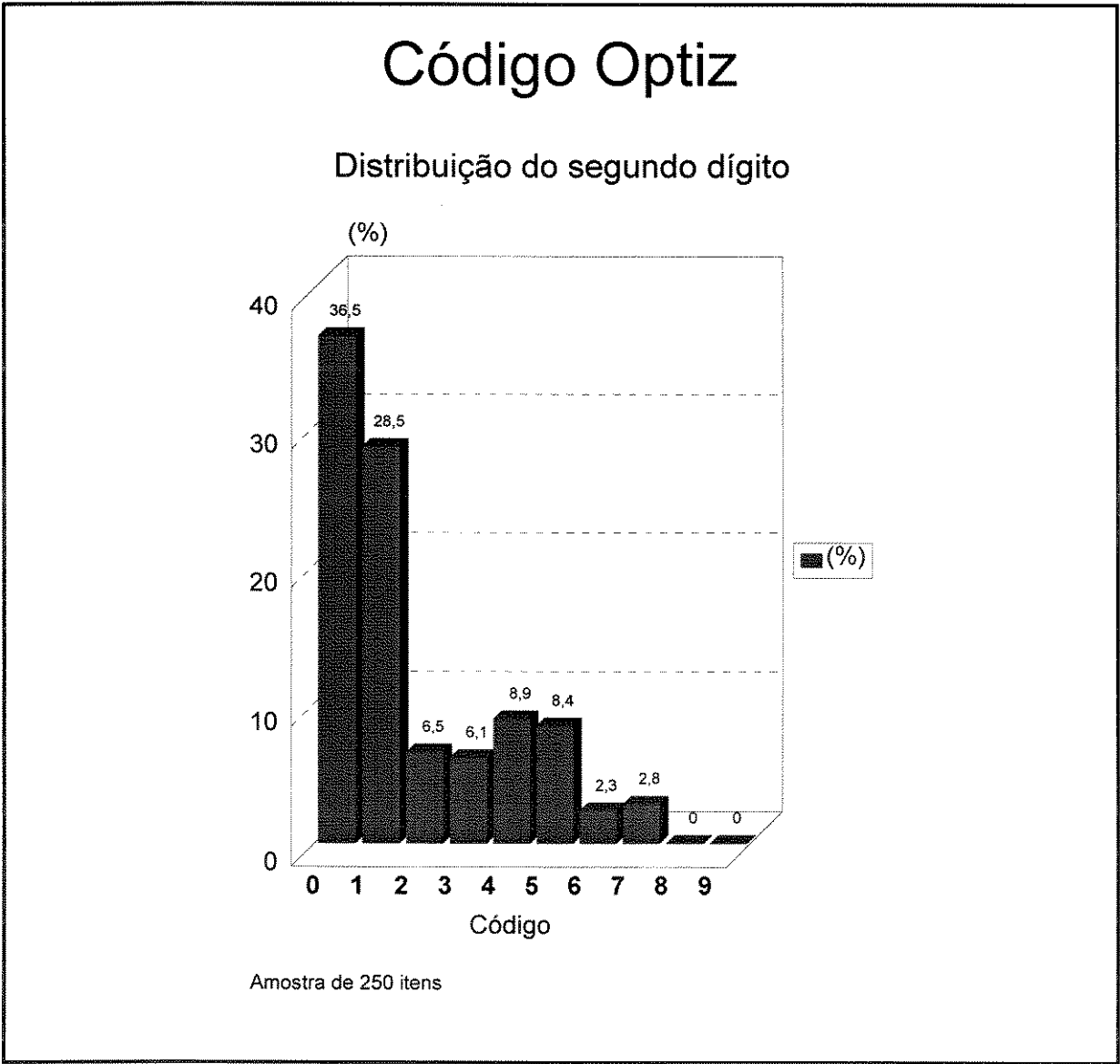
Código Optiz:
Proporção L/D



ANEXO V

Código Optiz:

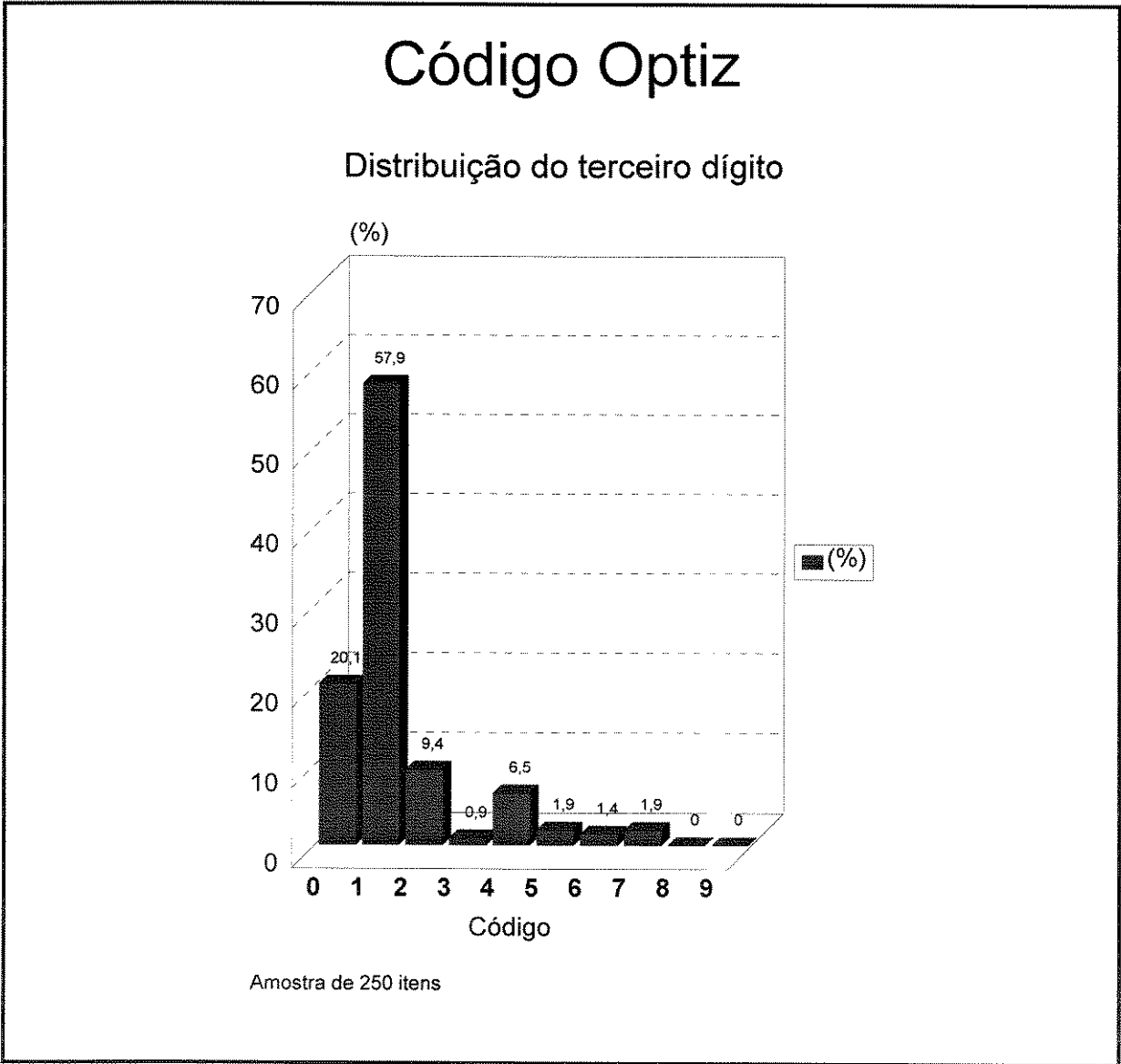
Distribuição para segundo dígito



ANEXO VI

Código Optiz:

