

**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Mecânica
Departamento de Engenharia de Fabricação**

**Desenvolvimento de um Sistema
de Classificação e Codificação
para suportar a obtenção
do Roteiro Padrão de Fabricação**

No Publ. FEM 29/94

**Por Paulo Henrique Fialho de Freitas
Orientador : Prof. Dr. Antônio Batocchio**

**Dissertação apresentada ao Departamento de
Engenharia de Fabricação da Faculdade de Engenharia
Mecânica, da Universidade Estadual de Campinas
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Mecânica.**

Campinas, junho de 1994

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA POR Paulo Henrique
Fialho de Freitas E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 29/06/94.

ORIENTADOR

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Mecânica

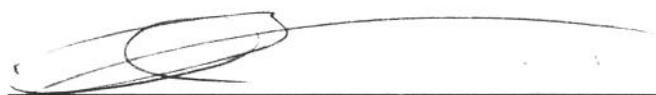
Tese de Mestrado

Título: "Desenvolvimento de um Sistema de Classificação e Codificação
para Suportar a Obtenção do Roteiro de Fabricação Padrão."

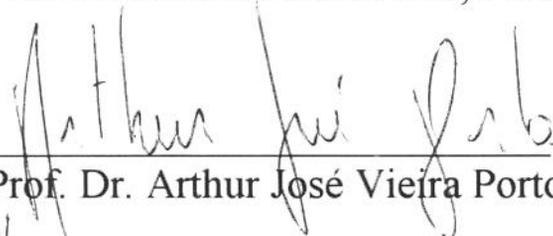
Autor : Eng. Paulo Henrique Fialho de Freitas n.º 284

Orientador: Prof.Dr. Antônio Batocchio

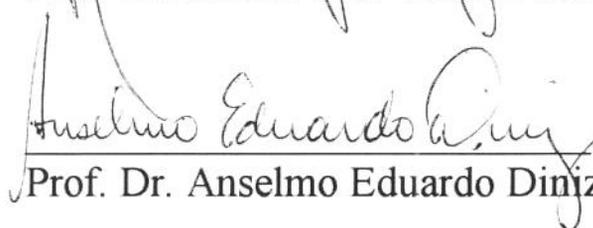
Aprovado por



Prof.Dr. Antônio Batocchio, Presidente



Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto



Prof. Dr. Anselmo Eduardo Diniz

there must have been an angel by my side
something heavenly led me to you
look at the sky
it's the colour of love
he led me to you
he built a bridge to your heart
all the way
how many tons of love inside
i can't say
when i was led to you
i knew you were the one for me
i swear the whole world could feel my heartbeat
when i lay eyes on you
you wrapped me up in
the colour of love
you gave me the kiss of life
kiss of life

kiss of life

Adu/Matthewman/Hale/Denmam

Para Sandra de Fátima que têm me dado
todo apoio necessário para a realização desse
trabalho e por me dar a imensa alegria de realizar o
desejo de ser pai.

Agradecimentos

Uma dissertação de mestrado exige muito tempo e dedicação pessoal, as vezes, nos impede de realizar nossas tarefas corriqueiras, causando alguns transtornos as pessoas que mais amamos.

Essa página é dedicada a minha esposa Sandra, pelo convívio diário, a dona Dayse, que sempre me prepara quitutes deliciosos para levantar o meu ânimo, a minha mãe, que sofreu junto comigo durante a realização desse trabalho.

Não posso deixar de agradecer ao meu irmão Ramés, pelas dicas dadas sobre informática e auxílio na correção ortográfica deste trabalho, e aos meus colegas de projeto Marcelo e Andréia, que proporcionaram discussões interessantes para a realização do trabalho.

Meus últimos agradecimentos são para o CNPq, que alocou recursos para minha bolsa de estudos, a FAPESP, que financiou o software (Euclid IS) e hardware (estação gráfica SUN), e ao meu orientador Antônio Batocchio, pela oportunidade, pela convivência e orientação oferecida.

Resumo

Este trabalho trata da elaboração e aplicação de um sistema de codificação e classificação para peças rotacionais baseado nos princípios da Tecnologia de Grupo e no conceito de Parâmetrização para aplicação ao planejamento de processos de fabricação, através da formulação de roteiros padrão de fabricação para famílias de peças, definidas a partir do sistema de codificação e classificação.

O sistema é composto de informações que auxiliam na formação de famílias de peças e contribuem com dados que farão parte da folha de processos de uma peça específica, tais como: material, forma do material bruto, acabamento superficial, tolerâncias dimensionais, de forma e posição, comprimento máximo, diâmetro máximo externo, diâmetro máximo interno, e outros dados relevantes a fabricação da peça.

O software foi desenvolvido em linguagem Autolisp, utilizando o software AutoCAD versão 12 como sistema CAD numa estação de trabalho Sun.

O trabalho está inserido dentro de um projeto CAPP (Computer Aided Process Planning) que visa desenvolver softwares que auxiliem na integração das engenharias de projeto e de manufatura. Pretende-se dar uma contribuição acadêmica as universidades em geral e prática às indústrias nacionais de médio e pequeno porte.

Os objetivos desta proposta são o desenvolvimento e implementação de um Sistema de Codificação e Classificação (S.C.C.) que permita o suporte necessário à formulação do roteiro de fabricação padrão a partir de informações vindas diretamente de um sistema CAD; e estabelecer as características de formação de famílias de peças.

Abstract

This work develops a classification and codification system for application in rotational parts using Group Technology and Parametrics concepts, for parts family formation and application on process planning.

The system considers the geometric forms and manufacturing characteristics of the parts like maximum external diameter , maximum internal diameter , tolerance, material, blank form, etc. for parts family formation. This characteristics provides the necessary process sheets information .

The classification and codification system was developed in AutoLisp a language and uses the AutoCad R.12 software on SUN graphic station .

This work is inserted in a CAPP project that is developed softwares for integration of CAD and CAM systems

The objectives this work are the development and implementation of a Classification and Codification System which can supported the process planning sheets formation by using informations coming directly of the CAD system, and to establish the characteristics for parts family formation.

SUMÁRIO

Dedicatória	III
Agradecimentos	IV
Resumo	V
Abstract	VI
Sumário	VII
Lista de Figuras	X
Lista de Tabelas	XIII
Glossário	XV
Tabela de Siglas	XVI
Capítulo 1 : Introdução	
1.1. Introdução	1
1.2. Justificativas	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Conteúdo dos demais capítulos	4
Capítulo 2 : Considerações sobre a Tecnologia de Grupo	
2.1. Conceituando a Tecnologia de Grupo	6
2.2. Formação de Células de Manufatura	8
2.2.1. Métodos de Formação de Células de Manufatura	8
2.3. Vantagens da Tecnologia de Grupo	10
2.4. Desvantagens da Tecnologia de Grupo	11
2.5. Sistemas de Codificação e Classificação	12
2.5.1. Princípios de Classificação	13
2.5.2. Princípios de Codificação	14
2.5.3. Funções do S.C.C	15
2.5.4. Estrutura dos S.C.C.	16

2.6.Exemplos de S.C.C.	18
2.7. CAD	22
2.8.Interface entre TG e CAD	30
2.9. Comentários	30
Capítulo 3 : Desenvolvimento do Sistema	
3.1. Introdução	31
3.2.Desenvolvimento do Sistema	32
3.2.1. Módulo Gerenciador do Sistema	34
3.2.2. Módulo Gráfico	37
3.2.3 Módulo de Codificação	40
3.3. Inteface Gráfica	42
3.3.1. Macro-Família Eixo	43
3.3.2. Macro-Família Engrenagem	45
3.4. Suporte ao Roteiro de Fabricação Padrão	48
3.5.Critérios para Formação de Famílias	49
3.6. Classificação das Famílias de Peças	51
3.6.1. Macro-Famílias	51
3.6.2. Sub-Famílias	52
3.6.3. Intervalo de Comprimentos Máximo	53
3.6.4. Intervalo de Diâmetros Externos Máximo	54
3.6.5. Intervalo de Tolerâncias Dimensionais	54
3.6.6. Intervalo de Acabamento Superficial	55
3.6.7. Elementos de Forma	55
3.6.8. Intervalo de Diâmetros Internos Máximo	56
3.6.9. Materiais	57
3.6.10. Forma do Blank	57
3.6.11. Tratamento Térmico	58
3.7. Interação entre o usuário e o sistema	59
3.8. Comentários	67
Capítulo 4 : Aplicação e Testes do Sistema Desenvolvido	
4.1 Introdução	69
4.2. Escolha das Peças para Teste	69
4.3. Codificação das Peças Escolhidas	70

4.4. Formação das Famílias de Peças	75
4.5. Vantagens do Sistema	79
4.6. Desvantagens do Sistema	80
4.7. Comentários	80
Capítulo 5 : Conclusão e Propostas de Trabalhos Futuros	
5.1. Conclusão	82
5.2. Propostas de Trabalhos Futuros	83
Referências Bibliográficas	84
Apêndice 1	90
Apêndice 2	93
Apêndice 3	124

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1.1 - Projeto "Desenvolvimento de Software para Planejamento de Processos"	3
---	---

Capítulo 2

Figura 2.1 -Estrutura Tipo Monocódigo	16
Figura 2.2 - Estrutura Tipo Híbrido.	17
Figura 2.3 - Sistema Code	18
Figura 2.4 - Sistema Brisch	20
Figura 2.5 - Sistema Opitz	21
Figura 2.6 - Estrutura do Sistema Miclass	22

Figura 2.7 - Aplicação do computador no processo de projeto	24
Figura 2.8 - Modelamento por Wire-Frame	25
Figura 2.9 - Modelamento por Primitive Instancing	26
Figura 2.10 - Modelamento por Cell Decomposition e Spation Occupancing	27
Figura 2.11 - Modelamento por `CGS e B-Representation	27
Figura 2.12 - Modelamento por Sweeping	28
Figura 2.13 - Resultado da análise de elementos finitos	29

Capítulo 3

Figura 3.1 - Estrutura do Sistema de Classificação e Codificação	33
Figura 3.2 - Fluxograma do Módulo Gerenciador do Sistema	34
Figura 3.3 - Fluxograma Representativo da Metodologia de Desenho Automático	39
Figura 3.4 - Estrutura da Cadeia Numérica de Codificação Proposta	41
Figura 3.5 - Diagrama Estruturado para desenho automático de eixos	44
Figura 3.6 - Diagrama Estruturado para desenho Automático de Engrenagens	46
Figura 3.7 - Corte Transversal de Engrenagem com furo na alma e chaveta	47
Figura 3.8 - Variações do perfil da engrenagem com furo na alma e chaveta	48
Figura 3.9 - Tela do AutoCAD com Sistema de Classificação e Codificação carregado	59
Figura 3.10 - Diálogo para alterar o nome do arquivo externo	61
Figura 3.11 - Diálogo para entrada de dados da engrenagem	63
Figura 3.12 - Desenho da Vista Frontal da engrenagem	63
Figura 3.13 - Vista Frontal com cotas	64
Figura 3.14 - Construção do Corte Transversal - Parte Superior	64
Figura 3.15 - Construção do Corte Transversal - Parte Inferior	65
Figura 3.16 - Corte Transversal cotado	65
Figura 3.17 - Tela texto com informações de processos	66
Figura 3.18 - Desenho completo com informações tecnológicas e código	66

Capítulo 4

Figura 4.1 - Desenho de Eixo para Teste	70
Figura 4.2 - Desenho de uma Engrenagem para Testes	73

Lista de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 2.1 - Estrutura Tipo Policódigo

17

Capítulo 3

Tabela 3.1. - Classificação de Macro-Famílias	51
Tabela 3.2. - Sub-Famílias de Eixos e Engrenagens	52
Tabela 3.3. - Sub-Famílias Polias, Buchas de Mancais e Pistões	52
Tabela 3.4. - Sub-Famílias Rolos e Cilindros	52
Tabela 3.5. - Sub-Famílias Discos, Cames e Tampas	53
Tabela 3.6. - Intervalo de Comprimentos Máximo	53
Tabela 3.7. - Intervalo de Diâmetros Externos Máximo	54
Tabela 3.8. - Intervalo de Tolerâncias Dimensionais	55
Tabela 3.9. - Intervalo de Acabamento Superficial	55
Tabela 3.10. - Elementos de Forma	56

Tabela 3.11. - Intervalo de Diâmetros Internos Máximo	56
Tabela 3.12. - Materiais	57
Tabela 3.13. - Forma do Blank	58
Tabela 3.14. - Tratamentos Térmicos	58

Capítulo 4

Tabela 4.1 - Dados do Arquivo Externo para o desenho da figura 4.1	72
Tabela 4.2 - Dados do Arquivo Externo para o desenho da figura 4.2	76
Tabela 4.3 - Relação de peças da mesma família de eixos	77
Tabela 4.4 - Relação de peças da mesma família de engrenagens	78

Glossário

Layout de Grupo - Arranjo físico de equipamentos onde as máquinas de diferentes tipos são agrupadas de tal maneira a produzir todos os componentes de uma dada família de peças.

Layout Funcional - Arranjo físico de equipamentos onde as máquinas são agrupadas por processo. As que desempenham a mesma função dispostas juntas.

Software - é uma expressão que se utiliza em contraste a "Hardware", para referenciar todos os programas e procedimentos relacionados que se pode utilizar num sistema de computador.

Hardware - o componente físico ou dispositivos mecânicos, elétricos, ou eletrônicos com que é constituído

Tabela de Siglas

CAD - Computer Aided Design

CAM - Computer Aided Manufacturing

CIM - Computer Integrated Manufacturing

SCC - Sistema de Classificação e Codificação

TG - Tecnologia de Grupo

1.1. Introdução

Nos dias atuais as imposições do mercado consumidor exigem uma grande variedade de produtos similares a baixo custo e qualidade adequada a suas necessidades.

A tendência dos anos 80 de alta diversificação, ciclo de vida reduzida dos produtos, alta competição por maior fatia do mercado consumidor em geral, alta tendência de mudanças tecnológicas e sociais, ainda se manterá durante os anos 90, exigindo das empresas uma estrutura multifuncional, agilidade de informações de toda natureza, e alto grau de adaptabilidade às novas realidades.