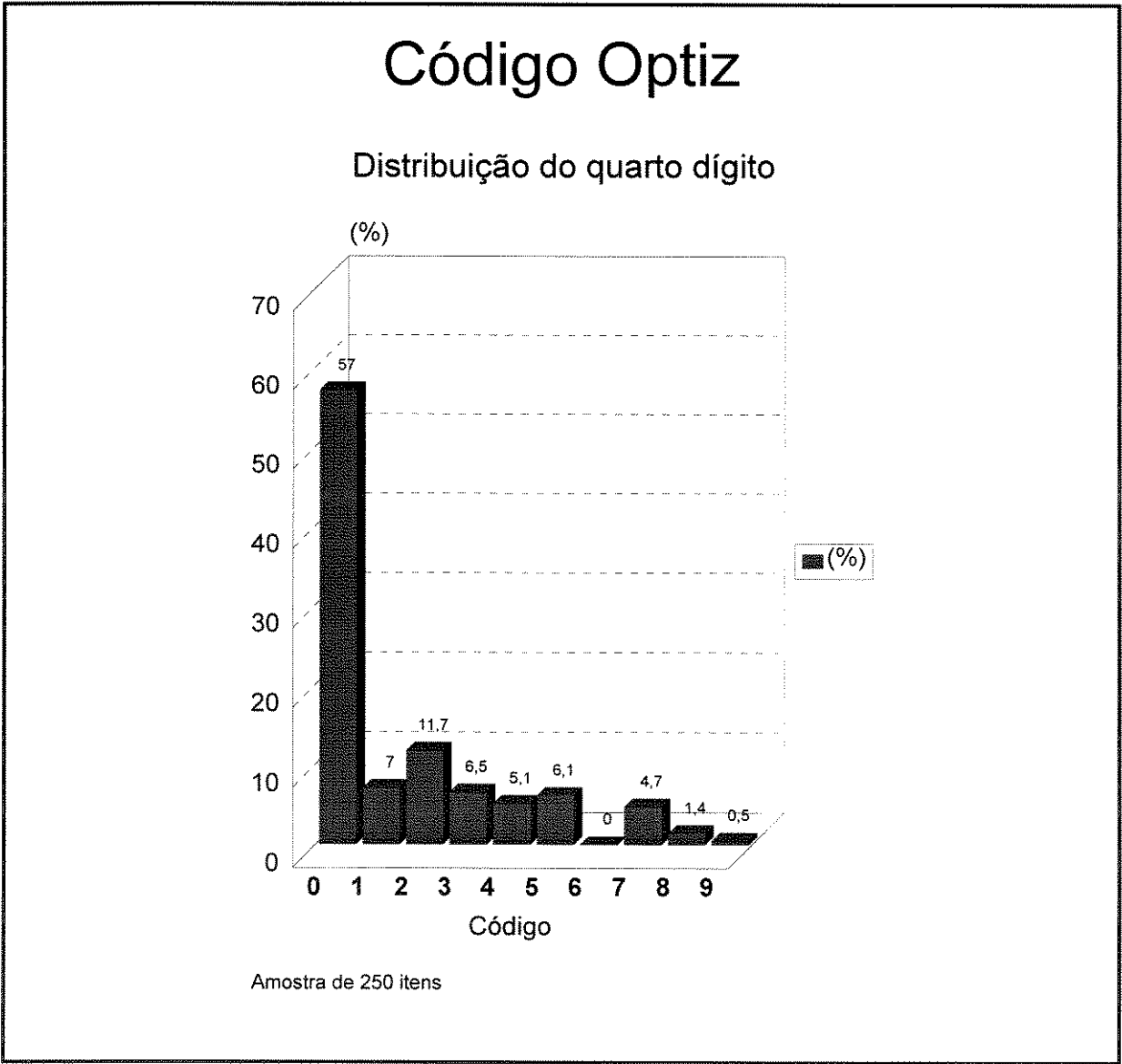
Distribuição para terceiro dígito



ANEXO VII

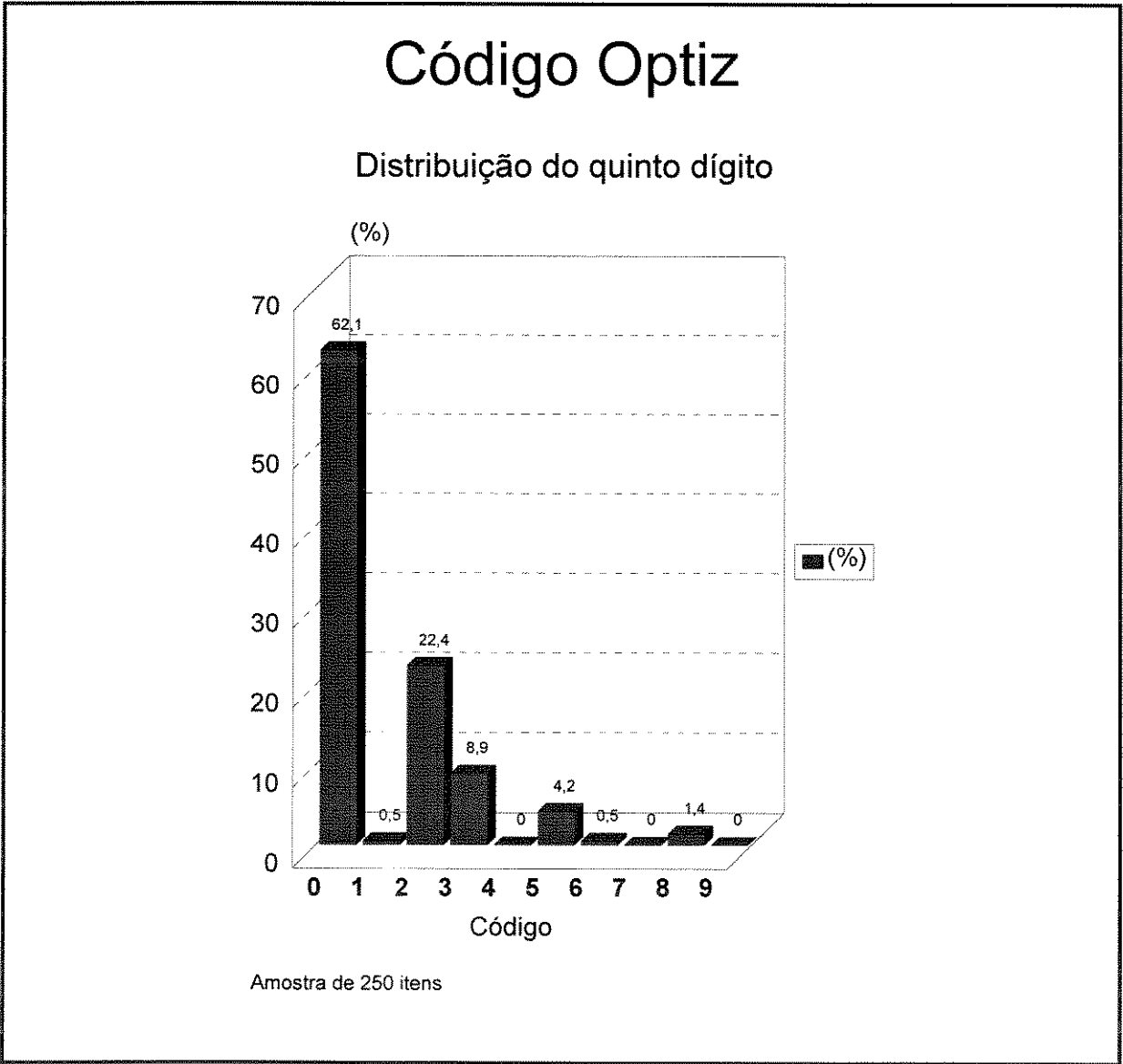
Código Optiz:

Distribuição para quarto dígito



ANEXO VIII

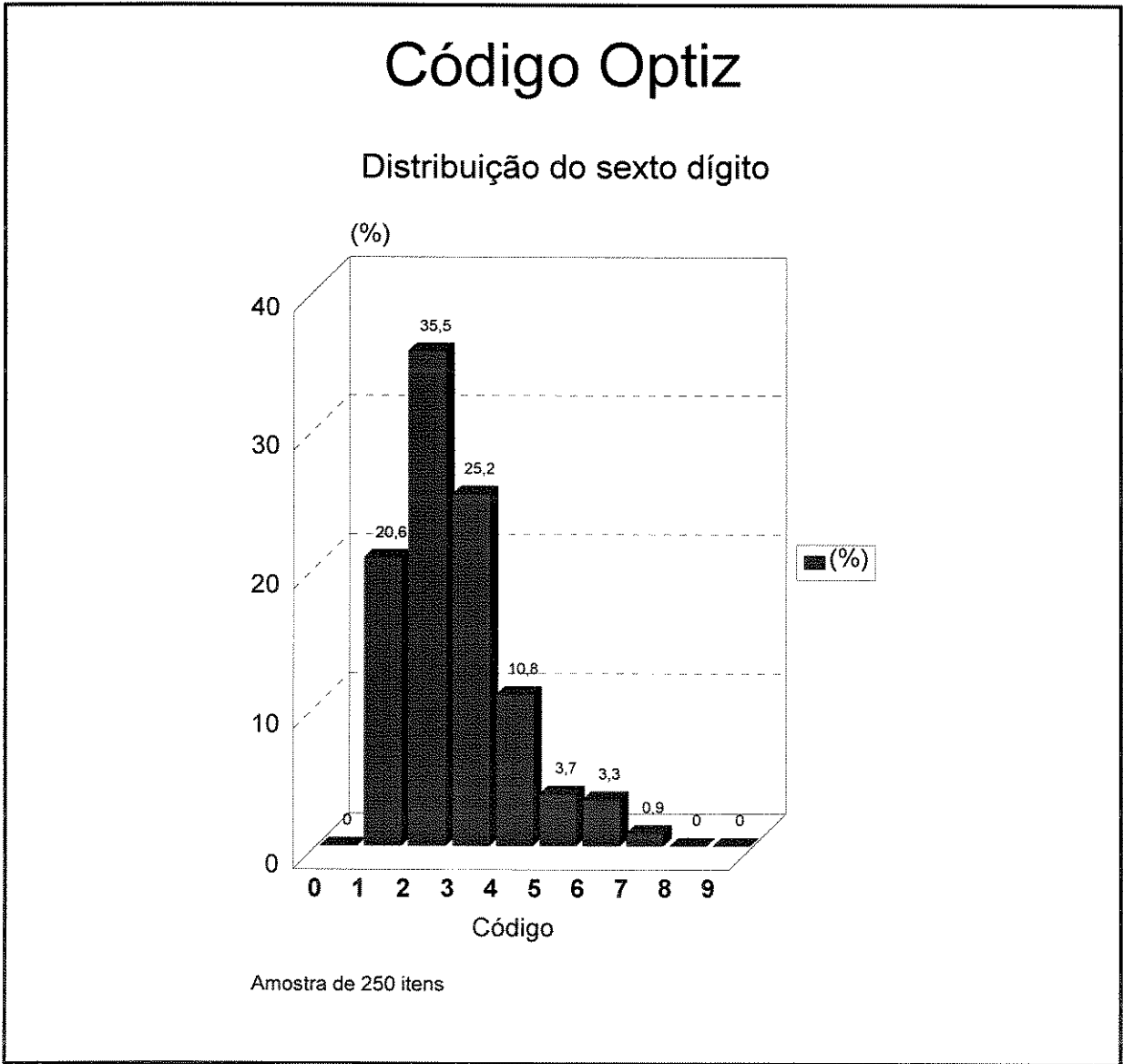
Código Optiz:
Distribuição para quinto dígito



ANEXO IX

Código Optiz:

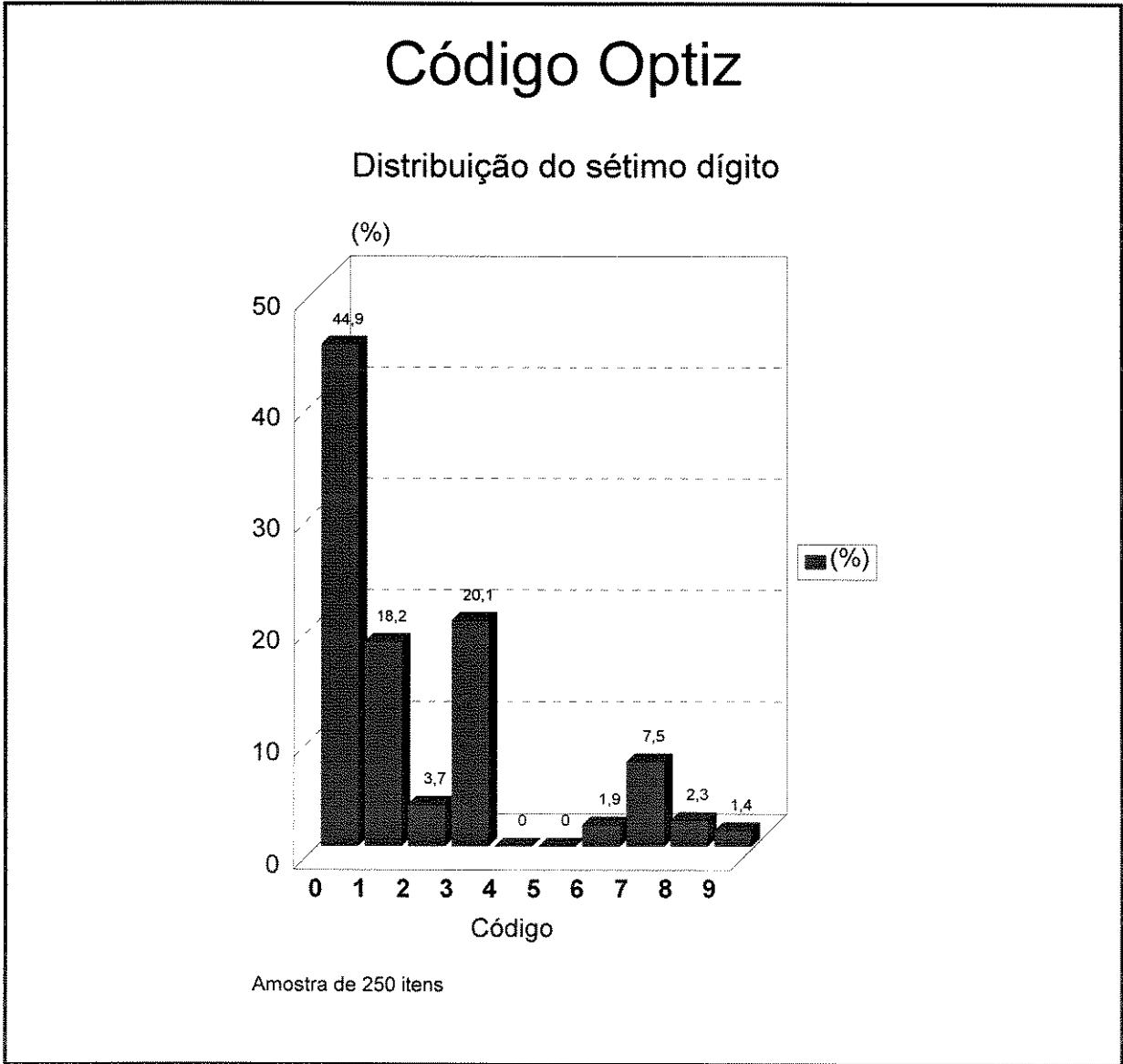
Distribuição para sexto dígito



ANEXO X

Código Optiz:

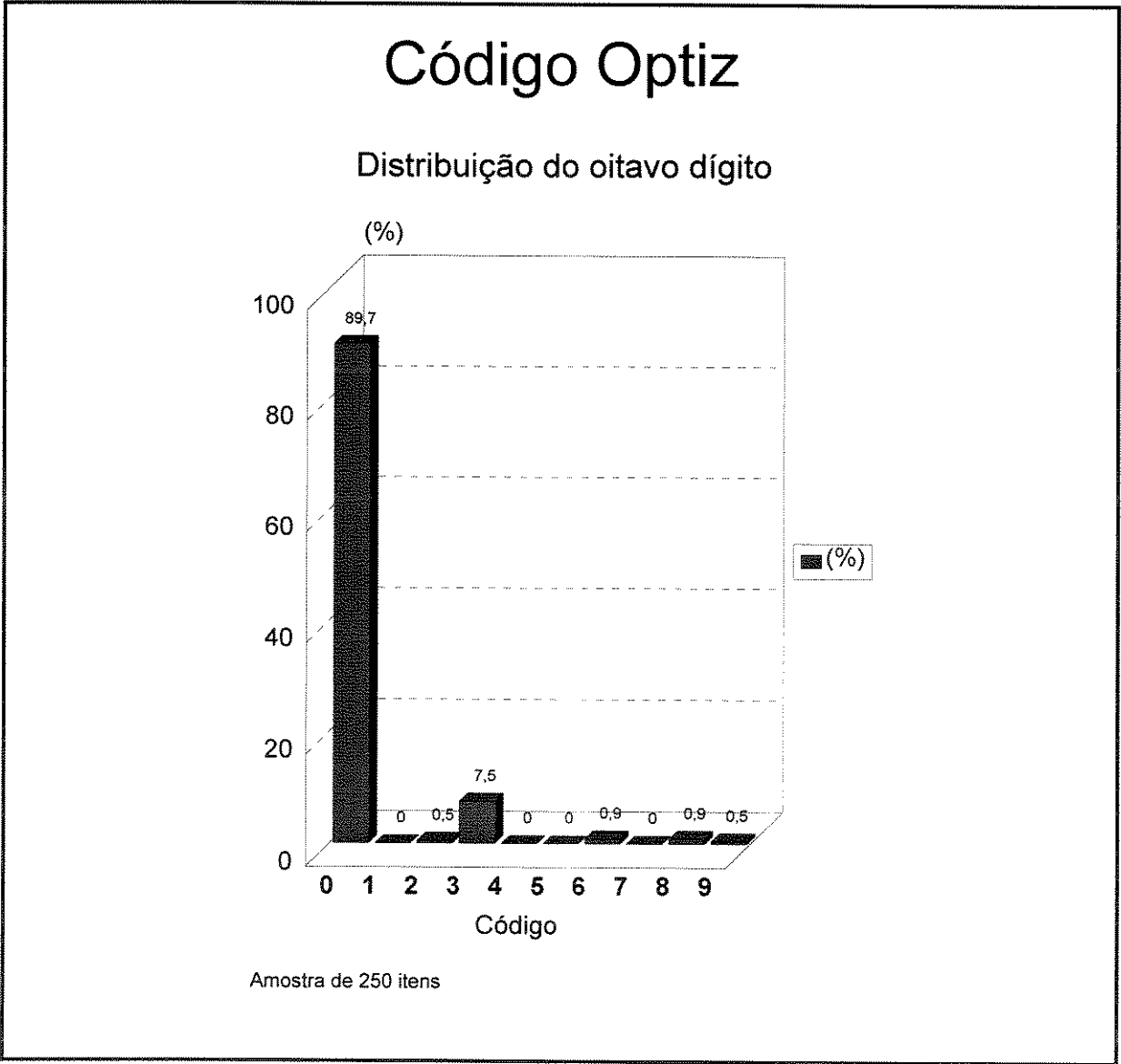
Distribuição para sétimo dígito



ANEXO XI

Código Optiz:

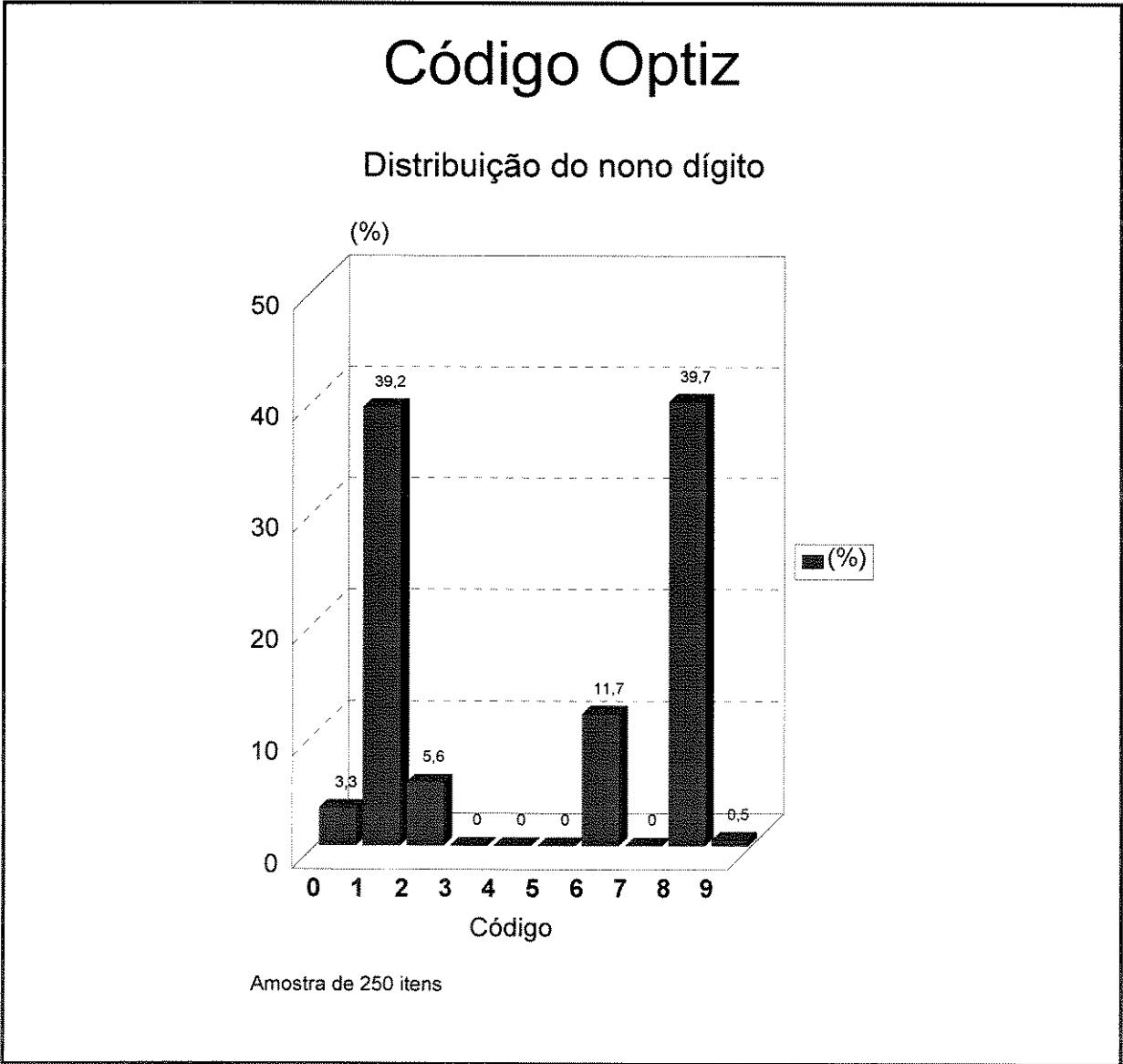
Distribuição para oitavo dígito



ANEXO XII

Código Optiz:

Distribuição para nono dígito



ANEXO XIII

Dígito 1

Tipo de Componente

- O tipo de componente a ser considerado pelo modelo corresponde apenas aos rotacionais. Porém o código prevê a utilização de outras configurações, que poderão ser desenvolvidas no futuro.

Dígito	Informação
0	Rotacional
1	-
2	Cúbico
3	-
4	Plano (não dobrados)
5	-
6	Caldeiraria (não estrutural)
7	-
8	Estrutura Soldada
9	Outros

ANEXO XIV

Dígitos 2 e 3

Quantidade de Segmentos ou *Features* (nf)

É um contador automático para as *features* disponíveis na biblioteca e que foram utilizadas no modelamento do componente. Na maioria das aplicações **nf** será igual à quantidade de segmentos que compõem um determinado componente e analogamente é diretamente proporcional à complexidade do mesmo.

O programa está limitado a [0 < **nf** ≤ 99], situação pouco provável de ocorrer na prática.

Dígito	Informação
01	nf = 1
02	nf = 2
03	nf = 3
04	nf = 4
05	nf = 5
06	nf = 6
07	nf = 7
08	nf = 8
09	nf = 9
10	nf = 10

Dígito	Informação
11	nf = 11
12	nf = 12
13	nf = 13
14	nf = 14
15	nf = 15
16	nf = 16
17	nf = 17
...	...
99	nf = 99

ANEXO XV

Dígitos 4 e 5

Comprimento Máximo (L máx)

Lmáx é obtido através de processamento interno pelo programa, somando-se os comprimentos de todas as features utilizadas durante o modelamento do componente. Esse comprimento é comparado com a tabela a seguir, resultando no código correspondente.

Tem-se como objetivo conhecer uma das restrições à determinação do tipo de máquina a usinar o componente.

Dígito	Informação		
00	5	$\geq L_{máx}$	
10	5	$< L_{máx} \leq$	20
20	20	$< L_{máx} \leq$	50
30	50	$< L_{máx} \leq$	80
40	80	$< L_{máx} \leq$	100
50	100	$< L_{máx} \leq$	150
55	150	$< L_{máx} \leq$	200
60	200	$< L_{máx} \leq$	250

Dígito	Informação		
65	250	$< L_{máx} \leq$	300
70	300	$< L_{máx} \leq$	400
75	400	$< L_{máx} \leq$	500
80	500	$< L_{máx} \leq$	600
85	600	$< L_{máx} \leq$	800
90	800	$< L_{máx} \leq$	1000
99	1000	$< L_{máx}$	

ANEXO XVI

Dígitos 6 e 7

Diâmetro Externo Máximo ($D_{\text{máx}}$) (Classes conforme ABNT NB-86)

$D_{\text{máx}}$ é obtido através de processamento interno pelo programa, armazenando-se os diâmetros externos de todas as features utilizadas durante o modelamento da peça e adotando o de maior valor nominal. Esse valor é comparado com a tabela a seguir, resultando no código correspondente. Tem-se como objetivo conhecer uma das restrições à determinação da capacidade da máquina a usinar o componente.

Díg.	Inform.		
00	1	$\geq D_{\text{máx}}$	
02	1	$< D_{\text{máx}} \leq$	3
04	3	$< D_{\text{máx}} \leq$	6
06	6	$< D_{\text{máx}} \leq$	10
08	10	$< D_{\text{máx}} \leq$	14
10	14	$< D_{\text{máx}} \leq$	18
12	18	$< D_{\text{máx}} \leq$	24
14	24	$< D_{\text{máx}} \leq$	30
16	30	$< D_{\text{máx}} \leq$	40
18	40	$< D_{\text{máx}} \leq$	50
20	50	$< D_{\text{máx}} \leq$	65
22	65	$< D_{\text{máx}} \leq$	80
24	80	$< D_{\text{máx}} \leq$	100
26	100	$< D_{\text{máx}} \leq$	120
28	120	$< D_{\text{máx}} \leq$	140
30	140	$< D_{\text{máx}} \leq$	160
32	160	$< D_{\text{máx}} \leq$	180
34	180	$< D_{\text{máx}} \leq$	200
36	200	$< D_{\text{máx}} \leq$	225
38	225	$< D_{\text{máx}} \leq$	250
40	250	$< D_{\text{máx}} \leq$	280
42	280	$< D_{\text{máx}} \leq$	315
44	315	$< D_{\text{máx}} \leq$	355
46	355	$< D_{\text{máx}} \leq$	400
48	400	$< D_{\text{máx}} \leq$	450
50	450	$< D_{\text{máx}} \leq$	500

Díg.	Inform.		
52	500	$\geq D_{\text{máx}}$	560
54	560	$< D_{\text{máx}} \leq$	630
56	630	$< D_{\text{máx}} \leq$	710
58	710	$< D_{\text{máx}} \leq$	800
60	800	$< D_{\text{máx}} \leq$	900
62	900	$< D_{\text{máx}} \leq$	1000
64	1000	$< D_{\text{máx}} \leq$	1120
66	1120	$< D_{\text{máx}} \leq$	1250
68	1250	$< D_{\text{máx}} \leq$	1400
70	1400	$< D_{\text{máx}} \leq$	1600
72	1600	$< D_{\text{máx}} \leq$	1800
74	1800	$< D_{\text{máx}} \leq$	2000
76	2000	$< D_{\text{máx}} \leq$	2240
78	2240	$< D_{\text{máx}} \leq$	2500
80	2500	$< D_{\text{máx}} \leq$	2800
82	2800	$< D_{\text{máx}} \leq$	3150
84			
86			
88			
90			
92			
94			
95			
96			
98			
99	3150	$< D_{\text{máx}}$	

ANEXO XVII

Dígitos 8 e 9

Comprimento Máximo/Diâmetro Médio (Lmáx/Dm)

Dm é obtido através de processamento interno pelo programa, armazenando-se os diâmetros externos de todas as *features* utilizadas durante o modelamento da peça e dividindo-se pelo número total de *features* (**nf**). **Lmáx** é dividido por esse valor e comparado com a tabela a seguir, resultando no código correspondente. Tem-se como objetivo conhecer as proporções dimensionais do componente utilizado.

Dígito	Informação		
00	0,1	$\geq L_{máx}/D_m$	
10	0,1	$< L_{máx}/D_m \leq$	0,2
20	0,2	$< L_{máx}/D_m \leq$	0,3
30	0,3	$< L_{máx}/D_m \leq$	0,5
40	0,5	$< L_{máx}/D_m \leq$	0,8
50	0,8	$< L_{máx}/D_m \leq$	1,0
55	1,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	1,5
65	1,5	$< L_{máx}/D_m \leq$	2,0

Dígito	Informação		
75	2,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	2,5
85	2,5	$< L_{máx}/D_m \leq$	3,0
89	3,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	5,0
91	5,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	8,0
93	8,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	10,0
95	10,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	15,0
97	15,0	$< L_{máx}/D_m \leq$	20,0
99	20,0	$< L_{máx}/D_m$	

ANEXO XVIII

Dígitos 10, 11, 12 e 13

Configuração do Componente (usinagem), baseado na composição das *features* utilizadas (f1...f10), disponíveis na biblioteca.

Díg.	Informação	Díg.	Informação	Díg.	Informação
0002	f1	0056	f3f4f5	0110	f1f2f3f5f6
0004	f2	0058	f1f3f4f5	0112	f4f5f6
0006	f1f2	0060	f2f3f4f5	0114	f1f4f5f6
0008	f3	0062	f1f2f3f4f5	0116	f2f4f5f6
0010	f1f3	0064	f6	0118	f1f2f4f5f6
0012	f2f3	0066	f1f6	0120	f3f4f5f6
0014	f1f2f3	0068	f2f6	0122	f1f3f4f5f6
0016	f4	0070	f1f2f6	0124	f2f3f4f5f6
0018	f1f4	0072	f3f6	0126	f1f2f3f4f5f6
0020	f2f4	0074	f1f3f6	0128	f7
0022	f1f2f4	0076	f2f3f6	0130	f1f7
0024	f3f4	0078	f1f2f3f6	0132	f2f7
0026	f1f3f4	0080	f4f6	0134	f1f2f7
0028	f2f3f4	0082	f1f4f6	0136	f3f7
0030	f1f2f3f4	0084	f2f4f6	0138	f1f3f7
0032	f5	0086	f1f2f4f6	0140	f2f3f7
0034	f1f5	0088	f3f4f6	0142	f1f2f3f7
0036	f2f5	0090	f1f3f4f6	0144	f4f7
0038	f1f2f5	0092	f2f3f4f6	0146	f1f4f7
0040	f3f5	0094	f1f2f3f4f6	0148	f2f4f7
0042	f1f3f5	0096	f5f6	0150	f1f2f4f7
0044	f2f3f5	0098	f1f5f6	0152	f3f4f7
0046	f1f2f3f5	0100	f2f5f6	0154	f1f3f4f7
0048	f4f5	0102	f1f2f5f6	0156	f2f3f4f7
0050	f1f4f5	0104	f3f5f6	0158	f1f2f3f4f7
0052	f2f4f5	0106	f1f3f5f6	0160	f5f7
0054	f1f2f4f5	0108	f2f3f5f6	0162	f1f5f7

Díg.	Informação
0164	f2f5f7
0166	f1f2f5f7
0168	f3f5f7
0170	f1f3f5f7
0172	f2f3f5f7
0174	f1f2f3f5f7
0176	f4f5f7
0178	f1f4f5f7
0180	f2f4f5f7
0182	f1f2f4f5f7
0184	f3f4f5f7
0186	f1f3f4f5f7
0188	f2f3f4f5f7
0190	f1f2f3f4f5f7
0192	f6f7
0194	f1f6f7
0196	f2f6f7
0198	f1f2f6f7
0200	f3f6f7
0202	f1f3f6f7
0204	f2f3f6f7
0206	f1f2f3f6f7
0208	f4f6f7
0210	f1f4f6f7
0212	f2f4f6f7
0214	f1f2f4f6f7
0216	f3f4f6f7
0218	f1f3f4f6f7
0220	f2f3f4f6f7
0222	f1f2f3f4f6f7
0224	f5f6f7
0226	f1f5f6f7
0228	f2f5f6f7

Díg.	Informação
0230	f1f2f5f6f7
0232	f3f5f6f7
0234	f1f3f5f6f7
0236	f2f3f5f6f7
0238	f1f2f3f5f6f7
0240	f4f5f6f7
0242	f1f4f5f6f7
0244	f2f4f5f6f7
0246	f1f2f4f5f6f7
0248	f3f4f5f6f7
0250	f1f3f4f5f6f7
0252	f2f3f4f5f6f7
0254	f1f2f3f4f5f6f7
0256	f8
0258	f1f8
0260	f2f8
0262	f1f2f8
0264	f3f8
0266	f1f3f8
0268	f2f3f8
0270	f1f2f3f8
0272	f4f8
0274	f1f4f8
0276	f2f4f8
0278	f1f2f4f8
0280	f3f4f8
0282	f1f3f4f8
0284	f2f3f4f8
0286	f1f2f3f4f8
0288	f5f8
0290	f1f5f8
0292	f2f5f8
0294	f1f2f5f8