A maioria das fábricas atualmente produzem seus bens através do sistema de fabricação em lotes de pequeno e médio tamanho (até cerca de 50 e 500 unidades respectivamente), onde convivem máquinas automáticas em pequena quantidade e convencionais de uso geral, para produção de uma grande variedade de peças e produtos, porém a maioria delas ainda mantém o *layout* (arranjo físico das máquinas) do chão de fábrica no estilo linha de produção ou *layout funcional* característico de produção de lotes de grande tamanho (acima de 500 peças por lote) e baixa diversificação de peças e produtos.

Nesse contexto, a Tecnologia de Grupo (T.G.) insere-se como uma filosofia de manufatura [Batocchio] [Ham] [Groover 84] [Hyer 89], ou como uma técnica de planejamento e organização [Porto] [Gallagher], que visa agrupar o maior número de peças e produtos semelhantes, tanto no aspecto de projeto quanto no de manufatura, para beneficiar economicamente seus usuários, através de melhorias nos setores de projeto de produtos, ferramentas e preparação de máquinas, manuseio de materiais, controle de inventário e produção, e planejamento de processos.

O presente trabalho, "Desenvolvimento de um Sistema de Classificação e Codificação em Tecnologia de Grupo para Suportar a obtenção do Roteiro Padrão de Fabricação" é um

módulo do projeto "Desenvolvimento de Software para Planejamento de Processo" que está inserido no contexto da Organização da Engenharia.

O projeto "Desenvolvimento de Software para Planejamento de Processo" visa documentar o conhecimento tecnológico de uma dada empresa para melhor apurar seus custos, e medidas de avaliação de desempenho. O projeto é composto de quatro módulos: "Desenvolvimento de um Sistema de Classificação e Codificação em Tecnologia de Grupo para Suportar a obtenção do Roteiro Padrão de Fabricação", "Obtenção da Seqüência de Operações e Folha de Processos para o Roteiro de Fabricação", "Desenvolvimento de Banco de Dados Necessário para Suportar a obtenção do Roteiro de Fabricação", e "Sobremetal Necessário e Dimensões Intermediárias para Detalhamento da Seqüência de Operações". O sistema como um todo é mostrado na figura 1.1.

O módulo "Obtenção da Seqüência de Operações e Folha de Processos para o Roteiro de Fabricação" é responsável pela obtenção da folha de processo de fabricação, documento onde são armazenadas as informações tecnológicas referentes ao processo de fabricação. A obtenção automática visa eliminar transtornos como: duplicação de roteiros existentes, dependência da memória dos planejadores, duplicação de ferramentas, etc..

O módulo "Desenvolvimento de Banco de Dados Necessário para Suportar a obtenção do Roteiro de Fabricação" é responsável pelo armazenamento de todas as informações referentes ao planejamento de processos. Dados como Roteiros Padrão, tabelas tecnológicas, máquinas-ferramentas, dispositivos de toda sorte, famílias de peças, códigos, desenhos, são armazenados e avaliados conforme a relação existente entre eles. Esse módulo usa o sistema Ingres de banco de dados para suportar esse desenvolvimento.

O módulo "Sobremetal Necessário e Dimensões Intermediárias para Detalhamento da Seqüência de Operações" é responsável pelo cálculo do sobremetal e dimensões intermediárias nas operações de usinagem para garantir as operações posteriores. Nesse módulo é detalhado todas as operações de usinagem da peça, refinando e detalhando o seqüenciamento do roteiro de fabricação.

O módulo "Desenvolvimento de um Sistema de Classificação e Codificação em Tecnologia de Grupo para Suportar a obtenção do Roteiro Padrão de Fabricação" é o objeto deste trabalho.

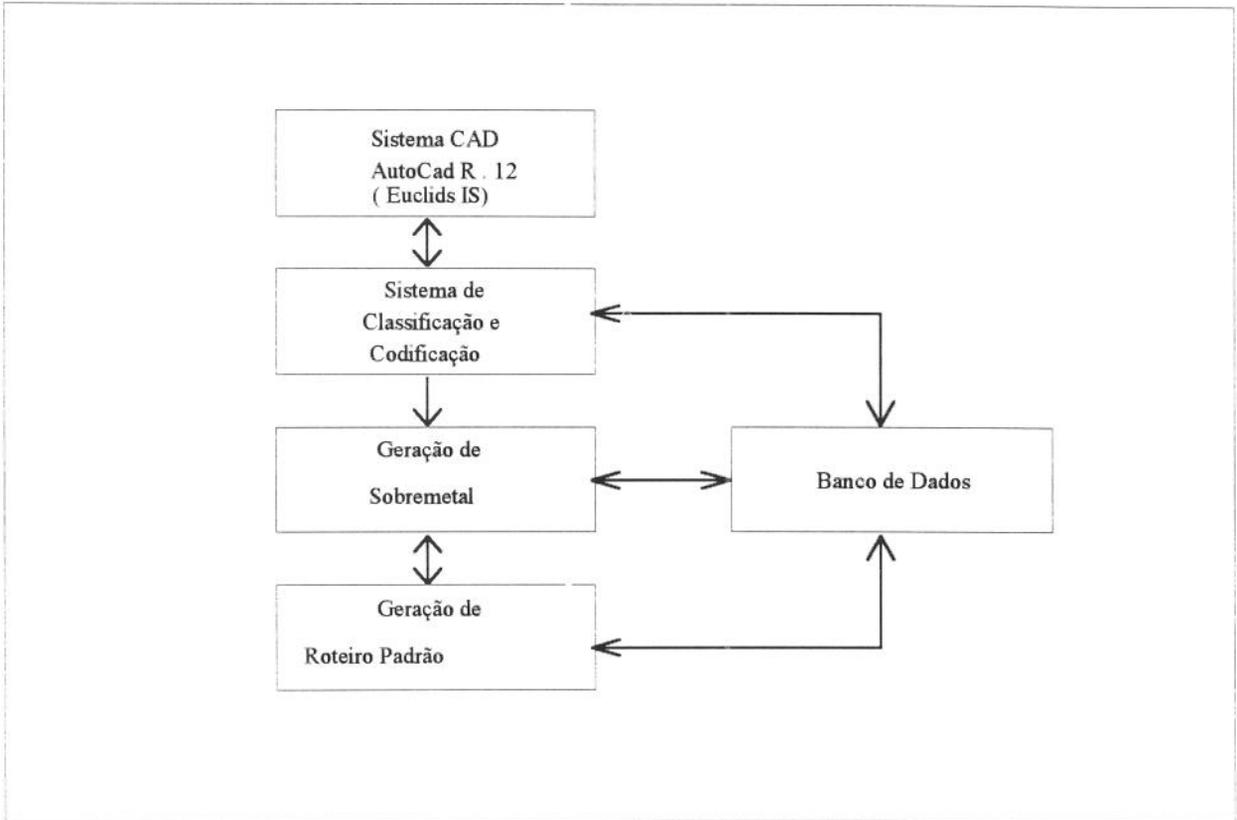


Figura 1.1 - Projeto "Desenvolvimento de Software para Planejamento de Processos"

1.2. Justificativas

A aplicação da T.G. combinada com o emprego do Projeto Auxiliado por Computador (CAD - Computer Aided Design) proporciona uma economia de recursos tanto ao nível de projetos quanto ao nível da fabricação dentro da indústria.

Essa economia é proporcionada através do incremento da qualidade dos projetos, da utilização de peças já existentes em novos projetos, na rapidez de recuperação das informações contidas nos desenhos eletrônicos (arquivos de dados gerados pela utilização de softwares para elaboração de desenhos por computador), na eliminação de tempo com tarefas repetitivas, na utilização de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados dos tipos relacionais, hierárquicos, ou orientados ao objeto, para armazenamento e manipulação dos dados comuns a todos participantes do processo produtivo, na padronização de peças, de produtos, ferramentas, e dispositivos, na formação de células de fabricação, na simplificação do controle de

carregamento de máquinas, no suporte a compras, na melhoria do processo de planejamento, na redução do material em processo.

A integração da T.G. e CAD lança as bases para integração do sistema de manufatura como um todo, através da formação de uma base de dados de manufatura, promovendo e viabilizando assim, o envolvimento e comprometimento de outros tipos de atividades e técnicas de engenharia como o Planejamento de Processos Auxiliado por Computador (CAPP - Computer Aided Process Planning), Qualidade Assegurada Auxiliada por Computador (CATQ - Computer Aided Total Quality), Tolerâncias Auxiliadas por Computador (CAT - Computer Aided Tolerancing), Testes Auxiliados por Computador (CAT - Computer Aided Testing), Engenharia Auxiliada por Computador (CAE - Computer Aided Engineering), Geração Automática de programas CNC, e outras, para concretizar no futuro o conceito de Manufatura Integrada por Computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing).

1.3. Objetivos

Os objetivos primários desta proposta são:

- * Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Codificação e Classificação (S.C.C.) que permita o suporte necessário à formulação do roteiro de fabricação padrão a partir de informações vindas diretamente de um sistema CAD; e

- * Estabelecer as características de formação de famílias de peças.

1.4. Conteúdo dos demais capítulos

No capítulo 2, faz-se uma breve revisão sobre os seguintes tópicos: diversos Sistemas de Codificação e Classificação e sua utilização como método de aplicação da Tecnologia de Grupo, Conceitos de Tecnologia de Grupo, Formação de Células de Manufatura, Vantagens da Tecnologia de Grupo, CAD - Computer Aided Design, Interface entre TG e CAD.

No capítulo 3, enfoca-se o desenvolvimento do trabalho, onde será mostrado a estrutura do software e sua interface com o sistema CAD, a estrutura da cadeia numérica de codificação proposta, a interface gráfica, o diagrama estruturado de desenho automático,

justificativas para o suporte ao roteiro de fabricação padrão, interação entre o usuário e o Sistema proposto.

No capítulo 4, apresenta-se uma aplicação demonstrativa e testes efetuados no sistema desenvolvido. Mostra-se a escolha das peças para teste, a codificação das peças escolhidas , a formação das famílias de peças, os dados que são exportados para um arquivo externo, e as vantagens e desvantagens oferecidas pelo sistema.

No capítulo 5, apresenta-se a conclusão, comentários finais e sugestões para novos trabalhos.

Capítulo 2 : Considerações sobre a Tecnologia de Grupo

2.1. Conceituando a Tecnologia de Grupo

A Tecnologia de Grupo é uma filosofia de fabricação que busca identificar peças e produtos semelhantes na sua forma e ou processo de fabricação para agrupá-los em famílias de peças (grupo de peças com as mesmas características) visando obter os benefícios desta similaridade tanto nas atividades de projeto quanto nas de manufatura.[Groover 84]

Para cada família de peças, o processamento de fabricação de cada membro é semelhante, utilizando as mesmas máquinas, as mesmas ferramentas, os mesmos dispositivos de fixação, a mesma metodologia de inspeção, enfim os mesmos procedimentos.[Burbigde 75]

Desta maneira, os benefícios nos resultados da fabricação são sentidos na diminuição dos tempos de preparação das máquinas, na simplificação do fluxo de material na fábrica utilizando mão de obra mais especializada e gerenciamento administrativo adequado, na sequência do carregamento das máquinas, no controle de ferramentas, e na utilização de roteiros padrão de fabricação.

Para atender a nova forma de fabricar, uma nova forma de arranjar fisicamente as máquinas também é necessária. Essa nova forma é o *layout em Grupo ou Células de Fabricação*, onde as máquinas são agrupadas de forma que esse grupo possa fabricar integralmente uma família de peças facilitando o fluxo e manuseio das peças.

Os benefícios da aplicação da Tecnologia de Grupo também são sentidos nas atividades de projeto. Uma das vantagens na área de projetos é a facilidade de recuperação das informações contidas nos desenhos de uma mesma família de peças para utilização no projeto de uma nova peça ou produto, através de pequenas alterações ou mesmo podendo utilizá-la sem alterações evitando o desperdício de tempo de projeto nas atividades de especificação funcional, dimensionamentos, calculos , verificações, e desenho.

A agilização deste processo de recuperação de informações é feita através da utilização de um Sistema de Classificação e Codificação que organiza as características de projeto tais como forma externa, dimensões, material e características de fabricação tais como máquinas, dispositivos necessários a fabricação, ferramentas para usinagem e outras, conjuntamente ou separadamente, dependendo da sua aplicação específica.

Através da utilização de um Sistema de Classificação e Codificação é permitido à empresa uma racionalização dos seus produtos em diversos aspectos, tais como diminuição da variedade de componentes, padronização de ferramentas de usinagem, padronização dos dispositivos de fixação, etc..

Se, em uma empresa típica, a produção de um novo produto ou peça custa entre US\$ 1.300,00 e 12.000,00, e se essa empresa em média produz 2000 novos produtos por ano, uma redução de apenas 10% no projeto de novas peças, através da utilização de peças existentes, permitiria uma economia de US\$ 2.400.000, 00 por ano, uma substancial economia de recursos [Hyer 84].

Hyer e Wemmerlöv no seu trabalho sobre a aplicação da Tecnologia de Grupo na indústria americana relata que, na área de projetos, houve uma redução no tempo de criação de novos projetos entre 24% e 75%, uma redução de novos projetos por ano entre 9.5% e 20%, uma redução no número de peças projetadas desnecessariamente de 24.4% a 80%, uma redução no número de erros de projeto entre 30% e 50%, redução de 10% do número de projetistas, e uma redução de 32.5% a 50% no tempo de recuperação de projetos existentes.[Hyer 89]

Ainda neste trabalho, Hyer relata que, na área de planejamento de processos, houve uma redução de 37.17% a 80%, no tempo de elaboração de um novo processo, redução de 27% a 80% de planejadores de processos, redução de 38.5% a 80% no número de processos, um aumento de 41.16% a 90% no número de planos que refletiam corretamente o método de manufatura.[Hyer 89]

Na área de compras, uma das empresas relatou que economizou US\$ 50.000,00 num ano, e outras três empresas relataram que economizaram 10% do total de custos com essa atividade.[Hyer 89]

Com esse exemplo pode-se verificar que a implantação da Tecnologia de Grupo poderá trazer benefícios substanciais a uma dada empresa que faça uso dela.