Díg.	Informação
0296	f3f5f8
0298	f1f3f5f8
0300	f2f3f5f8
0302	f1f2f3f5f8
0304	f4f5f8
0306	f1f4f5f8
0308	f2f4f5f8
0310	f1f2f4f5f8
0312	f3f4f5f8
0314	f1f3f4f5f8
0316	f2f3f4f5f8
0318	f1f2f3f4f5f8
0320	f6f8
0322	f1f6f8
0324	f2f6f8
0326	f1f2f6f8
0328	f3f6f8
0330	f1f3f6f8
0332	f2f3f6f8
0334	f1f2f3f6f8
0336	f4f6f8
0338	f1f4f6f8
0340	f2f4f6f8
0342	f1f2f4f6f8
0344	f3f4f6f8
0346	f1f3f4f6f8
0348	f2f3f4f6f8
0350	f1f2f3f4f6f8
0352	f5f6f8
0354	f1f5f6f8
0356	f2f5f6f8
0358	f1f2f5f6f8
0360	f3f5f6f8

Díg.	Informação
0362	f1f3f5f6f8
0364	f2f3f5f6f8
0366	f1f2f3f5f6f8
0368	f4f5f6f8
0370	f1f4f5f6f8
0372	f2f4f5f6f8
0374	f1f2f4f5f6f8
0376	f3f4f5f6f8
0378	f1f3f4f5f6f8
0380	f2f3f4f5f6f8
0382	f1f2f3f4f5f6f8
0384	f7f8
0386	f1f7f8
0388	f2f7f8
0390	f1f2f7f8
0392	f3f7f8
0394	f1f3f7f8
0396	f2f3f7f8
0398	f1f2f3f7f8
0400	f4f7f8
0402	f1f4f7f8
0404	f2f4f7f8
0406	f1f2f4f7f8
0408	f3f4f7f8
0410	f1f3f4f7f8
0412	f2f3f4f7f8
0414	f1f2f3f4f7f8
0416	f5f7f8
0418	f1f5f7f8
0420	f2f5f7f8
0422	f1f2f5f7f8
0424	f3f5f7f8
0426	f1f3f5f7f8

Díg.	Informação
0428	f2f3f5f7f8
0430	f1f2f3f5f7f8
0432	f4f5f7f8
0434	f1f4f5f7f8
0436	f2f4f5f7f8
0438	f1f2f4f7f8
0440	f3f4f5f7f8
0442	f1f3f4f5f7f8
0444	f2f3f4f5f7f8
0446	f1f2f3f4f5f7f8
0448	f6f7f8
0450	f1f6f7f8
0452	f2f6f7f8
0454	f1f2f6f7f8
0456	f3f6f7f8
0458	f1f3f6f7f8
0460	f2f3f6f7f8
0462	f1f2f3f6f7f8
0464	f4f6f7f8
0466	f1f4f6f7f8
0468	f2f4f6f7f8
0470	f1f2f4f6f7f8
0472	f3f4f6f7f8
0474	f1f3f4f6f7f8
0476	f2f3f4f6f7f8
0478	f1f2f3f4f6f7f8
0480	f5f6f7f8
0482	f1f5f6f7f8
0484	f2f5f6f7f8
0486	f1f2f5f6f7f8
0488	f3f5f6f7f8
0490	f1f3f5f6f7f8
0492	f2f3f5f6f7f8

Díg.	Informação
0494	f1f2f3f5f6f7f8
0496	f4f5f6f7f8
0498	f1f4f5f6f7f8
0500	f2f4f5f6f7f8
0502	f1f2f4f5f6f7f8
0504	f3f4f5f6f7f8
0506	f1f3f4f5f6f7f8
0508	f2f3f4f5f6f7f8
0510	f1f2f3f4f5f6f7f8
0512	f9
0514	f1f9
0516	f2f9
0518	f1f2f9
0520	f3f9
0522	f1f3f9
0524	f2f3f9
0526	f1f2f3f9
0528	f4f9
0530	f1f4f9
0532	f2f4f9
0534	f1f2f4f9
0536	f3f4f9
0538	f1f3f4f9
0540	f2f3f4f9
0542	f1f2f3f4f9
0544	f5f9
0546	f1f5f9
0548	f2f5f9
0550	f1f2f5f9
0552	f3f5f9
0554	f1f3f5f9
0556	f2f3f5f9
0558	f1f2f3f5f9

Díg.	Informação
0560	f4f5f9
0562	f1f4f5f9
0564	f2f4f5f9
0566	f1f2f4f5f9
0568	f3f4f5f9
0570	f1f3f4f5f9
0572	f2f3f4f5f9
0574	f1f2f3f4f5f9
0576	f6f9
0578	f1f6f9
0580	f2f6f9
0582	f1f2f6f9
0584	f3f6f9
0586	f1f3f6f9
0588	f2f3f6f9
0590	f1f2f3f6f9
0592	f4f6f9
0594	f1f4f6f9
0596	f2f4f6f9
0598	f1f2f4f6f9
0600	f3f4f6f9
0602	f1f3f4f6f9
0604	f2f3f4f6f9
0606	f1f2f3f4f6f9
0608	f5f6f9
0610	f1f5f6f9
0612	f2f5f6f9
0614	f1f2f5f6f9
0616	f3f5f6f9
0618	f1f3f5f6f9
0620	f2f3f5f6f9
0622	f1f2f3f5f6f9
0624	f4f5f6f9

Díg.	Informação
0626	f1f4f5f6f9
0628	f2f4f5f6f9
0630	f1f2f4f5f6f9
0632	f3f4f5f6f9
0634	f1f3f4f5f6f9
0636	f2f3f4f5f6f9
0638	f1f2f3f4f5f6f9
0640	f7f9
0642	f1f7f9
0644	f2f7f9
0646	f1f2f7f9
0648	f3f7f9
0650	f1f3f7f9
0652	f2f3f7f9
0654	f1f2f3f7f9
0656	f4f7f9
0658	f1f4f7f9
0660	f2f4f7f9
0662	f1f2f4f7f9
0664	f3f4f7f9
0666	f1f3f4f7f9
0668	f2f3f4f7f9
0670	f1f2f3f4f7f9
0672	f5f7f9
0674	f1f5f7f9
0676	f2f5f7f9
0678	f1f2f5f7f9
0680	f3f5f7f9
0682	f1f3f5f7f9
0684	f2f3f5f7f9
0686	f1f2f3f5f7f9
0688	f4f5f7f9
0690	f1f4f5f7f9

Díg.	Informação
0692	f2f4f5f7f9
0694	f1f2f4f5f7f9
0696	f3f4f5f7f9
0698	f1f3f4f5f7f9
0700	f2f3f4f5f7f9
0702	f1f2f3f4f5f7f9
0704	f6f7f9
0706	f1f6f7f9
0708	f2f6f7f9
0710	f1f2f6f7f9
0712	f3f6f7f9
0714	f1f3f6f7f9
0716	f2f3f6f7f9
0718	f1f2f3f6f7f9
0720	f4f6f7f9
0722	f1f4f6f7f9
0724	f2f4f6f7f9
0726	f1f2f4f6f7f9
0728	f3f4f6f7f9
0730	f1f3f4f6f7f9
0732	f2f3f4f6f7f9
0734	f1f2f3f4f6f7f9
0736	f5f6f7f9
0738	f1f5f6f7f9
0740	f2f5f6f7f9
0742	f1f2f5f6f7f9
0744	f3f5f6f7f9
0746	f1f3f5f6f7f9
0748	f2f3f5f6f7f9
0750	f1f2f3f5f6f7f9
0752	f4f5f6f7f9
0754	f1f4f5f6f7f9
0756	f2f4f5f6f7f9

Díg.	Informação
0758	f1f2f4f5f6f7f9
0760	f3f4f5f6f7f9
0762	f1f3f4f5f6f7f9
0764	f2f3f4f5f6f7f9
0766	f1f2f3f4f5f6f7f9
0768	f8f9
0770	f1f8f9
0772	f2f8f9
0774	f1f2f8f9
0776	f3f8f9
0778	f1f3f8f9
0780	f2f3f8f9
0782	f1f2f3f8f9
0784	f4f8f9
0786	f1f4f8f9
0788	f2f4f8f9
0790	f1f2f4f8f9
0792	f3f4f8f9
0794	f1f3f4f8f9
0796	f2f3f4f8f9
0798	f1f2f3f4f8f9
0800	f5f8f9
0802	f1f5f8f9
0804	f2f5f8f9
0806	f1f2f5f8f9
0808	f3f5f8f9
0810	f1f3f5f8f9
0812	f2f3f5f8f9
0814	f1f2f3f5f8f9
0816	f4f5f8f9
0818	f1f4f5f8f9
0820	f2f4f5f8f9
0822	f1f2f4f5f8f9

Díg.	Informação
0824	f3f4f5f8f9
0826	f1f3f4f5f8f9
0828	f2f3f4f5f8f9
0830	f1f2f3f4f5f8f9
0832	f6f8f9
0834	f1f6f8f9
0836	f2f6f8f9
0838	f1f2f6f8f9
0840	f3f6f8f9
0842	f1f3f6f8f9
0844	f2f3f6f8f9
0846	f1f2f3f6f8f9
0848	f4f6f8f9
0850	f1f4f6f8f9
0852	f2f4f6f8f9
0854	f1f2f4f6f8f9
0856	f3f4f6f8f9
0858	f1f3f4f6f8f9
0860	f2f3f4f6f8f9
0862	f1f2f3f4f6f8f9
0864	f5f6f8f9
0866	f1f5f6f8f9
0868	f2f5f6f8f9
0870	f1f2f5f6f8f9
0872	f3f5f6f8f9
0874	f1f3f5f6f8f9
0876	f2f3f5f6f8f9
0878	f1f2f3f5f6f8f9
0880	f4f5f6f8f9
0882	f1f4f5f6f8f9
0884	f2f4f5f6f8f9
0886	f1f2f4f5f6f8f9
0888	f3f4f5f6f8f9