2.2. Formação de Células de Manufatura

A utilização da Tecnologia de Grupo, na maioria das aplicações, transforma o tradicional *layout funcional* para o *layout de Grupo* ou *Célula de Manufatura*, aplicado a fabricação em lotes. A formação de células de manufatura está baseada no conceito de famílias de peças.

A palavra *família* é usada para designar uma lista de peças similares em geometria, em processos de fabricação, ou em ambos. Uma família é produzida num mesmo grupo de máquinas ou célula. As peças são agrupadas na mesma família por terem formas semelhantes e ou usarem as mesmas máquinas na sua fabricação. Porém podem não pertencer a mesma família por não usarem as mesmas máquinas, por exigirem processos mais aprimorados apesar da similaridade de forma, e ainda, outras peças são agrupadas pelas exigências de processo e não pela similaridade de forma, quando o conceito de família de peças é aplicado na formação de células de manufatura.

Definir um grupo de máquinas que atenda à manufatura de todos os componentes de uma família, é definir uma célula. O conceito de célula posiciona as máquinas próximas, dispostas na forma da letra U, forma circular, forma da letra L, em linha, forma de pentágono, dependendo do critério adotado, de maneira que possibilite a um operário comandar mais de uma máquina ao mesmo tempo. Neste *layout* cada encarregado de setor e seu grupo de operários são especializados na fabricação de uma ou mais famílias de peças e cooperam em tarefas complementares. Essa disposição traz economia de fluxo de material, mas também requer outras mudanças, particularmente no controle de produção.

2.2.1. Métodos de Formação de Famílias de Peças

Para definir uma família de peças e conseqüentemente a célula de fabricação, tem-se basicamente cinco métodos básicos: Inspeção Visual; Análise do Fluxo da Produção; Métodos baseados em Algoritmos; Sistemas de Classificação e Codificação, e Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados.

A) *Inspeção Visual* - só aplicável em indústrias com pequeno número de itens fabricados, e assim mesmo não é recomendado por depender da habilidade, julgamento e

experiência profissional do encarregado desta atividade, com bases subjetivas, não conseguindo atingir o objetivo de padronização de produtos e peças.

B) *Análise do Fluxo da Produção* - é baseado nos roteiros de fabricação, onde são encontradas as informações sobre ferramentas de corte, dispositivos de fixação, máquinas, sequência de operações e especificações de engenharia.

A aplicação deste método consiste de quatro etapas analíticas, que primeiro estabelece a melhor divisão de máquinas e peças entre os principais grupos; em seguida estabelece a melhor divisão de famílias e grupos dentro dos principais grupos; depois arranja da melhor maneira o *layout* das máquinas no grupo; por último agrupa o ferramental em famílias.[Burbidge 75]

O método é bastante eficiente quando existem os roteiros de fabricação atualizados e têm a finalidade de formação de células de fabricação para completa manufatura de famílias de peças, porém é um método manual com a possibilidade de automação de poucas fases do processo. As desvantagens deste método como interface ao projeto auxiliado por computador são a impossibilidade de automação de todas suas fases e a dependência completa de roteiros de fabricação atualizados e já existentes.

C) *Métodos baseados em Algoritmos* - esses métodos baseiam-se em técnicas de agrupamento, onde são empregadas variáveis como atributos pertinentes à classificação de qualquer tipo de elemento, que essencialmente executa uma ordenação.

O usuário do método têm que definir a unidade dos dados, às variáveis a serem empregadas, o critério de agrupamento, uma medida de similaridade conveniente, e implementação do algoritmo que executa as tarefas citadas numa linguagem computacional conveniente. Pode citar-se como exemplos a técnica de Rank Order Clustering (ROC), Direct Clustering Algorithm (DCA), e Asking and Subramaniam's Approach (ASA).[Ballakur 87]

D) *Sistemas de Classificação e Codificação* - esses sistemas são baseados na eleição de características geométricas e de processos de fabricação, agrupadas em cadeia de caracteres que representam um grupo de peças ou família. A partir da determinação da família de peças estabelecesse o grupo de máquinas para fabricá-la ou célula de manufatura. Este método será abordado em detalhes no item 2.5. deste capítulo.

E) *Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados* - esses sistemas são baseados na conjugação dos sistemas de codificação e classificação que utilizam uma cadeia de dígitos

curta (até 5 dígitos) e a utilização de um banco de dados, geralmente do tipo orientado ao objeto, para as determinar as características que identificam uma categoria de peças.[Gonçalves 93]

Alguns dos métodos citados ((A), (B), e (C)), possuem características tais que podem ser utilizados para a formação de células de manufatura; os demais ((D) e (E)), vão requer outros métodos complementares, que aliados a estes possam auxiliar a formação de células de manufatura.

2.3. Vantagens da Tecnologia de Grupo

Através do estabelecimento de estratégias de simplificação e padronização dos produtos e meios de manufatura pela aplicação de Tecnologia de Grupo, Engenharia Simultânea, utilização de uma base de dados tecnológicos comum e rompimento com os preceitos da estrutura administrativa Taylorista, que levem à modernização e integração do sistema produtivo pela aplicação de novas técnicas de gerenciamento da produção como Material Requirement Planning II, Kanban, Just in Time, Círculo de Controle de Qualidade, os benefícios se refletirão nos seguintes setores [Rembold 85]:

- No setor de engenharia através da redução do número de peças semelhantes, eliminação de peças duplicadas, redução no tempo de projeto e desenho, facilidade de recuperação das informações;
- No setor de planejamento através da redução do tempo de transporte, identificação das máquinas sub-utilizadas, identificação das máquinas gargalo, uso de máquinas universais e controle numérico, utilização do *layout* celular;
- No setor de planejamento de processos através da redução do número de máquinas, redução do tempo de programação de máquinas à controle numérico, minimização do ciclo de produção, redução dos tempos de preparação e processamento, redução do inventário de ferramentas e fixadores, clara visualização da rota das peças pela fábrica;
- No setor de controle da produção pelo melhor monitoramento dos equipamentos pela otimização das operações executadas dentro das células de fabricação, redução de estoques e movimentação de matéria prima, redução do material em processo;

- No setor de controle de qualidade com redução no tempo de inspeção, melhoramento da implantação de rotinas de inspeção, redução do tempo de localização de defeitos;

- No setor de projeto de ferramentas pela redução do número de ferramentas e fixadores, padronização das ferramentas e fixadores;

- No setor de compras pela redução da gama de peças e materiais em bruto, melhora da tomada de decisão entre comprar ou fazer, padronização de materias primas; e aumento da satisfação de todas as pessoas ligadas ao processo produtivo pelo maior envolvimento com o trabalho realizado.

2.4. Desvantagens da Tecnologia de Grupo

Pode-se citar como desvantagem desta filosofia a necessidade de mão-de-obra com maior nível de qualificação; no *layout* em grupo, normalmente, o operário deve operar mais de uma máquina, e às vezes, máquinas com tecnologias mais sofisticadas (CNC), é também, o responsável pelo controle de qualidade das peças, exigindo, dessa maneira, um maior nível de conhecimento técnico e habilidade.

Um outro problema que pode ocorrer é a sub-utilização de alguns equipamentos, pelo fato de que algumas peças das famílias de peças podem ter uma sequência de operações tal, não requerendo ser processada em todas as máquinas existentes dentro da célula de fabricação.

O custo de projeto e fabricação de dispositivos e ferramentas de grupo é elevado, podendo elevar o custo final de produção de maneira significativa.

A qualidade das informações de produção e folhas de processos devem ser apuradas, para que não haja procedimentos que levem a danos à produção, que resultarão em aumento de custo do produto.

Finalmente, uma mudança de estrutura organizacional se faz necessária para viabilizar à nova forma de produção, e as resistências à nova estrutura, a ausência do apoio necessário as transformações por parte dos administradores de nível médio podem obstruir e inviabilizar a implantação da Tecnologia de Grupo.[Batocchio 87]

2.5. Sistemas de Codificação e Classificação

Numa indústria, os produtos a serem fabricados, muitas vezes, têm formas semelhantes e são fabricados pelas mesmas máquinas e usando os mesmos processos de fabricação.

A função do departamento de projeto, dentro de uma indústria, é especificar as características de uma peça que terá uma determinada função dentro de um produto. Essas características são, em geral, as seguintes : dimensões externas, dimensões internas, acabamento de todas as superfícies, tolerâncias de forma e de posição e outras que sejam necessárias .

A função do departamento de manufatura, dentro de uma indústria, é produzir o produto conforme as especificações do projeto. Para tanto, o departamento de manufatura define os métodos, escolhendo máquinas, ferramentas e dispositivos necessários para realizar a tarefa.

Nesse contexto, os Sistemas de Classificação e Codificação têm a função de viabilizar a integração dos aspectos de projeto, planejamento de processo, e manufatura. Esses sistemas visam agrupar os objetos semelhantes conforme as suas características para obter economia de tempo e dinheiro na sua fabricação e/ou no seu projeto. Essa economia é feita através da diminuição dos tempos de preparação das máquinas, tempo de troca de dispositivos, na diminuição do material em processo no chão de fábrica, diminuição de material refugado e na utilização dos mesmos dispositivos e ferramentas por vários produtos.

Os Sistemas de Classificação e Codificação são um conjunto de regras regidos por uma lógica bem definida que determina uma série de características para um conjunto de peças, baseado na similaridade de forma, ou na similaridade de processo produtivo, ou em ambos, ou valor da peça, ou outro atributo significativo.

Para identificar esses padrões são utilizados códigos (uma seqüência de caracteres numéricos, alfabéticos, uma combinação dos anteriores ou ainda outros símbolos gráficos) que podem ser do tipo *numérico* (apenas números), *alfabético* (apenas letras), ou *alfanumérico* (combinação de letras e números).

2.5.1. Princípios de Classificação

Classificar é a representação do agrupamento de qualquer tipo de dado dentro de uma lógica e regras bem estabelecidas.

Projetar uma classificação, para qualquer tipo de dados, requer um estudo das características destes mesmos dados, para eleger aquelas que permitam uma vida útil efetiva da classificação, isto é, permita que a novos itens sejam classificados pelo sistema, durante um longo período de tempo, (25 anos), antes de esgotar sua capacidade, e que gere classes de dados de tamanho controlável.[Hyde 81]

Para garantir que os objetivos acima sejam alcançados deve-se atentar para os seguintes princípios:[Hyde 81]

A) **Abrangência** : Qualquer classificação deve abranger todos os itens existentes dentro do universo de dados classificados e aceitar novos itens que respeitem a lógica e regras estabelecidas pela classificação;

B) **Mútua Exclusão** : Qualquer classificação deve ser mutuamente exclusiva, isto é, deve agrupar itens semelhantes enquanto exclui itens distintos, baseado na lógica e regras da classificação;

C) **Características Permanentes** : Qualquer classificação deve ser baseada em atributos permanentes, de fácil identificação. Características ambíguas, perecíveis, e fortuitas devem ser ignoradas;

D) **Ponto de Vista** : Qualquer classificação deve ser elaborada a partir da interpretação de um único ponto de vista; o ponto de vista do usuário do sistema de classificação.[Hyde 81]

Um excelente exemplo de classificação é o trabalho do biólogo Linnaean que criou a classificação de todo o reino vegetal e animal, publicado no livro "*Systema Naturae*" no ano de 1758. A nomenclatura ou identificação de cada ser vivo é feita em latim, uma língua morta, que propicia a imutabilidade da identificação, e os critérios adotados para classificação permitem apenas alterações quando da inclusão de novas descobertas.[Hyde 81]

A elaboração de um sistema de classificação requer que sejam efetivadas as seguintes etapas de trabalho:[Hyde 81]

- * Definição da abrangência e uso da classificação;
- * Definição de faixas ou intervalos dos atributos escolhidos;
- * Captação de todos os dados relativos aos atributos escolhidos;
- * Analisar uma amostra dos dados para estabelecer sua composição e possíveis variações;
- * Elaborar o sistema de classificação de acordo com análise feita nos itens anteriores.

2.5.2. Princípios de Codificação

A maioria das pessoas tem em mente que um sistema de códigos serve apenas para restringir e impossibilitar a disseminação de determinados conhecimentos e/ou informações através de uma linguagem criptografada.[Hyde 81]

No contexto industrial, código é um conjunto de símbolos arranjados de forma lógica, que carrega em si mesmo um determinado significado [Hyde 81]. O sistema de codificação implementa um sistema de classificação, refletindo o seu conteúdo e significado, ampliando e disseminando as informações e conhecimentos implícitos no sistema de classificação. Em geral, os sistemas de códigos para aplicação industrial têm uma sequência curta de dígitos, letras, ou ambos, com uma alta capacidade de informações armazenadas, para facilitar a sua aplicação, manuseio e memorização.

Segundo Hyde, [Hyde 81] um sistema de códigos para aplicação industrial é um conjunto de símbolos com determinados arranjos e significados implícitos, que após serem interpretados, comunicam dados, informações ou conhecimentos específicos .

A elaboração de um sistema de codificação requer a observância de princípios que materializem e facilitem a interpretação da lógica e das regras contidas no sistema de classificação que representará. Assim, os seguintes princípios devem ser aplicados :[Hyde 81]

* A cadeia de caracteres que contém as informações nos códigos não devem exceder a cinco (5) dígitos, por facilitar a memorização e diminuir a incidência de erros;

* Manter a cadeia de características com um tamanho e padrão fixos;

* Implementar cadeias numéricas sempre que possível;

* Combinações alfa-numéricas são aceitáveis apenas quando a cadeia alfabética também têm um número fixo de caracteres e é usada para quebrar a cadeia numérica.

2.5.3. Funções do S.C.C

As seguintes funções são desempenhadas pelos Sistemas de Classificação e Codificação : [Gallagher 73] [Hyde 81]

* Identificar as peças individualmente;

* Ter facilidade de entendimento e administração;

* Evitar a duplicação de itens;

* Identificação permanente do item;

* Permitir informações de projeto, fabricação, vendas e outras;

* Ter compatibilidade com o processamento dos dados.

2.5.4. Estrutura dos S.C.C.

Existem três (3) tipos básicos de estruturas de Sistemas de Classificação Codificação com aplicação na indústria. O primeiro tipo de estrutura é denominado de Hierárquico ou Monocódigo, o segundo tipo de Policódigo, e o terceiro tipo de Combinada ou Híbrida.[Agostinho 89]

Na estrutura tipo *Monocódigo* os dígitos da cadeia de caracteres são estruturados de forma que cada dígito da cadeia amplie a informação contida no dígito anterior, causando uma relação de dependência entre os dígitos da cadeia.

Essa estrutura é muito compacta por trazer no seu bojo uma quantidade grande de informações em uma cadeia com poucos dígitos. É bastante utilizada para armazenar informações relativas a geometria do componente. A figura 2.1 mostra a estrutura de um Sistema de Classificação e Codificação do tipo monocódigo.

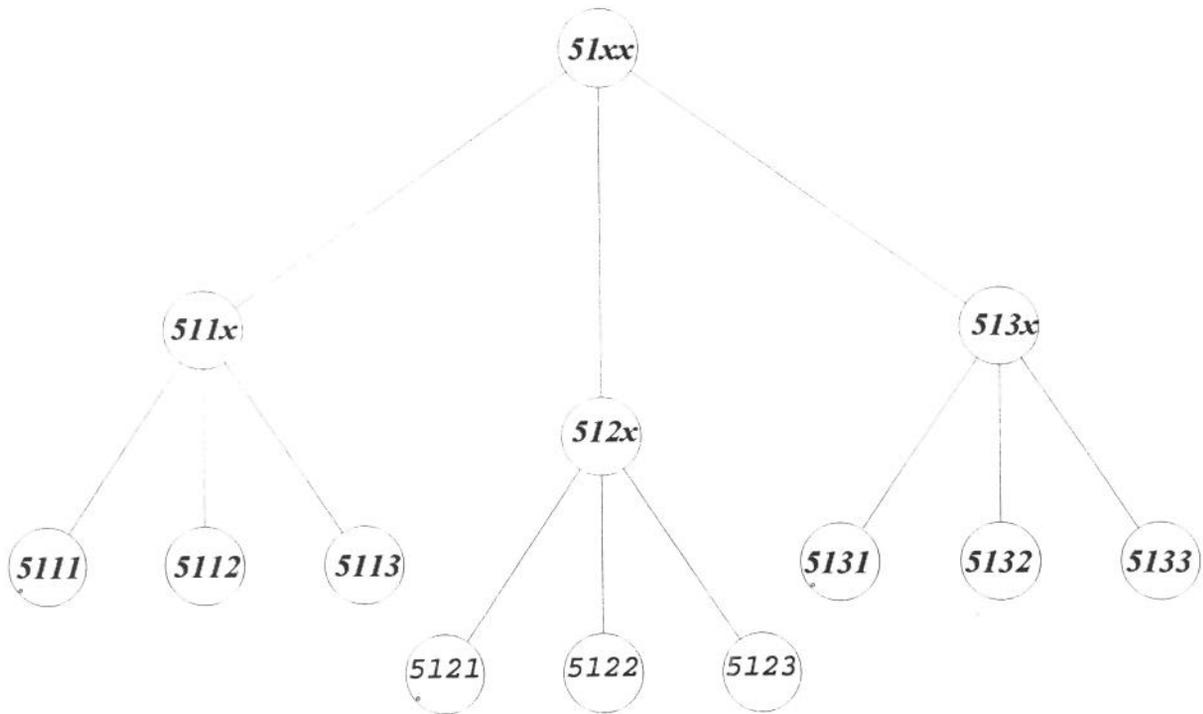


Figura 2.1. - Estrutura Tipo Monocódigo

Na estrutura tipo *Policódigo* os dígitos da cadeia de caracteres são estruturados de forma que as informações contidas em cada dígito sejam independentes dos demais dígitos da cadeia. Esse tipo de estrutura não é tão compacta quanto a estrutura monocódigo, mas

2.6. Exemplos de S.C.C.

* Sistema CODE

O sistema CODE é composto por 8 dígitos de forma hierárquica informando apenas as características de forma sem contemplar a acuracidade e material. Foi desenvolvido pela empresa Manufacturing Data Systems, Inc. O sistema classifica peças rotacionais e não rotacionais codificando-as através de números hexadecimais, ampliando assim, a quantidade de informações contidas numa cadeia com número fixo de dígitos. O sistema classifica dimensões diretamente um intervalo de dimensões. Uma distinta vantagem do sistema é a incorporação da função de banco de dados ao software elaborado pelo fabricante permitindo facilidade de recuperação de dados relativos a planejamento de processos e dados de projeto através do sistema. A figura 2.3 mostra o sistema CODE.[Chang 85]

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Perfil Concentrico	Dia.Externo ou Seccção	Furo de Centro	Outros Furos	Ranhuras Roscas	Rasgos	Dimensões Dia. Ext Comprimento	
2	Perfil Concentrico	Perfis Especificos como Dentes e Ranhuras		Furo de Centro	Forma do Perfil	Número de Dentes ou Ranhuras	Dimensões Dia. Ext Comprimento	
3	Barra ou Tubo	Angulo	Direção do Fim	Tipo do Fim	Seccção Típica	Dimensões Dia. Ext Largura Comprimento		
4	Barras Perfiladas	Número de Curvas	Outras Curvas	Angulos ou Arcos	Saliencias	Dimensões Espessura Largura Comprimento		
5	Planos	Número de Lados	Tipos de Furos		Saliencias Ranhuras Furos	Dimensões Espessura Largura Comprimento		

Figura 2.3. - Sistema Code (Resumo das Maiores Divisões)[Chang 85]

* Sistema BRISCH

O sistema Brisch não é um sistema específico para classificação de peças, mas para todas as atividades empresariais, sendo formado de duas (2) partes, a primeira composta de quatro (4) a seis (6) dígitos informando características que definem uma categoria de ítems, como materiais, peças, negócios, montagens e outras. A segunda parte é composta geralmente de três (3) dígitos informando características específicas para identificação. A figura 2.4 mostra o sistema Brisch.[Gallagher 73]

* Sistema OPITZ

O sistema Opitz foi desenvolvido na Universidade de Aachen na Alemanha pelo Prof.Dr. H. Opitz em convênio com a Associação de Máquinas Ferramentas Alemã. É composto por 9 dígitos, onde os cinco (5) primeiros denominados "código Padrão" que enfocam características geométricas e atributos de projeto, os quatro seguintes (4) denominados "código Complementar" enfocam algumas características do processo de fabricação. O sistema é complementado por uma seqüência de quatro (4) dígitos denominados "código Secundário" para identificar o tipo e seqüência de operações de produção. Essa última seqüência deve ser projetada pelo próprio usuário conforme suas necessidades. A figura 2.5 mostra o sistema Opitz.[Groover 84]

* Sistema VUOSO

O sistema Vuoso foi desenvolvido na Tchecoslováquia com objetivos estatísticos, porém é atualmente empregado com o objetivo de formar famílias de peças. É composto por quatro (4) dígitos, sendo três (3) arranjados de forma hierárquica onde informa características de geometria, e o último dígito independente, informa o tipo de material. O sistema representa peças rotacionais mais detalhadamente, e peças não rotacionais. Na escolha do terceiro dígito pode ocorrer alguma confusão quando existe uma conjugação de características tais como a combinação da forma cônica com outras formas e combinação de engrenagens externas com internas, nesse caso o usuário do sistema deve eleger regras práticas que eliminem esse problema. Pode identificar peças individualmente e reduzir a variedade de grupos formados pela adição de mais alguns dígitos com esse fim. Apresenta boas características para a introdução da T.G., resolvidos seus inconvenientes.[Gallagher 73]

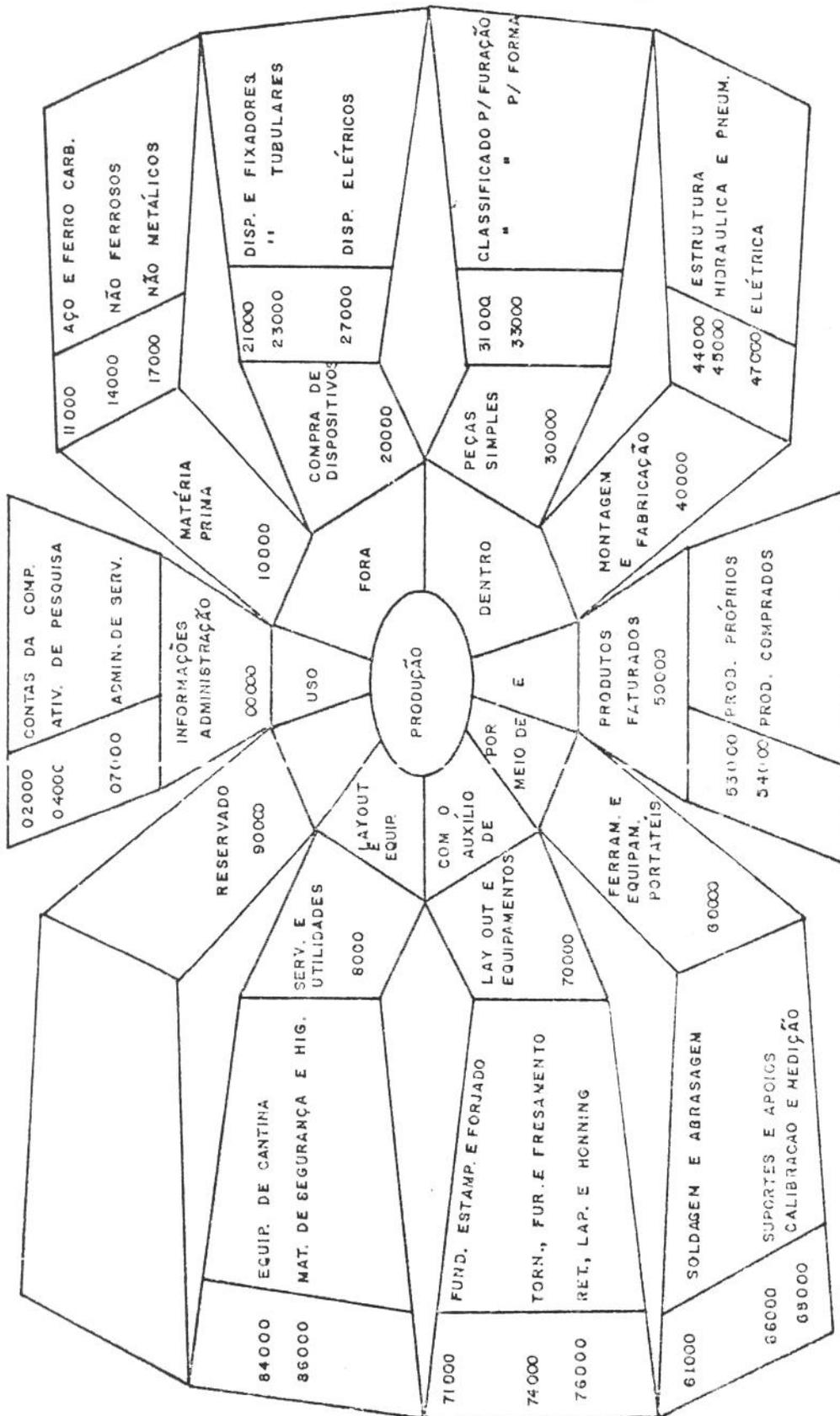


Figura 2.4. - Sistema Brisch[Gallagher 73]

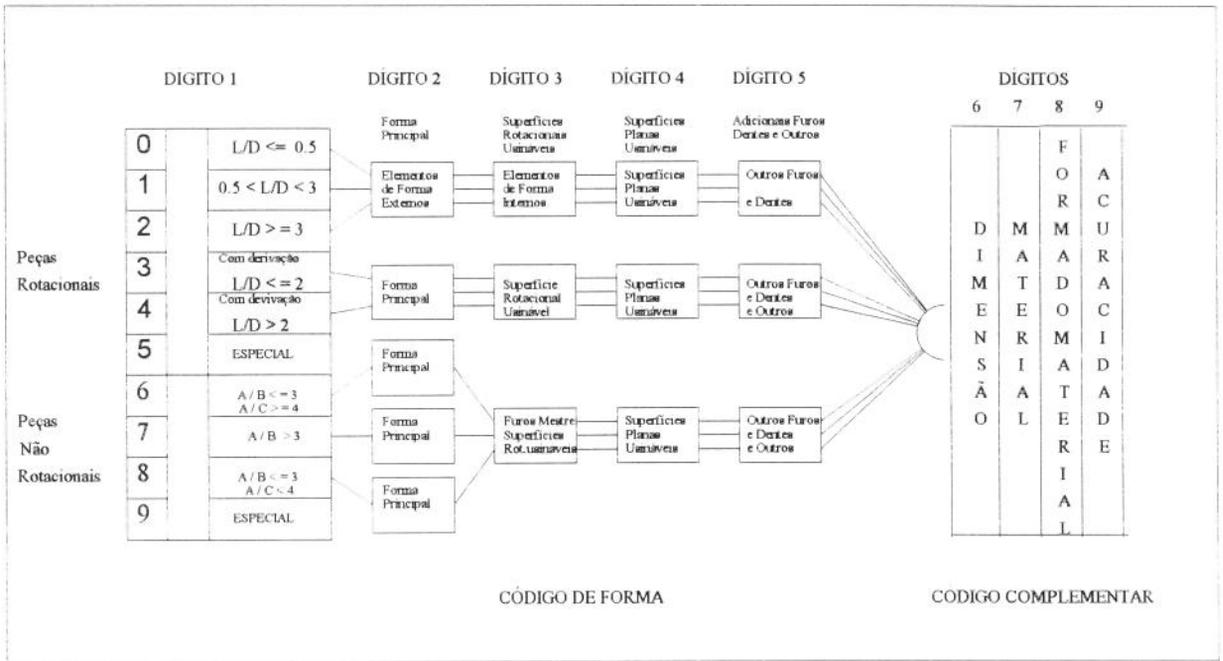


Figura 2.5. - Sistema Opitz [Groover 84]