Díg.	Informação
0890	f1f3f4f5f6f8f9
0892	f2f3f4f5f6f8f9
0894	f1f2f3f4f5f6f8f9
0896	f7f8f9
0898	f1f7f8f9
0900	f2f7f8f9
0902	f1f2f7f8f9
0904	f3f7f8f9
0906	f1f3f7f8f9
0908	f2f3f7f8f9
0910	f1f2f3f7f8f9
0912	f4f7f8f9
0914	f1f4f7f8f9
0916	f2f4f7f8f9
0918	f1f2f4f7f8f9
0920	f3f4f7f8f9
0922	f1f3f4f7f8f9
0924	f2f3f4f7f8f9
0926	f1f2f3f4f7f8f9
0928	f5f7f8f9
0930	f1f5f7f8f9
0932	f2f5f7f8f9
0934	f1f2f5f7f8f9
0936	f3f5f7f8f9
0938	f1f3f5f7f8f9
0940	f2f3f5f7f8f9
0942	f1f2f3f5f7f8f9
0944	f4f5f7f8f9
0946	f1f4f5f7f8f9
0948	f2f4f5f7f8f9
0950	f1f2f4f5f7f8f9
0952	f3f4f5f7f8f9
0954	f1f3f4f5f7f8f9

Díg.	Informação
0956	f2f3f4f5f7f8f9
0958	f1f2f3f4f5f7f8f9
0960	f6f7f8f9
0962	f1f6f7f8f9
0964	f2f6f7f8f9
0966	f1f2f6f7f8f9
0968	f3f6f7f8f9
0970	f1f3f6f7f8f9
0972	f2f3f6f7f8f9
0974	f1f2f3f6f7f8f9
0976	f4f6f7f8f9
0978	f1f4f6f7f8f9
0980	f2f4f6f7f8f9
0982	f1f2f4f6f7f8f9
0984	f3f4f6f7f8f9
0986	f1f3f4f6f7f8f9
0988	f2f3f4f6f7f8f9
0990	f1f2f3f4f6f7f8f9
0992	f5f6f7f8f9
0994	f1f5f6f7f8f9
0996	f2f5f6f7f8f9
0998	f1f2f5f6f7f8f9
1000	f3f5f6f7f8f9
1002	f1f3f5f6f7f8f9
1004	f2f3f5f6f7f8f9
1006	f1f2f3f5f6f7f8f9
1008	f4f5f6f7f8f9
1010	f1f4f5f6f7f8f9
1012	f2f4f5f6f7f8f9
1014	f1f2f4f5f6f7f8f9
1016	f3f4f5f6f7f8f9
1018	f1f3f4f5f6f7f8f9
1020	f2f3f4f5f6f7f8f9

Díg.	Informação
1022	f1f2f3f4f5f6f7f8f9
1024	f10
1026	f1f10
1028	f2f10
1030	f1f2f10
1032	f3f10
1034	f1f3f10
1036	f2f3f10
1038	f1f2f3f10
1040	f4f10
1042	f1f4f10
1044	f2f4f10
1046	f1f2f4f10
1048	f3f4f10
1050	f1f3f4f10
1052	f2f3f4f10
1054	f1f2f3f4f10
1056	f5f10
1058	f1f5f10
1060	f2f5f10
1062	f1f2f5f10
1064	f3f5f10
1066	f1f3f5f10
1068	f2f3f5f10
1070	f1f2f3f5f10
1072	f4f5f10
1074	f1f4f5f10
1076	f2f4f5f10
1078	f1f2f4f5f10
1080	f3f4f5f10
1082	f1f3f4f5f10
1084	f2f3f4f5f10
1086	f1f2f3f4f5f10

Díg.	Informação
1088	f6f10
1090	f1f6f10
1092	f2f6f10
1094	f1f2f6f10
1096	f3f6f10
1098	f1f3f6f10
1100	f2f3f6f10
1102	f1f2f3f6f10
1104	f4f6f10
1106	f1f4f6f10
1108	f2f4f6f10
1110	f1f2f4f6f10
1112	f3f4f6f10
1114	f1f3f4f6f10
1116	f2f3f4f6f10
1118	f1f2f3f4f6f10
1120	f5f6f10
1122	f1f5f6f10
1124	f2f5f6f10
1126	f1f2f5f6f10
1128	f3f5f6f10
1130	f1f3f5f6f10
1132	f2f3f5f6f10
1134	f1f2f3f5f6f10
1136	f4f5f6f10
1138	f1f4f5f6f10
1140	f2f4f5f6f10
1142	f1f2f4f5f6f10
1144	f3f4f5f6f10
1146	f1f3f4f5f6f10
1148	f2f3f4f5f6f10
1150	f1f2f3f4f5f6f10
1152	f7f10

Díg.	Informação
1154	f1f7f10
1156	f2f7f10
1158	f1f2f7f10
1160	f3f7f10
1162	f1f3f7f10
1164	f2f3f7f10
1166	f1f2f3f7f10
1168	f4f7f10
1170	f1f4f7f10
1172	f2f4f7f10
1174	f1f2f4f7f10
1176	f3f4f7f10
1178	f1f3f4f7f10
1180	f2f3f4f7f10
1182	f1f2f3f4f7f10
1184	f5f7f10
1186	f1f5f7f10
1188	f2f5f7f10
1190	f1f2f5f7f10
1192	f3f5f7f10
1194	f1f3f5f7f10
1196	f2f3f5f7f10
1198	f1f2f3f5f7f10
1200	f4f5f7f10
1202	f1f4f5f7f10
1204	f2f4f5f7f10
1206	f1f2f4f5f7f10
1208	f3f4f5f7f10
1210	f1f3f4f5f7f10
1212	f2f3f4f5f7f10
1214	f1f2f3f4f5f7f10
1216	f6f7f10
1218	f1f6f7f10

Díg.	Informação
1220	f2f6f7f10
1222	f1f2f6f7f10
1224	f3f6f7f10
1226	f1f3f6f7f10
1228	f2f3f6f7f10
1230	f1f2f3f6f7f10
1232	f4f6f7f10
1234	f1f4f6f7f10
1236	f2f4f6f7f10
1238	f1f2f4f6f7f10
1240	f3f4f6f7f10
1242	f1f3f4f6f7f10
1244	f2f3f4f6f7f10
1246	f1f2f3f4f6f7f10
1248	f5f6f7f10
1250	f1f5f6f7f10
1252	f2f5f6f7f10
1254	f1f2f5f6f7f10
1256	f3f5f6f7f10
1258	f1f3f5f6f7f10
1260	f2f3f5f6f7f10
1262	f1f2f3f5f6f7f10
1264	f4f5f6f7f10
1266	f1f4f5f6f7f10
1268	f2f4f5f6f7f10
1270	f1f2f4f5f6f7f10
1272	f3f4f5f6f7f10
1274	f1f3f4f5f6f7f10
1276	f2f3f4f5f6f7f10
1278	f1f2f3f4f5f6f7f10
1280	f8f10
1282	f1f8f10
1284	f2f8f10

Díg.	Informação
1286	f1f2f8f10
1288	f3f8f10
1290	f1f3f8f10
1292	f2f3f8f10
1294	f1f2f3f8f10
1296	f4f8f10
1298	f1f4f8f10
1300	f2f4f8f10
1302	f1f2f4f8f10
1304	f3f4f8f10
1306	f1f3f4f8f10
1308	f2f3f4f8f10
1310	f1f2f3f4f8f10
1312	f5f8f10
1314	f1f5f8f10
1316	f2f5f8f10
1318	f1f2f5f8f10
1320	f3f5f8f10
1322	f1f3f5f8f10
1324	f2f3f5f8f10
1326	f1f2f3f5f8f10
1328	f4f5f8f10
1330	f1f4f5f8f10
1332	f2f4f5f8f10
1334	f1f2f4f5f8f10
1336	f3f4f5f8f10
1338	f1f3f4f5f8f10
1340	f2f3f4f5f8f10
1342	f1f2f3f4f5f8f10
1344	f6f8f10
1346	f1f6f8f10
1348	f2f6f8f10
1350	f1f2f6f8f10

Díg.	Informação
1352	f3f6f8f10
1354	f1f3f6f8f10
1356	f2f3f6f8f10
1358	f1f2f3f6f8f10
1360	f4f6f8f10
1362	f1f4f6f8f10
1364	f2f4f6f8f10
1366	f1f2f4f6f8f10
1368	f3f4f6f8f10
1370	f1f3f4f6f8f10
1372	f2f3f4f6f8f10
1374	f1f2f3f4f6f8f10
1376	f5f6f8f10
1378	f1f5f6f8f10
1380	f2f5f6f8f10
1382	f1f2f5f6f8f10
1384	f3f5f6f8f10
1386	f1f3f5f6f8f10
1388	f2f3f5f6f8f10
1390	f1f2f3f5f6f8f10
1392	f4f5f6f8f10
1394	f1f4f5f6f8f10
1396	f2f4f5f6f8f10
1398	f1f2f4f5f6f8f10
1400	f3f4f5f6f8f10
1402	f1f3f4f5f6f8f10
1404	f2f3f4f5f6f8f10
1406	f1f2f3f4f5f6f8f10
1408	f7f8f10
1410	f1f7f8f10
1412	f2f7f8f10
1414	f1f2f7f8f10
1416	f3f7f8f10

Díg.	Informação
1418	f1f3f7f8f10
1420	f2f3f7f8f10
1422	f1f2f3f7f8f10
1424	f4f7f8f10
1426	f1f4f7f8f10
1428	f2f4f7f8f10
1430	f1f2f4f7f8f10
1432	f3f4f7f8f10
1434	f1f3f4f7f8f10
1436	f2f3f4f7f8f10
1438	f1f2f3f4f7f8f10
1440	f5f7f8f10
1442	f1f5f7f8f10
1444	f2f5f7f8f10
1446	f1f2f5f7f8f10
1448	f3f5f7f8f10
1450	f1f3f5f7f8f10
1452	f2f3f5f7f8f10
1454	f1f2f3f5f7f8f10
1456	f4f5f7f8f10
1458	f1f4f5f7f8f10
1460	f2f4f5f7f8f10
1462	f1f2f4f5f7f8f10
1464	f3f4f5f7f8f10
1466	f1f3f4f5f7f8f10
1468	f2f3f4f5f7f8f10
1470	f1f2f3f4f5f7f8f10
1472	f6f7f8f10
1474	f1f6f7f8f10
1476	f2f6f7f8f10
1478	f1f2f6f7f8f10
1480	f3f6f7f8f10
1482	f1f3f6f7f8f10