* Sistema MICLASS

O sistema foi desenvolvido pela TNO, Netherlands Organization for Applied Scientific Research (Organização de Pesquisa Científica Aplicada Holandesa) com o intuito de padronizar e automatizar a atividade de projeto. As funções abrangidas pelo sistema são: padronização de desenhos, recuperação de desenhos, padronização da rotina de processos de fabricação, formação de famílias de peças e análise de investimento em máquinas ferramentas. O seu nome é a abreviação de Metal Institute Classification System. O sistema é composto por cadeia numérica de até trinta (30) dígitos sendo os doze (12) primeiros padrão. Esses dígitos representam os seguintes atributos: Forma Básica, Elementos de Forma, Localização dos Elementos de Forma, Dimensões Primárias, Intervalo de Dimensões, Dimensões Suplementares, Tolerâncias e Acabamentos e Material. Os demais dígitos representam atributos complementares tais como número de diâmetros externos, número de diâmetros internos, ranhuras, roscas, chavetas, engrenagens, números de dentes da engrenagem, e assim por diante. A figura 2.6 mostra o sistema Miclass.[Rembold 85]

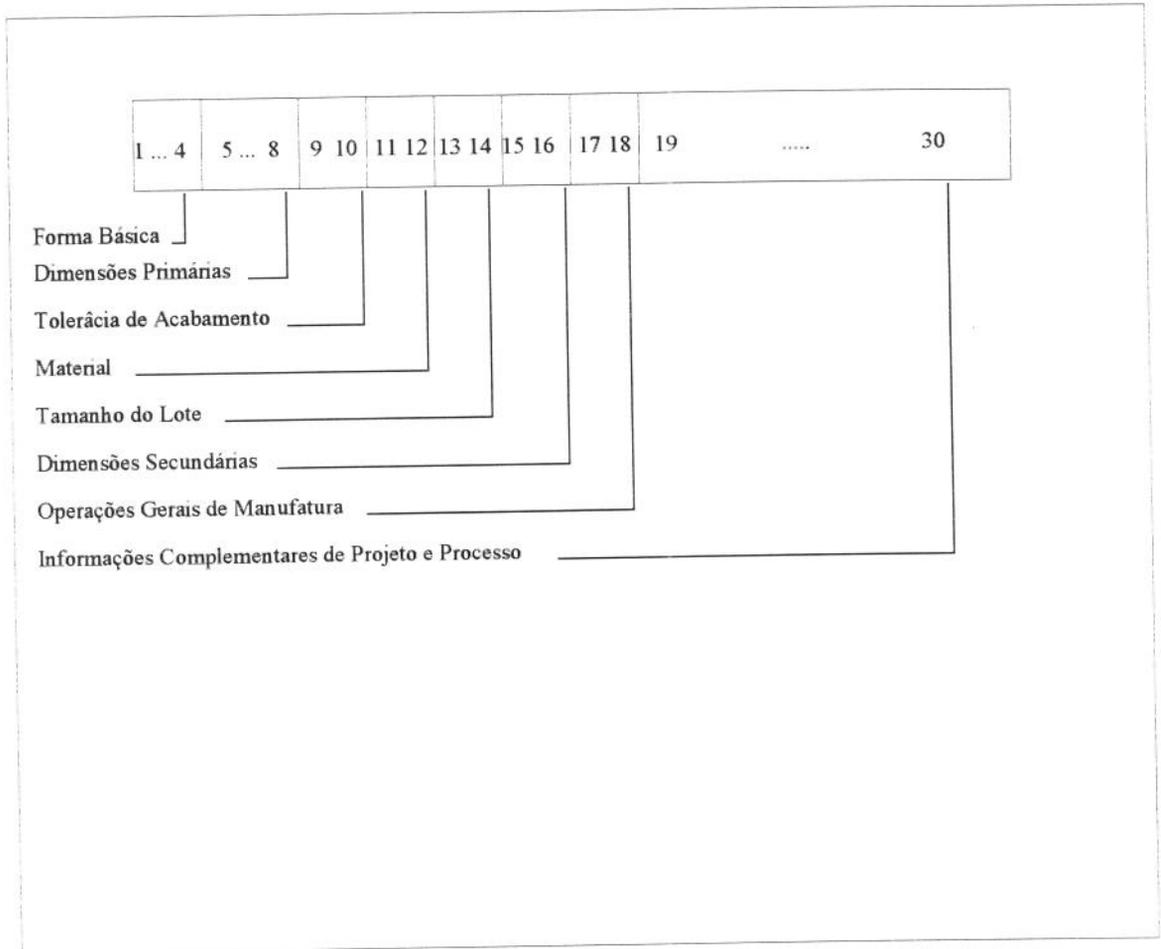


Figura 2.6 - Estrutura do Sistema Miclass

2.7. CAD - Projeto Auxiliado por Computador

O projeto é a atividade na qual se estuda as possíveis maneiras de se executar um novo produto ou peça sendo caracterizado por Shigley [Shigley 77] como uma atividade interativa constituída de seis fases: reconhecimento das necessidades; definição do problema; síntese; análise e otimização; avaliação; e apresentação; levando-se em conta a utilização, processos de fabricação a ser empregado, custos, e recursos disponíveis. A figura 2.7 mostra as fases das atividades de projeto, e em que fases a aplicação do computador é utilizada.

Nessa atividade, o emprego do computador através de sistema CAD tem como finalidade a otimização do trabalho do projetista; o melhoramento da qualidade do projeto, através da rapidez de análise, buscando um número maior de soluções possíveis em menor tempo com menor número de erros; melhoria de comunicação visual, através da padronização dos desenhos; e criação de um banco de dados para os processos de manufatura, pela documentação detalhada dos dados de especificação do produto. Pode-se distinguir quatro grandes áreas de aplicação do computador no projeto [Groover 84]:

- A). Modelamento Geométrico
- B). Análise de Engenharia
- C). Revisão de Projeto e Avaliação
- D). Automação de desenhos

A) MODELAMENTO GEOMÉTRICO

O modelamento geométrico é a forma de representar e descrever geometricamente as formas dos objetos através de uma descrição matemática. A descrição matemática permite que a imagem do objeto seja mostrada e manipulada num terminal gráfico, através de sinais da CPU do sistema CAD.[Groover 84]

A descrição matemática envolve o uso de funções e de equações para a geração de entidades geométricas. Esse modelamento pode representar entidades geométricas (pontos, retas, superfícies) em duas ou três dimensões dependendo da capacidade do equipamento e do programa utilizado.

Há sete maneiras diferentes de representação geométrica utilizadas atualmente [Chang 85]:

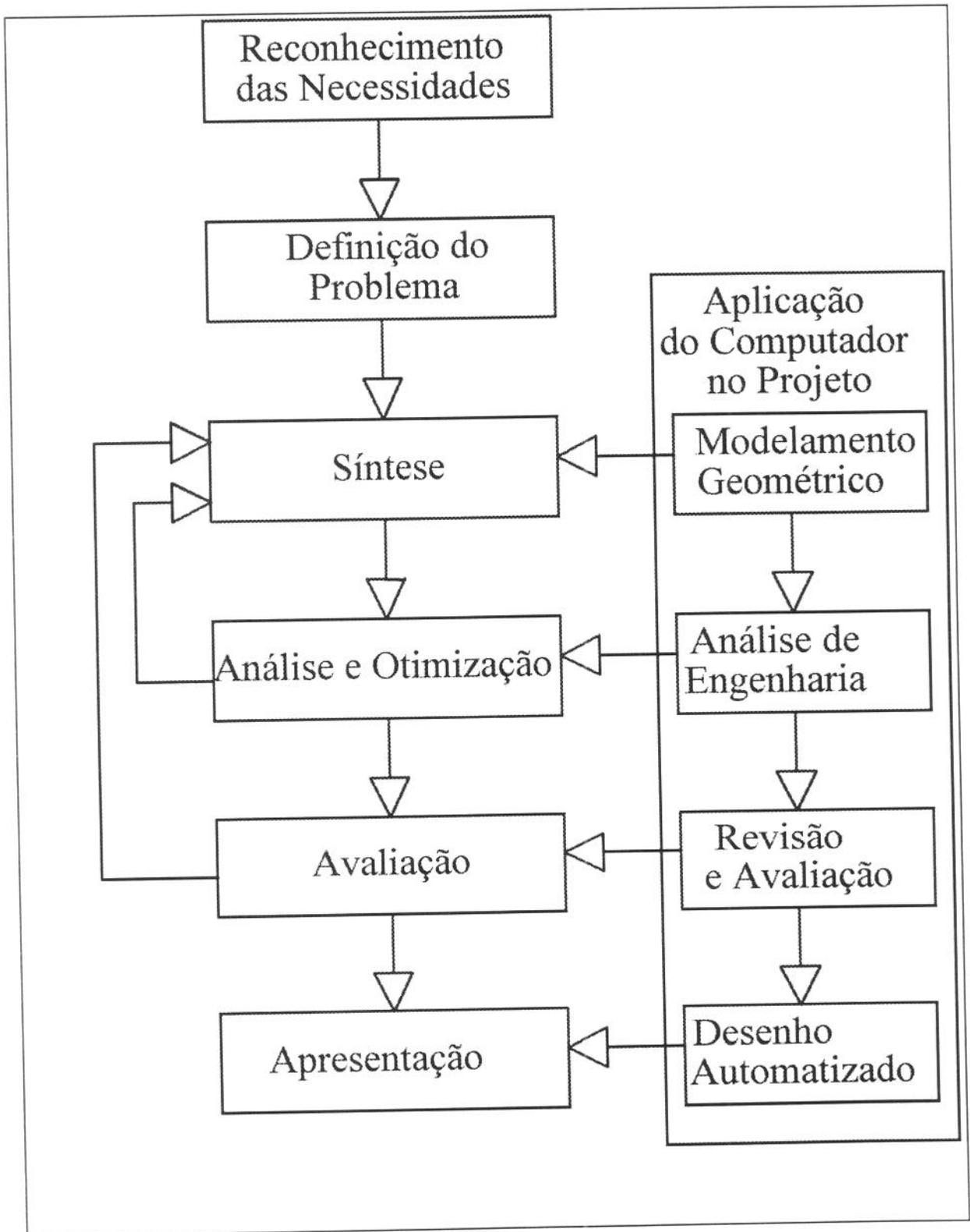


Figura 2.7 - Aplicação do computador no processo de projeto[Groover 84]

1. Wire Frame (Moldura em Arame)
2. Primitive Instancing (Formas Primitivas)

3. Spatial Occupancy Enumeration (Ocupação Espacial Enumerada)
4. Cell Decomposition (Decomposição em Células)
5. Constructive Solid Geometry (CSG) (Construção de Geometria Sólida)
6. Boundary Representation (Representação de Limites)
7. Sweeping (Varredura)

Destas formas de modelamento, a representação por wire frame é a mais comumente encontrada nos softwares comerciais. Nesta representação as arestas dos objetos são mostradas como linhas, e em objetos com superfícies curvas são adicionadas linhas de contorno. Há alguns inconvenientes na representação por wire-frame, principalmente no modelamento de objetos em três dimensões, onde forma-se um emaranhado de linhas, prejudicando o entendimento do desenho. Esta forma de representar não é classificada como modelador de sólidos por não apresentar uma completa representação dos objetos. A figura mostra uma ilustração do modelamento geométrico por wire-frame.

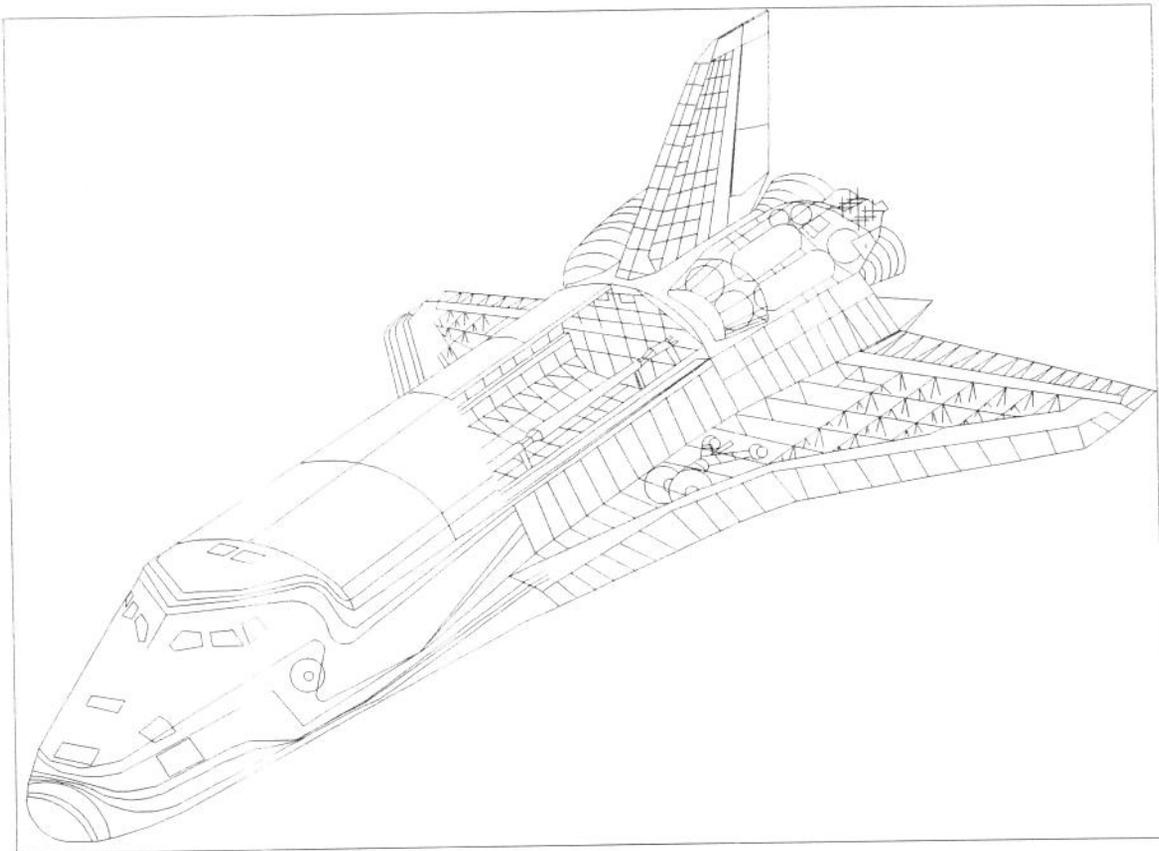


Figura 2.8 - Modelamento por Wire-Frame[Autodesk]

O modelamento por Primitive Instancing representa as formas geométricas através da soma e subtração de formas primitivas sólidas padranizadas (cubos, esferas, paralelepípedos, etc.) agrupando-as em famílias de objetos, portanto, sendo considerado um modelador sólido, e uma das suas aplicações é a representação de códigos formulados através da utilização da Tecnologia de Grupo. A figura 2.9 mostra o modelamento geométrico por Primitive Instancing.