Díg.	Informação
1484	f2f3f6f7f8f10
1486	f1f2f3f6f7f8f10
1488	f4f6f7f8f10
1490	f1f4f6f7f8f10
1492	f2f4f6f7f8f10
1494	f1f2f4f6f7f8f10
1496	f3f4f6f7f8f10
1498	f1f3f4f6f7f8f10
1500	f2f3f4f6f7f8f10
1502	f1f2f3f4f6f7f8f10
1504	f5f6f7f8f10
1506	f1f5f6f7f8f10
1508	f2f5f6f7f8f10
1510	f1f2f5f6f7f8f10
1512	f3f5f6f7f8f10
1514	f1f3f5f6f7f8f10
1516	f2f3f5f6f7f8f10
1518	f1f2f3f5f6f7f8f10
1520	f4f5f6f7f8f10
1522	f1f4f5f6f7f8f10
1524	f2f4f5f6f7f8f10
1526	f1f2f4f5f6f7f8f10
1528	f3f4f5f6f7f8f10
1530	f1f3f4f5f6f7f8f10
1532	f2f3f4f5f6f7f8f10
1534	f1f2f3f4f5f6f7f8f10
1536	f9f10
1538	f1f9f10
1540	f2f9f10
1542	f1f2f9f10
1544	f3f9f10
1546	f1f3f9f10
1548	f2f3f9f10

Díg.	Informação
1550	f1f2f3f9f10
1552	f4f9f10
1554	f1f4f9f10
1556	f2f4f9f10
1558	f1f2f4f9f10
1560	f3f4f9f10
1562	f1f3f4f9f10
1564	f2f3f4f9f10
1566	f1f2f3f4f9f10
1568	f5f9f10
1570	f1f5f9f10
1572	f2f5f9f10
1574	f1f2f5f9f10
1576	f3f5f9f10
1578	f1f3f5f9f10
1580	f2f3f5f9f10
1582	f1f2f3f5f9f10
1584	f4f5f9f10
1586	f1f4f5f9f10
1588	f2f4f5f9f10
1590	f1f2f4f5f9f10
1592	f3f4f5f9f10
1594	f1f3f4f5f9f10
1596	f2f3f4f5f9f10
1598	f1f2f3f4f5f9f10
1600	f6f9f10
1602	f1f6f9f10
1604	f2f6f9f10
1606	f1f2f6f9f10
1608	f3f6f9f10
1610	f1f3f6f9f10
1612	f2f3f6f9f10
1614	f1f2f3f6f9f10

Díg.	Informação
1616	f4f6f9f10
1618	f1f4f6f9f10
1620	f2f4f6f9f10
1622	f1f2f4f6f9f10
1624	f3f4f6f9f10
1626	f1f3f4f6f9f10
1628	f2f3f4f6f9f10
1630	f1f2f3f4f6f9f10
1632	f5f6f9f10
1634	f1f5f6f9f10
1636	f2f5f6f9f10
1638	f1f2f5f6f9f10
1640	f3f5f6f9f10
1642	f1f3f5f6f9f10
1644	f2f3f5f6f9f10
1646	f1f2f3f5f6f9f10
1648	f4f5f6f9f10
1650	f1f4f5f6f9f10
1652	f2f4f5f6f9f10
1654	f1f2f4f5f6f9f10
1656	f3f4f5f6f9f10
1658	f1f3f4f5f6f9f10
1660	f2f3f4f5f6f9f10
1662	f1f2f3f4f5f6f9f10
1664	f7f9f10
1666	f1f7f9f10
1668	f2f7f9f10
1670	f1f2f7f9f10
1672	f3f7f9f10
1674	f1f3f7f9f10
1676	f2f3f7f9f10
1678	f1f2f3f7f9f10
1680	f4f7f9f10

Díg.	Informação
1682	f1f4f7f9f10
1684	f2f4f7f9f10
1686	f1f2f4f7f9f10
1688	f3f4f7f9f10
1690	f1f3f4f7f9f10
1692	f2f3f4f7f9f10
1694	f1f2f3f4f7f9f10
1696	f5f7f9f10
1698	f1f5f7f9f10
1700	f2f5f7f9f10
1702	f1f2f5f7f9f10
1704	f3f5f7f9f10
1706	f1f3f5f7f9f10
1708	f2f3f5f7f9f10
1710	f1f2f3f5f7f9f10
1712	f4f5f7f9f10
1714	f1f4f5f7f9f10
1716	f2f4f5f7f9f10
1718	f1f2f4f5f7f9f10
1720	f3f4f5f7f9f10
1722	f1f3f4f5f7f9f10
1724	f2f3f4f5f7f9f10
1726	f1f2f3f4f5f7f9f10
1728	f6f7f9f10
1730	f1f6f7f9f10
1732	f2f6f7f9f10
1734	f1f2f6f7f9f10
1736	f3f6f7f9f10
1738	f1f3f6f7f9f10
1740	f2f3f6f7f9f10
1742	f1f2f3f6f7f9f10
1744	f4f6f7f9f10
1746	f1f4f6f7f9f10

Díg.	Informação
1748	f2f4f6f7f9f10
1750	f1f2f4f6f7f9f10
1752	f3f4f6f7f9f10
1754	f1f3f4f6f7f9f10
1756	f2f3f4f6f7f9f10
1758	f1f2f4f6f7f9f10
1760	f5f6f7f9f10
1762	f1f5f6f7f9f10
1764	f2f5f6f7f9f10
1766	f1f2f5f6f7f9f10
1768	f3f5f6f7f9f10
1770	f1f3f5f6f7f9f10
1772	f2f3f5f6f7f9f10
1774	f1f2f3f5f6f7f9f10
1776	f4f5f6f7f9f10
1778	f1f4f5f6f7f9f10
1780	2f4f5f6f7f9f10
1782	f1f2f4f5f6f7f9f10
1784	f3f4f5f6f7f9f10
1786	f1f3f4f5f6f7f9f10
1788	f2f3f4f5f6f7f9f10
1790	f1f2f3f4f5f6f7f9f10
1792	f8f9f10
1794	f1f8f9f10
1796	f2f8f9f10
1798	f1f2f8f9f10
1800	f3f8f9f10
1802	f1f3f8f9f10
1804	f2f3f8f9f10
1806	f1f2f3f8f9f10
1808	f4f8f9f10
1810	f1f4f8f9f10
1812	f2f4f8f9f10

Díg.	Informação
1814	f1f2f4f8f9f10
1816	f3f4f8f9f10
1818	f1f3f4f8f9f10
1820	f2f3f4f8f9f10
1822	f1f2f3f4f8f9f10
1824	f5f8f9f10
1826	f1f5f8f9f10
1828	f2f5f8f9f10
1830	f1f2f5f8f9f10
1832	f3f5f8f9f10
1834	f1f3f5f8f9f10
1836	f2f3f5f8f9f10
1838	f1f2f3f5f8f9f10
1840	f4f5f8f9f10
1842	f1f4f5f8f9f10
1844	f2f4f5f8f9f10
1846	f1f2f4f5f8f9f10
1848	f3f4f5f8f9f10
1850	f1f3f4f5f8f9f10
1852	f2f3f4f5f8f9f10
1854	f1f2f3f4f5f8f9f10
1856	f6f8f9f10
1858	f1f6f8f9f10
1860	f2f6f8f9f10
1862	f1f2f6f8f9f10
1864	f3f6f8f9f10
1866	f1f3f6f8f9f10
1868	f2f3f6f8f9f10
1870	f1f2f3f6f8f9f10
1872	f4f6f8f9f10
1874	f1f4f6f8f9f10
1876	f2f4f6f8f9f10
1878	f1f2f4f6f8f9f10

Díg.	Informação
1880	f3f4f6f8f9f10
1882	f1f3f4f6f8f9f10
1884	f2f3f4f6f8f9f10
1886	f1f2f3f4f6f8f9f10
1888	f5f6f8f9f10
1890	f1f5f6f8f9f10
1892	f2f5f6f8f9f10
1894	f1f2f5f6f8f9f10
1896	f3f5f6f8f9f10
1898	f1f3f5f6f8f9f10
1900	f2f3f5f6f8f9f10
1902	f1f2f3f5f6f8f9f10
1904	f4f5f6f8f9f10
1906	f1f4f5f6f8f9f10
1908	f2f4f5f6f8f9f10
1910	f1f2f4f6f8f9f10
1912	f3f4f5f6f8f9f10
1914	f1f3f4f5f6f8f9f10
1916	f2f3f4f5f6f8f9f10
1918	f1f2f3f4f5f6f8f9f10
1920	f7f8f9f10
1922	f1f7f8f9f10
1924	f2f7f8f9f10
1926	f1f2f7f8f9f10
1928	f3f7f8f9f10
1930	f1f3f7f8f9f10
1932	f2f3f7f8f9f10
1934	f1f2f3f7f8f9f10
1936	f4f7f8f9f10
1938	f1f4f7f8f9f10
1940	f2f4f7f8f9f10
1942	f1f2f4f7f8f9f10
1944	f3f4f7f8f9f10

Díg.	Informação	Díg.	Informação
1946	f1f3f4f7f8f9f10	2012	f2f3f4f6f7f8f9f10
1948	f2f3f4f7f8f9f10	2014	f1f2f3f4f6f7f8f9f10
1950	f1f2f3f4f7f8f9f10	2016	f5f6f7f8f9f10
1952	f5f7f8f9f10	2018	f1f5f6f7f8f9f10
1954	f1f5f7f8f9f10	2020	f2f5f6f7f8f9f10
1956	f2f5f7f8f9f10	2022	f1f2f5f6f7f8f9f10
1958	f1f2f5f7f8f9f10	2024	f3f5f6f7f8f9f10
1960	f3f5f7f8f9f10	2026	f1f3f5f6f7f8f9f10
1962	f1f3f5f7f8f9f10	2028	f2f3f5f6f7f8f9f10
1964	f2f3f5f7f8f9f10	2030	f1f2f3f5f6f7f8f9f10
1966	f1f2f3f5f7f8f9f10	2032	f4f5f6f7f8f9f10
1968	f4f5f7f8f9f10	2034	f1f4f5f6f7f8f9f10
1970	f1f4f5f7f8f9f10	2036	f2f4f5f6f7f8f9f10
1972	f2f4f5f7f8f9f10	2038	f1f2f4f5f6f7f8f9f10
1974	f1f2f4f5f7f8f9f10	2040	f3f4f5f6f7f8f9f10
1976	f3f4f5f7f8f9f10	2042	f1f3f4f5f6f7f8f9f10
1978	f1f3f4f5f7f8f9f10	2044	f2f3f4f5f6f7f8f9f10
1980	f2f3f4f5f7f8f9f10	2046	f1f2f3f4f5f6f7f8f9f10
1982	f1f2f3f4f5f7f8f9f10		
1984	f6f7f8f9f10		
1986	f1f6f7f8f9f10		
1988	f2f6f7f8f9f10		
1990	f1f2f6f7f8f9f10		
1992	f3f6f7f8f9f10		
1994	f1f3f6f7f8f9f10		
1996	f2f3f6f7f8f9f10		
1998	f1f2f3f6f7f8f9f10		
2000	f4f6f7f8f9f10		
2002	f1f4f6f7f8f9f10		
2004	f2f4f6f7f8f9f10		
2006	f1f2f4f6f7f8f9f10		
2008	f3f4f6f7f8f9f10		
2010	f1f3f4f6f7f8f9f10		

ANEXO XIX

Dígito 14

Tipo de Matéria-prima

Esse dado é solicitado ao usuário após ter completado o modelamento da peça, visto que normalmente todo componente é composto de um único material. Os materiais utilizados correspondem às aplicações típicas observadas no ambiente considerado.

Dígito	Informação
0	Aços Carbono sem Liga ($\leq 0,5\%$ C)
1	Aços Carbono sem Liga ($> 0,5\%$ C)
2	Aços c/ Ligas p/ Trat. Térmico ou outros fins
3	Aços para Ferramentas ou especiais
4	Aços Inoxidáveis
5	Bronze, Latão ou Cobre
6	Alumínio e ligas leves
7	Termoplásticos
8	Termofixos
9	Outros

ANEXO XX

Dígito 15

Tratamento térmico

Esse dado é solicitado ao usuário após ter completado o modelamento da peça. Os tratamentos térmicos utilizados correspondem às aplicações típicas observadas no ambiente considerado, compreendendo todo o componente ou partes do mesmo.

Dígito	Informação
0	Sem Tratamento Térmico
1	Têmpera Total
2	Têmpera Superficial
3	Cementação e Têmpera Total
4	Cementação e Têmpera Parcial
5	Beneficiamento
6	Nitretação
7	
8	
9	Outros

ANEXO XXI

Dígito 16

Tratamento superficial

Esse dado é solicitado ao usuário após ter completado o modelamento da peça. Os tratamentos superficiais utilizados correspondem às aplicações típicas observadas no ambiente considerado, compreendendo todo o componente ou partes do mesmo.

Dígito	Informação
0	Sem Tratamento Superficial
1	Oxidação Negra
2	Pintura
3	Eletrodeposição (Zn, Cu, Ni e Cr)
4	Anodização
5	Níquel Químico
6	
7	
8	
9	Outros

ANEXO XXII

Dígitos 17 e 18

Formato da Matéria-prima

Esse dado é solicitado ao usuário após ter completado o modelamento da peça, visto que normalmente todo componente é composto de um único material com formato constante. Esses formatos utilizados correspondem às aplicações típicas observadas no ambiente analisado.

Dígito	Informação
00	Barra de seção cilíndrica
10	Barra de seção quadrada
20	Barra de seção retangular
30	Barra de seção hexagonal
40	Tubo sem costura
50	Tubo com costura
60	Chapa plana
70	Laminados ou Forjados
80	Mantas ou Filmes (flexíveis)
90	Itens de retrabalho
99	Outros

ANEXO XXIII

Dígitos 19 e 20

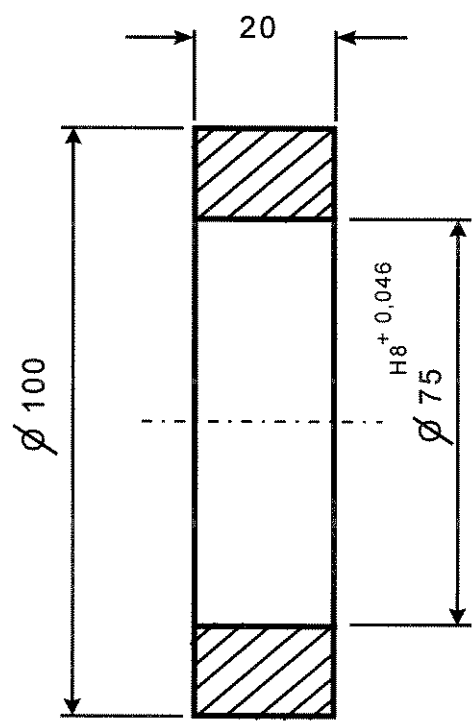
Tolerância IT (A de maior precisão do componente)

Esse dado é obtido junto ao usuário durante o modelamento da peça, na determinação dos valores do diâmetro do componente. Esses valores utilizados correspondem às aplicações típicas observadas no ambiente analisado.

Dígito	Informação
00	< IT 3
30	IT 3
40	IT 4
50	IT 5
60	IT 6
70	IT 7
80	IT 8
90	IT 9
91	IT 10
92	IT 11
93	IT 12
94	IT 13
95	IT 14
96	IT 15
97	IT 16
98	IT 17
99	> IT 17; Não Definida

ANEXO XXIV

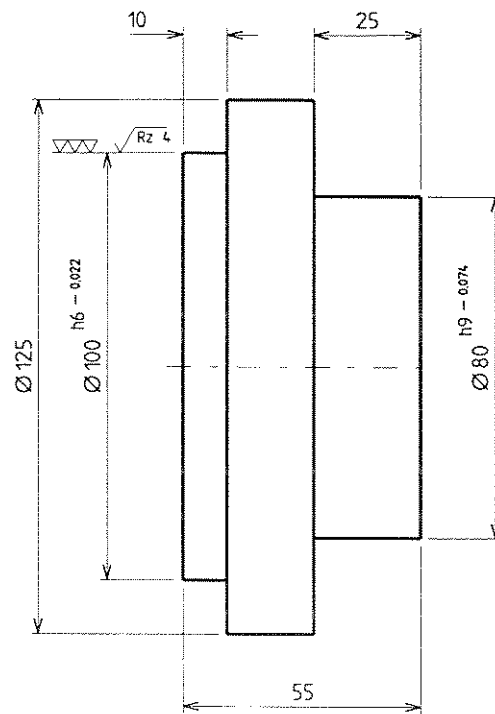
CÓDIGO: 00110241000640000080



Material: Aço ABNT/SAE 1010
Acabamento Superficial: Rz16 ()
Matéria Prima: Barra Diâmetro 4" (101,6)

ANEXO XXV

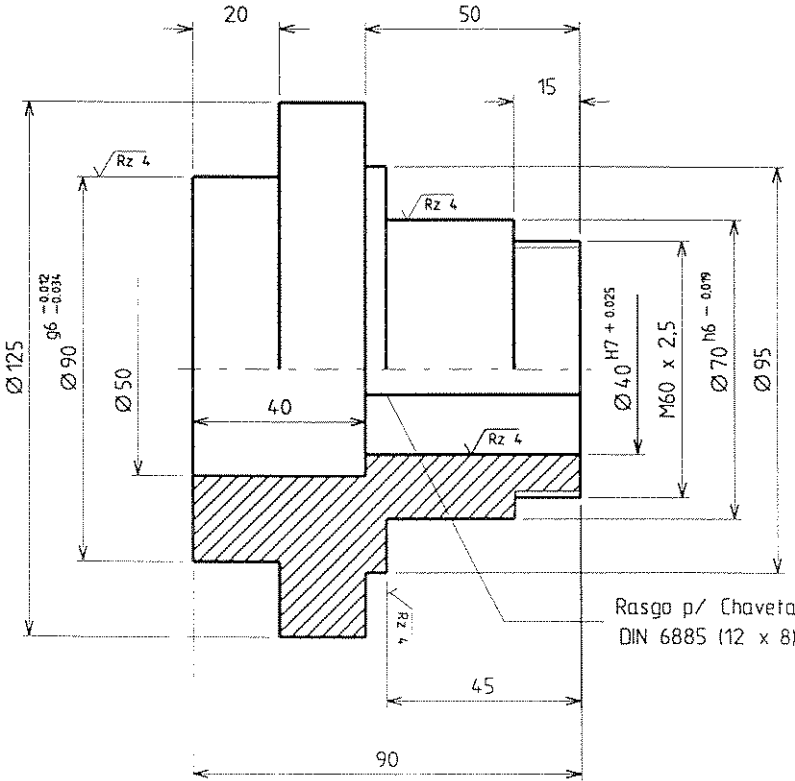
CÓDIGO: 00330284000022030060



Material: Aço ABNT/SAE 4340
Acabamento Superficial: Rz 16 (▽▽)
Materia Prima: Barra Diâmetro 5" (127)
Trat. Superficial: Zincado

ANEXO XXVI

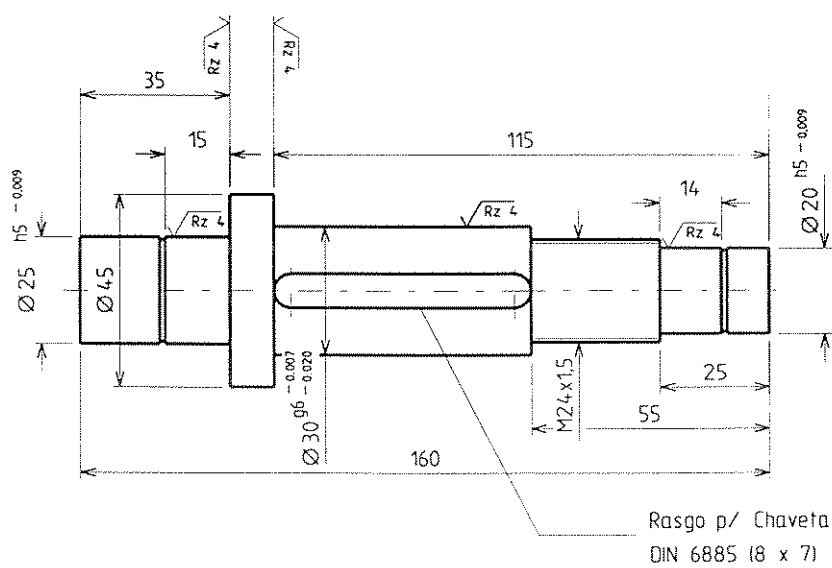
CÓDIGO: 00540285516002350060



Material: Aço ABNT/SAE 8620
Acabamento Superficial: $Rz\ 16$ ($\sqrt{10}$)
Materia Prima: Barra Diâmetro 5" (127)
Trat. Superficial: Niquet Químico
Trat. Térmico: Cementado e Temperado
Dureza: 50 HRC

ANEXO XXVII

CÓDIGO: 00755189100462310050



Material: Aço ABNT/SAE 8620
Acabamento Superficial: $Rz 16$ ($\nabla\nabla$)
Materia Prima: Barra Diâmetro 2" (50,8)
Trat. Superficial: Oxidado Preto
Trat. Termico: Cementado e Temperado
Dureza: 50 HRC