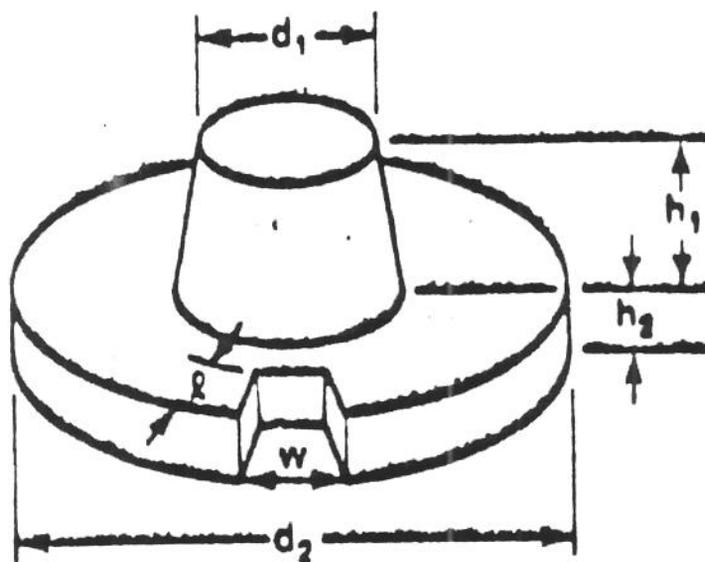


Figura 2.9 - Modelamento por Primitive Instancing [Chang 85]

O modelamento por Cell Decomposition representa os objetos por decomposição da sua forma original em formas mais simples, porém sem regras definidas, denominadas de células. O modelamento por Spatial Occupancy Enumeration é uma forma derivada do modelamento por Cell Decomposition e representa os objetos através da divisão da sua forma volumétrica em pequenos volumes designados células espaciais. Nesses dois tipos de representação a capacidade de memória dos equipamentos é muitíssimo elevado, impossibilitando sua aplicação nos projetos de engenharia atualmente. A figura 2.10 apresenta o modelamento geométrico por Cell Decomposition e Spatial Occupancy Enumeration.

O modelamento por Constructive Solid Geometry constrói os objetos através de formas primitivas (cones, paralelepípedos, esferas, cilindros, cones elípticos, torus), para obter a representação final do objeto, e pelo emprego das relações que existem entre as formas primitivas através de lógica Booleana.

O modelamento por Boundary Representation representa os objetos por suas faces limites. As faces são desmembrados em arestas e vértices para armazenamento em memória,

proporcionando uma fácil interação gráfica, porém são de difícil construção. A figura 2.11 mostra o modelamento geométrico pelas representações CGS e B-Representation.

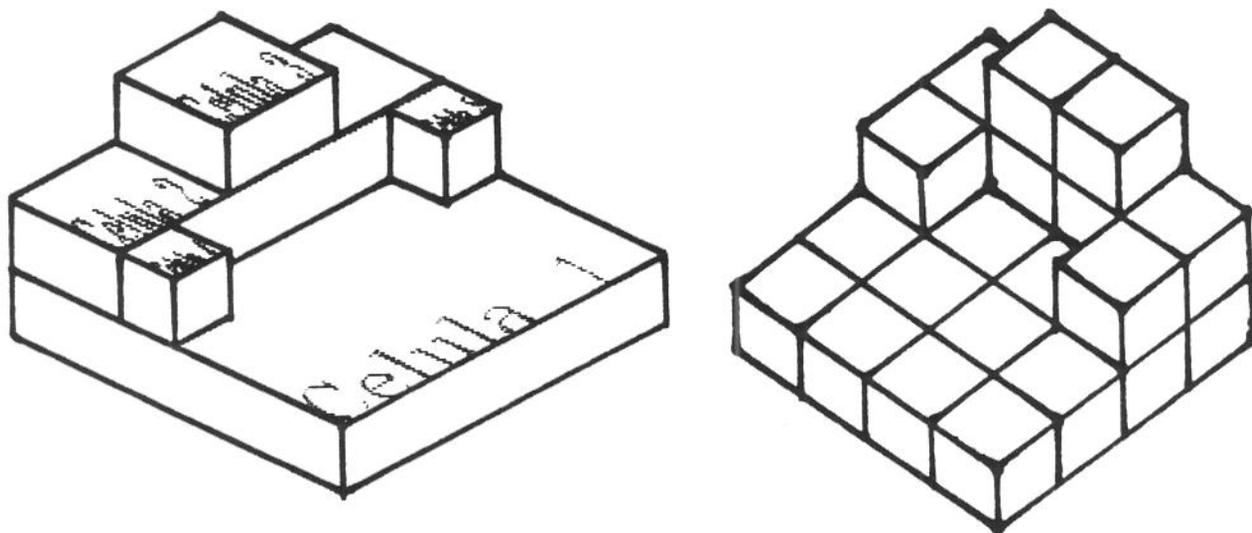


Figura 2.10 - Modelamento por Cell Decomposition e Spatial Occupancy Enumeration[Chang 85]

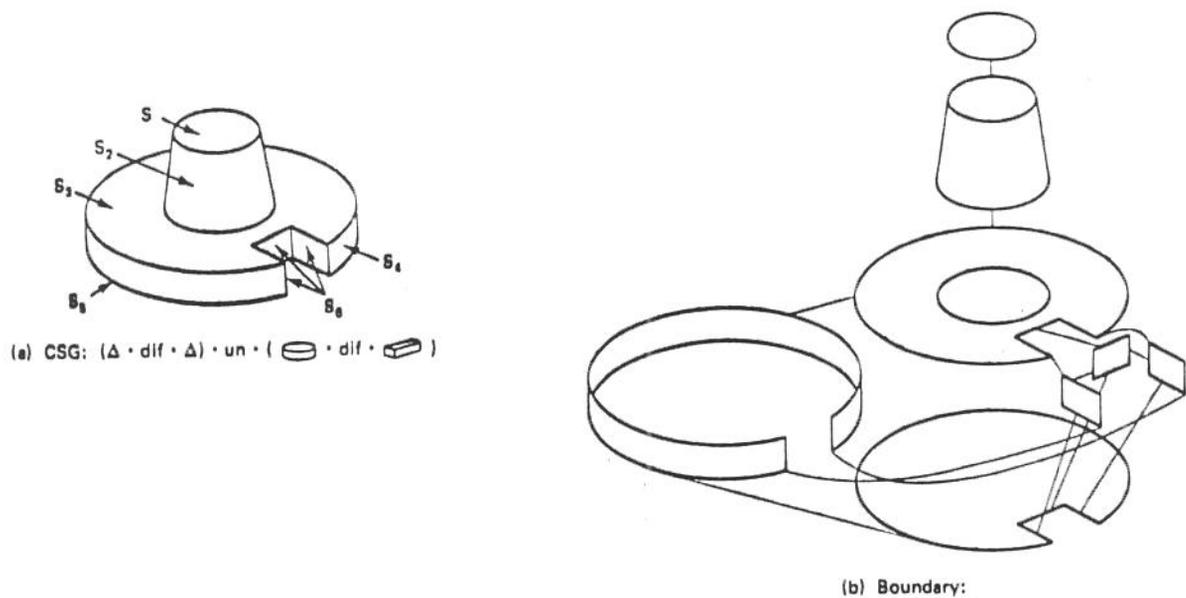
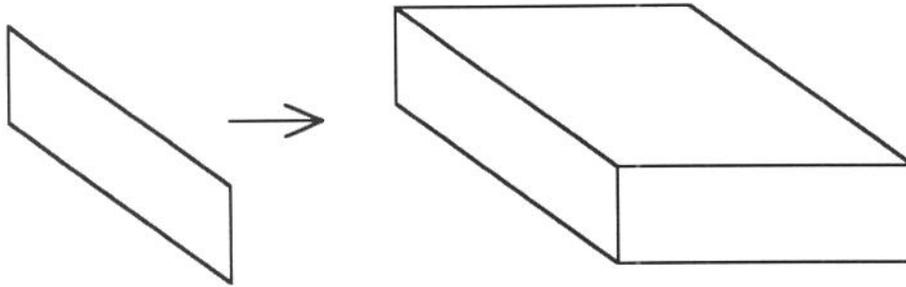
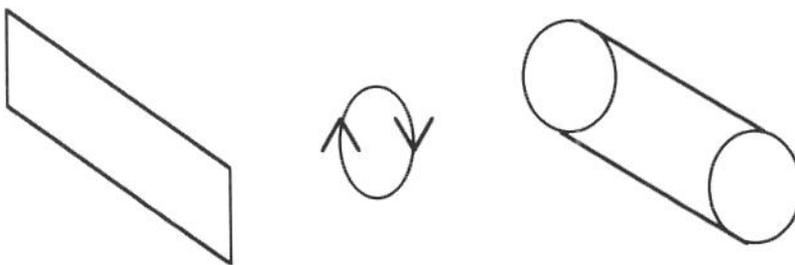


Figura 2.11 - Modelamentos por CGS e B-Representation[Chang 85]

O modelamento por Sweeping é uma representação que através da rotação ou translação de uma forma geométrica, cria os objetos desejados. É muito utilizada na simulação de caminhos de ferramentas de corte durante o processo de usinagem, e simulação de superfícies intermediárias para determinação de pontos de fixação de grampos ou garras de robôs.



Varredura de Translação



Varredura de Rotação

Figura 2.12 - Modelamento por Sweeping [Chang 85]

B) ANÁLISE DE ENGENHARIA

A análise de engenharia é a fase na qual todas as análises devem ser feitas, aqui os recursos que o computador pode oferecer são a visualização dos resultados de cálculos na forma de gráficos de qualquer tipo, facilitando a sua compreensão.

Essa análise envolve a avaliação da resistência dos materiais, fluxo de calor, análise cinemática e dinâmica das partes móveis e fixas das peças dos mecanismos em projeto.

Há softwares disponíveis comercialmente que dispõe de ferramentas para análise de propriedades de massas e de elementos finitos, empregados nas avaliações de engenharia, porém algumas vezes há a necessidade do desenvolvimento de ferramentas específicas para aplicações particulares.

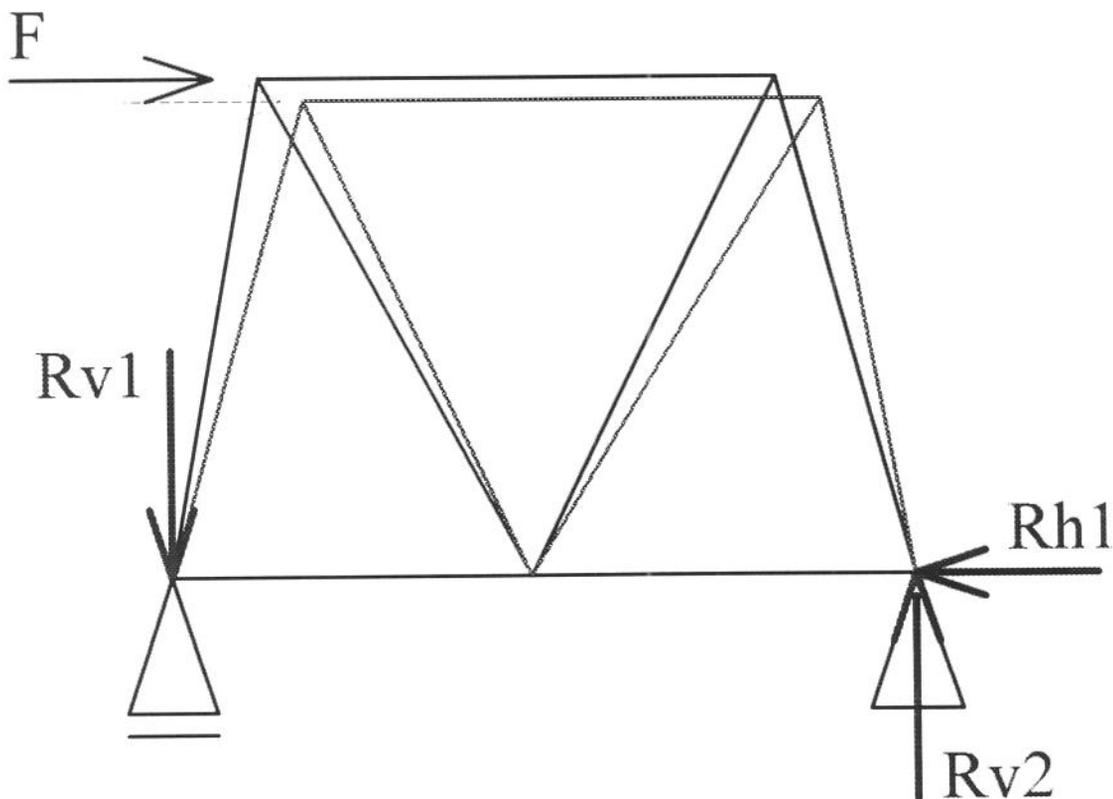


Figura 2.13 - Resultado da análise de elementos finitos

C) REVISÃO DE PROJETO E AVALIAÇÃO

A revisão de projeto e avaliação são beneficiadas através das facilidade de ampliação de detalhes dos desenhos e a capacidade de simulação cinemática dos mecanismos encontrada em alguns softwares comerciais. Através de rotinas já incorporadas ao software o dimensionamento e a especificação do acabamento das superfícies do produto diminuiem a incorrência em erros.

D) PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO

A preparação de desenhos é feita acessando-se diretamente os dados armazenados na base de dados e transferindo-os para uma máquina plotadora onde será feito o desenho, assim como lista de materiais, lista de peças, planilhas de cálculos e outros documentos necessários, dispensando-se o trabalho manual desta atividade, economizando em alguns casos, até cinco vezes o tempo com esse trabalho.

2.8. Interface entre TG e CAD

As vantagens obtidas através da Tecnologia de Grupo estão no agrupamento das diversas peças ou produtos em famílias, e há cinco maneiras básicas de se determinar a formação de famílias de peças : *Inspeção Visual, Análise do Fluxo da Produção, Sistemas de Classificação e Codificação, Métodos baseados em Algoritmos, Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados.*

Os Sistemas de Codificação e Classificação são capazes de estabelecer a ligação necessária entre a TG e o CAD pela utilização do computador como denominador comum nas atividades de projeto e manufatura.[Groover 84]

2.9. Comentários

Pode-se dizer que a aplicação dos conceitos da TG representa um benefício bastante compensador para as empresas em geral. A conjugação da aplicação TG com CAD representa um salto qualitativo na atividade industrial, principalmente para micro, pequenas e médias empresas, que não pode ser negligenciado por qualquer indivíduo participante do processo manufatureiro.

Mas para que todos méritos e vantagens que a prática da TG e CAD sejam realmente alcançados, os paradigmas tayloristas da manufatura, tais como: muitos níveis hierárquicos, uso intensivo de especialistas, a fragmentação do conhecimento pela divisão do trabalho, etc., que ainda são vigentes devem ser demolidos.

O momento econômico mundial atual é propício a novas atitudes que permitam a reorganização das empresas industriais, favorecendo a troca de comportamentos velhos por novos comportamentos, que levem os participantes do processo produtivo ao engajamento no seu local de trabalho.

No próximo capítulo, faz-se a proposição do sistema de classificação e codificação para suportar a atividade de planejamento de processos.

3.1. Introdução

Como visto no capítulo anterior, observou-se que os trabalhos que tratam dos Sistemas de Codificação e Classificação contemplam características geométricas e de processo de fabricação numa mesma cadeia numérica.

Características geométricas, tais como : elementos de forma da extremidade da peça (roscas, recartilhas, ranhuras, estrias), elementos de forma externa (superfícies cilíndricas, cônicas, curvas, planas), elementos de forma interna (superfícies cilíndricas, cônicas, curvas, planas), saliências, cavidades, furos de todos tipos, gravações, dimensões externas e internas (comprimentos, larguras, profundidades, diâmetros externos, diâmetros internos), usados na forma de intervalos entre dimensões ou como o próprio valor da dimensão, a razão entre as várias dimensões, estão presentes em boa parte dos sistemas avaliados (Optiz, KK3, Vuoso, Code, Miclass).

Características de processo de fabricação tais como tolerâncias dimensionais, de forma e posição, tratamentos térmicos e de superfícies, forma do blank, tipo de material, acabamento de superfície, também são encontrados em boa parte dos sistemas estudados.

O Sistema de Classificação e Codificação proposto tem como objetivo o suporte necessário à formulação do roteiro de fabricação padrão através do fornecimento de dados tais que possibilitem ao planejador especificar as máquinas ferramentas, dispositivos necessários à fabricação, ferramentas de corte, parâmetros de fabricação (velocidade de corte, avanço, profundidade de corte) e estabelecer critérios relativos às características geométricas e processo de fabricação que levem à formação de *famílias de peças*.

A plataforma de trabalho adotada para o desenvolvimento do projeto global de planejamento de processos foi a estação gráfica de trabalho SUN 1 plus configurada com CPU

(Central Processing Unit - Unidade de Processamento Central), uma unidade de disco flexível 3 1/2 ", uma unidade de disco rígido de 200 Mb, uma unidade de backup em cartucho, monitor de vídeo colorido de 17", teclado, e mouse. Essa plataforma foi escolhida por possuir uma alta capacidade de memória e de processamento, facilidades de comunicação entre usuários por ser uma plataforma multitarefa, multiusuário, e por pretender atingir como público alvo as médias e grandes empresas, onde esse tipo de plataforma já está bastante difundida.

O software escolhido para desenvolvimento deste trabalho foi o EUCLID IS da Matra por apresentar modelamento sólido de objetos, linguagem de programação FORTRAN, troca de dados nos padrões IGES (Initial Graphics Exchange Specification), DXF (Drawing Interchange File), e VDA (Video Design Array), um módulo CAM, e um módulo CNC. Devido a problemas burocráticos e técnicos o software não pode ser usado neste trabalho. O software gráfico adotado então foi o AutoCAD r.12 da Autodesk Inc., dotado de linguagens de programação AutoLisp e C, modelamento sólido, e troca de dados nos padrões IGES e DXF, disponível no departamento.

3.2. Desenvolvimento do Sistema

O problema a ser resolvido é gerar um código e uma classificação para peças do tipo rotacional a partir de desenhos gerados em sistemas assistidos por computador, que tragam no seu bojo as informações relevantes a formação de famílias de peças e formulação de planos padrão de processos de fabricação.

O tratamento de um problema por uma abordagem estruturada permite que um problema complexo seja transformado em múltiplos problemas mais simples, com soluções mais simples também, desta maneira, resolve-se o problema complexo através da solução de múltiplos problemas simples de fácil solução.

O problema da geração de um código e uma classificação para peças do tipo rotacional a partir de desenhos gerados em sistemas assistidos por computador pode ser dividido em três partes : elaboração da classificação e codificação; geração de desenhos no sistema CAD de forma automática; e integração dos Sistemas de classificação e codificação e do Sistema CAD.

Para resolver o problema,o sistema foi concebido composto por três (3) módulos distintos conceitualmente: Módulo Gerenciador do Sistema, que visa resolver o problema de integração entre os Sistemas de Classificação e Codificação e Sistema CAD, responsável pela

entrada, saída e troca de dados entre os sistemas, Módulo Gráfico, que visa resolver o problema de obtenção automática de desenhos, e Módulo de Codificação, onde são codificadas as peças elaboradas no Módulo Gráfico. A figura 3.1 mostra um esquema do Sistema proposto.

Cada módulo do Sistema trata um problema mais simples de maneira independente, assim, cada módulo do Sistema funciona como uma "caixa preta", onde se conhece as entradas, as saídas, a função que a caixa tem dentro do Sistema, mas não é necessário saber como a caixa executa suas tarefas.

Essa maneira de resolver problemas traz como vantagens a facilidade de construção do Sistema, de testes, de correção, de entendimento do Sistema como um todo, e facilidade de modificações.

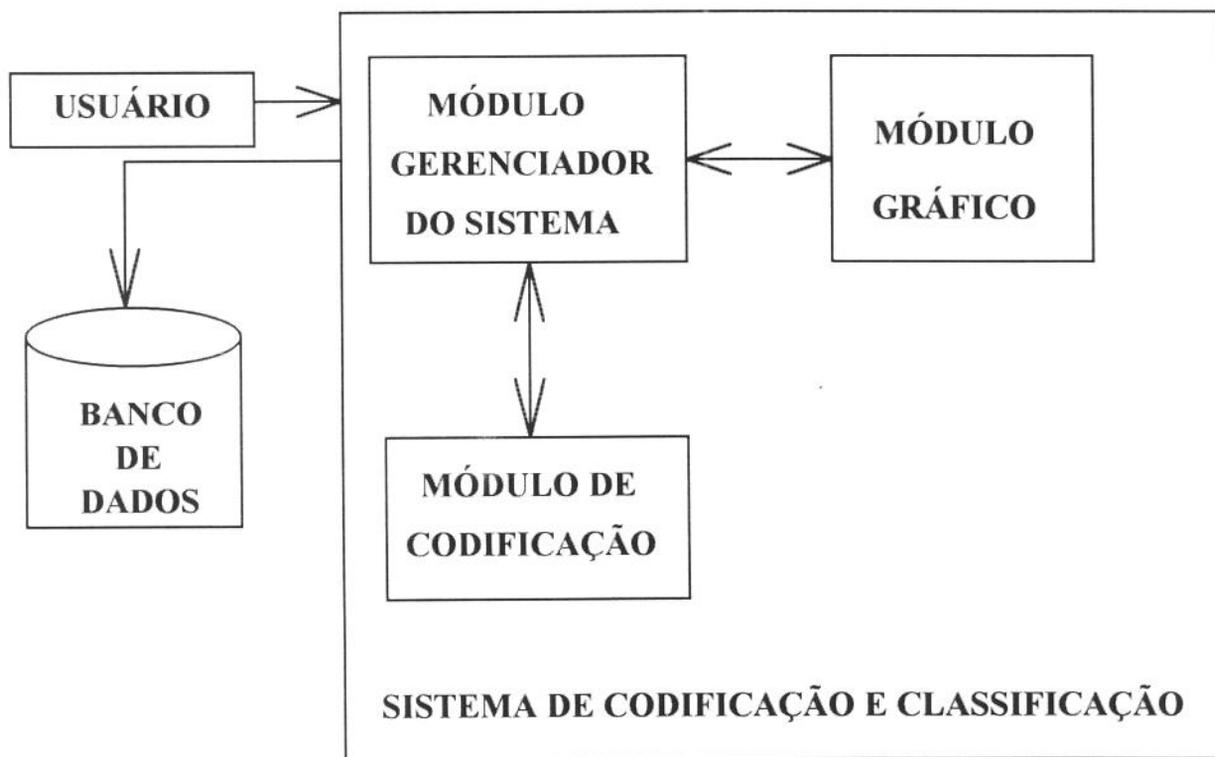


Figura 3.1. - Estrutura do Sistema de Classificação e Codificação

3.2.1. Módulo Gerenciador do Sistema

A figura 3.2 mostra o fluxograma representativo do funcionamento do Módulo Gerenciador do Sistema.

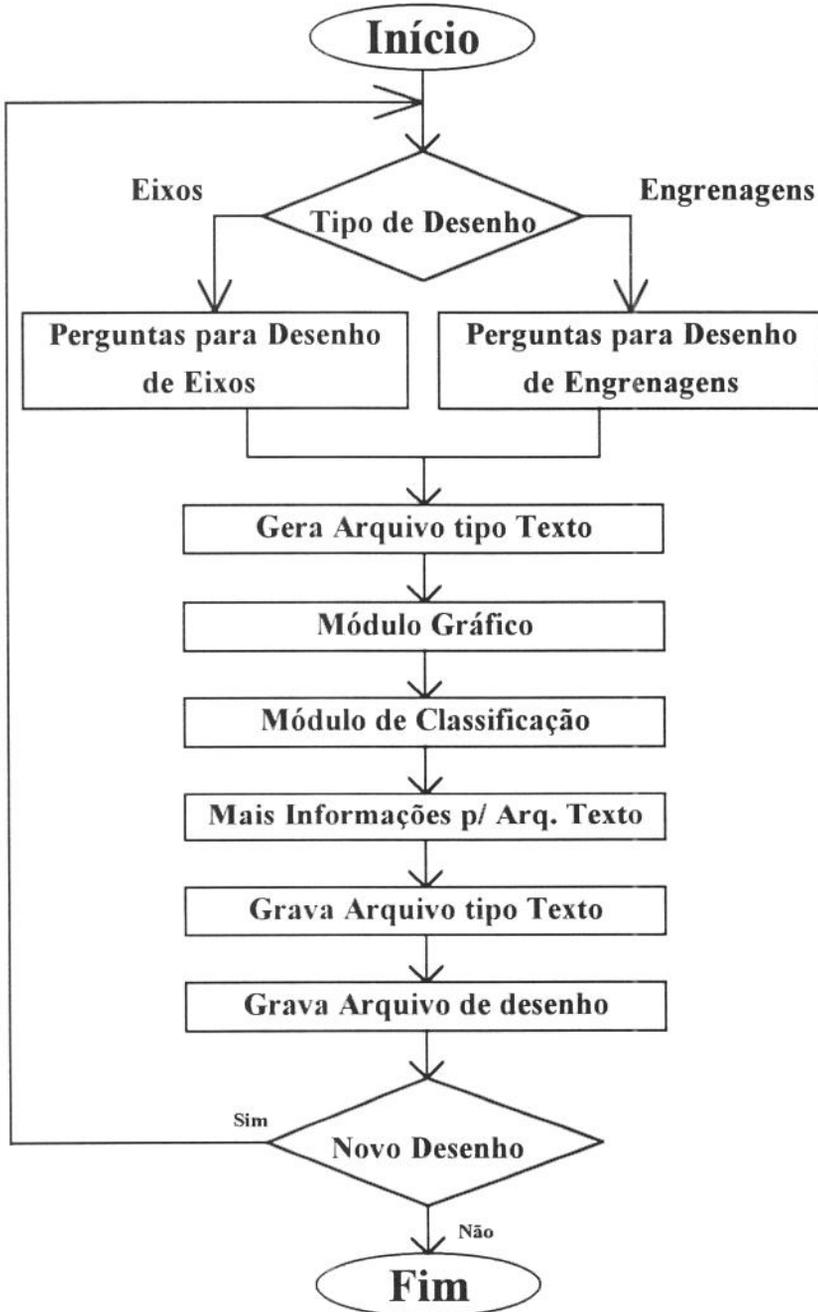


Figura 3.2. - Fluxograma do Módulo Gerenciador do Sistema

O módulo Gerenciador do Sistema estabelece qual das atividades de desenho será executada (desenho de eixos ou engrenagens) através da escolha direta do usuário.

Escolhida a atividade de desenho, o módulo Gerenciador do Sistema faz uma série de perguntas pré-definidas ao usuário a respeito da atividade escolhida. Para ilustrar essa atividade, abaixo temos algumas das perguntas feitas na atividade de desenho de eixos:

- Entre com o número de escalonamentos do eixo.
- Entre com o diâmetro número 1.
- Entre com o comprimento número 1.
- Entre com a tolerância para o diâmetro 1.
- Entre com o acabamento superficial para o diâmetro 1.
- Existe apenas raios de concordância para o diâmetro 1?
- Existe apenas chanfros de alívio?
- Existe algum elemento de forma no diâmetro 1?
- Qual é o material do eixo?
- Qual é o tratamento térmico a ser aplicado?

Respondidas todas as perguntas feitas pelo módulo Gerenciador do Sistema, o módulo gera um arquivo tipo texto que contém as informações tecnológicas da peça que está sendo desenhada, e em seguida passa o gerenciamento das atividades para o módulo Gráfico que executa suas atividades e retorna o controle das atividades ao módulo Gerenciador do Sistema. As atividades do módulo Gráfico serão discutidas no item 3.2.2..

O módulo Gerenciador do Sistema passa o controle das atividades ao Módulo de Classificação que executa a tarefa de classificar a peça que está sendo desenhada e retorna o resultado (o código da peça) ao módulo Gerenciador do Sistema e o controle das atividades. As atividades do módulo de Classificação serão discutidas no item 3.2.3..

Agora, o módulo Gerenciador do Sistema complementa as informações do arquivo tipo texto gerado anteriormente com as informações vindas do módulo de Classificação.

Em seguida o módulo Gerenciador do Sistema grava o arquivo tipo texto e o arquivo de desenho. Esses dois arquivos agora estão disponíveis para serem armazenados no banco de dados para formar uma base de dados da manufatura.

O Sistema de Classificação e Codificação foi implementado dentro do sistema CAD (AutoCad r.12), por rotinas em linguagem AutoLisp.

O módulo Gerenciador do Sistema é responsável pela troca de dados entre o usuário e o Sistema de Classificação e Codificação, entre módulo de Codificação e módulo Gráfico, e pelo armazenamento dos dados para um banco de dados externo.

O usuário deve entrar no sistema CAD e carregar os programas elaborados em linguagem AutoLisp que contenham as rotinas Módulo Gerenciador, Módulo de Codificação e Módulo Gráfico, ou carregar um menu especial que já contenham as rotinas citadas acima.

O módulo Gerenciador do Sistema atua de maneira interativa, através de um diálogo onde são feitas perguntas ao usuário como explicado acima. As perguntas elaboradas pelo módulo Gerenciador direcionam o usuário para a elaboração do desenho da peça e posterior codificação.

As perguntas elaboradas pelo módulo Gerenciador do Sistema questionam as atividades de escolha da macro-família, faz as perguntas pertinentes s entradas de parâmetros característicos de cada sub-família, e questiona os valores de tolerância dimensional e acabamento superficial.

O módulo direciona os dados referentes ao aspecto de processos recebidos do usuário para um arquivo tipo texto (ASCII) com um nome e uma extensão que podem ser escolhidos pelo próprio usuário. Uma boa conduta é manter o mesmo nome do arquivo de desenho para o arquivo texto para não haver perda de informações relativas a peça desenhada, e facilidade de identificação por todos os usuários do sistema CAPP global. O arquivo texto pode ser incorporado por um sistema de banco de dados ou ser armazenado em diretório separado dentro do disco rígido conforme a conveniência do usuário.

Após a efetivação da atividade de codificação (última tarefa realizada pela sistema), o usuário pode escolher dar início ao desenho e codificação de uma nova peça ou sair do sistema CAD. O procedimento de entrada, saída, e operação do Sistema de Classificação e Codificação será visto no item 3.7.

3.2.2. Módulo Gráfico

O módulo Gráfico é responsável pela elaboração de desenhos de peças rotacionais de maneira interativa, através do fornecimento dos parâmetros necessários para a construção da peça pelo usuário. Para esse trabalho foram pesquisados dois (2) tipos de peças rotacionais: eixos e engrenagens.

O processo de pesquisa das peças rotacionais teve como objetivo levantar as características de formas que compõem esses dois (2) tipos de peças rotacionais e principalmente formular uma metodologia de desenho utilizando o sistema CAD para confecção dessas peças de maneira automática e parametrizada. A pesquisa para levantamento das características de forma e da metodologia de desenho das peças rotacionais foi baseada em desenhos de eixos e engrenagens acompanhados dos seus respectivos processos de fabricação fornecidos por uma indústria ligada ao setor automotivo da região de Campinas, e em desenhos encontrados na literatura básica para desenho técnico [French 85].

A metodologia de desenho automático é baseada no desenho do corte transversal da peça. Assim, para cada tipo de peça rotacional, eixos, engrenagens, pistões, etc. deve ser feito um levantamento apurado das características de formas que fazem parte da peça e da maneira de desenhá-las manualmente para criar uma maneira eficiente de desenhar automaticamente a peça em questão.

O corte transversal da peça foi escolhido como ponto de partida para o desenho automático da peça por trazer no seu bojo uma característica importante para o processo de desenho automático, que é a possibilidade de desenho das entidades geométricas numa seqüência determinada buscando um significado no seu agrupamento, que tornará o rastreamento dessas entidades geométricas dentro do banco de dados do sistema CAD uma realidade.

A idéia do desenho seqüencial das entidades geométricas está baseada na teoria de reconhecimento de formas (Part Feature Recognition), onde o sistema procura identificar uma determinada característica geométrica que determinará uma operação de fabricação pela pesquisa do seqüenciamento e proporções geométricas das entidades armazenadas dentro do banco de dados do sistema CAD que representa a peça rotacional.

Através das formas geométricas primitivas (retas, arcos, circunferências, etc.), podemos estabelecer critérios para obtenção dessas formas utilizando as várias máquinas-ferramentas disponíveis. Para ilustrar uma destas regras exemplificamos uma usinagem

cilíndrica externa: SE a forma primitiva é uma reta horizontal (definida pela igualdade de ordenadas dos pontos inicial e final da entidade geométrica reta do sistema CAD) e não existem outras retas abaixo dela TEMOS uma usinagem externa longitudinal. SE a forma primitiva é uma reta vertical (definida igualdade de abscissas dos pontos inicial e final da entidade geométrica reta do sistema CAD), TEMOS uma usinagem externa radial (faceamento). Desta maneira podemos automatizar o reconhecimento dos processos de fabricação utilizando as formas geométricas básicas.[Rong 88]

Foi desenvolvido um fluxograma que descreve a metodologia de desenho automático para peças rotacionais que parte da figura geométrica do cilindro, que está presente em qualquer peça rotacional, que tem como parâmetros geométricos o comprimento, o diâmetro inicial, e o diâmetro final.

Ao cilindro são acrescentados características de forma, tais como a presença de raios de concordância (com comprimentos nas direções X e Y como parâmetros), chanfros (valor do raio como parâmetro), entalhes para chavetas (profundidade, largura, comprimento, raio da fresa, como parâmetros), furos (localização, profundidade, diâmetros inicial e final como parâmetros), e outras formas geométricas.

Ao cilindro são também são acrescentados as suas próprias características de fabricação e as características de fabricação de cada característica de forma agregada ao cilindro, tais como o acabamento superficial e tolerâncias geométricas e de forma.

O fluxograma repete as fases descrita nos parágrafos anteriores o número de vezes necessárias para descrever a peça rotacional por inteira.

A figura 3.3 mostra o fluxograma da metodologia de desenho automático para peças rotacionais.

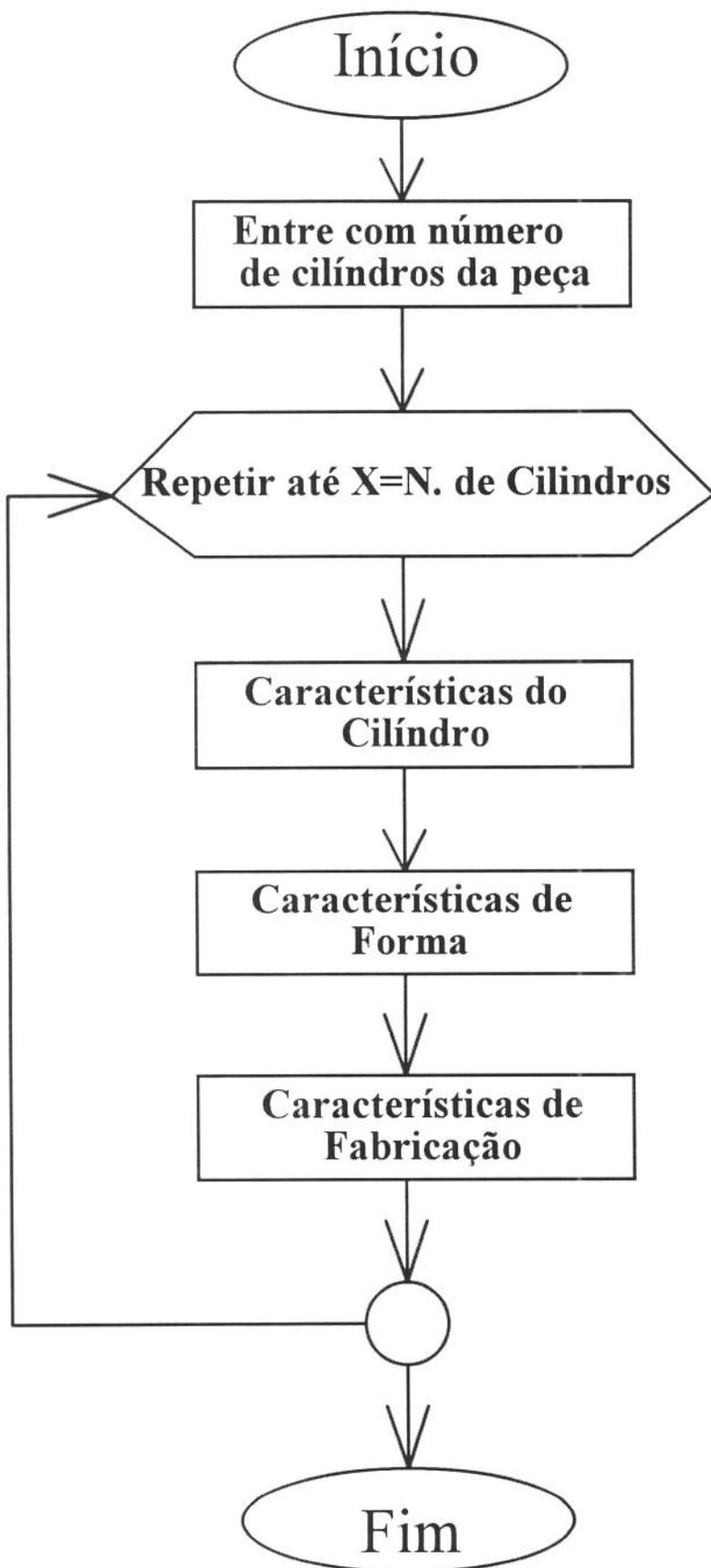


Figura 3.3 - Fluxograma Representativo da Metodologia de Desenho Automático

3.2.3 Módulo de Codificação

O módulo de Codificação é responsável pela avaliação das características geométricas e de processos fornecidas pelo usuário para criar um código para a peça. O módulo avalia as entradas de dados fornecida pelo usuário ao mesmo tempo em que é elaborado o desenho e informa o resultado final enviando o código para o arquivo externo e para o desenho.

O Sistema de Classificação e Codificação contempla peças do tipo rotacional, divididas nas seguintes categorias:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| a) Eixos e Fusos; | f) Cilindros; |
| b) Engrenagens; | g) Rolos e Colunas; |
| c) Polias; | h) Discos e Cames; |
| d) Buchas de Mancais; | i) Tampas. |
| e) Pistões; | |

Os intervalos de valores para os atributos escolhidos para cada característica de forma contemplada pelo Sistema de Classificação e Codificação foram estabelecidos com base na capacidade de carregamento de máquinas ferramentas de uma das indústrias fabricantes de máquinas da região de Campinas.

Os dados para o levantamento das características que foram eleitas para constar do Sistema de Classificação e Codificação foram obtidos de um lote de desenhos de peças (eixos e engrenagens) com seus respectivos processos de fabricação, fornecidos por uma indústria do ramo automobilístico da região de Campinas.

Os atributos de cada característica de forma que constam do Sistema de Classificação e Codificação tornaram-se os parâmetros para a construção do desenho das peças rotacionais contempladas na implementação do sistema.

O Sistema de Classificação e Codificação foi elaborado com base na pesquisa feita como descrita nos parágrafos anteriores, respeitando as etapas de elaboração dos sistemas de classificação enumerados por Hyde.[Hyde 81]

A implementação do módulo é feita com base na classificação citada nos itens 3.6 a 3.6.11. A seguir mostra-se na figura 3.4 a estrutura da cadeia numérica de codificação proposta e faz-se uma breve descrição da cadeia de codificação



Figura 3.4 - Estrutura da Cadeia Numérica de Codificação Proposta

Na figura 3.4, o dígito 1 designa as macro-famílias contempladas pelo sistema, e será tratada no item 3.6.1 em detalhes.

O dígito 2 designa as sub-famílias correspondentes as macro-famílias do dígito 1. Esse dígito será tratado em detalhe no item 3.6.2.

O dígito 3 corresponde ao intervalo de comprimentos máximo da cadeia de codificação. Os intervalos de comprimentos contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.3.

O dígito 4 corresponde ao intervalo de diâmetros externos máximo da cadeia de codificação. Os intervalos de comprimentos contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.4.

O dígito 5 corresponde ao intervalo de tolerâncias dimensionais da cadeia de codificação. Os intervalos de tolerâncias dimensionais contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.5.

O dígito 6 corresponde ao intervalo de acabamento superficial da cadeia de codificação. Os intervalos para o acabamento superficial contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.6.

Os dígitos citados acima correspondem a parte do código designada de "código de família". Receberam esse nome por serem responsáveis pela formação das famílias de peças efetuada pelo Sistema de Classificação e Codificação.

O dígito 7 corresponde aos elementos de forma da cadeia de codificação. As combinações dos elementos de forma contemplados pelo sistema contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.7.

O dígito 8 corresponde ao intervalo de diâmetros internos máximo da cadeia de codificação. Os intervalos de diâmetros internos contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.8.

O dígito 9 corresponde aos materiais contemplados pela cadeia de codificação. As opções de materiais contemplados nesse dígito serão tratados no item 3.6.9.

O dígito 10 corresponde as formas de blank designadas na cadeia de codificação. Essas formas de blank contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.10.

O dígito 11 corresponde a gama de tratamentos térmicos abraçados pela cadeia de codificação. Os tratamentos térmicos contidos nesse dígito serão tratados no item 3.6.11.

Os últimos cinco (5) dígitos citados, correspondem a parte da cadeia de codificação designada de "código complementar". Os dígitos mencionados receberam esse nome por complementarem as informações geométricas contidas no código de família com as informações de processo contidas neles.

3.3. Interface Gráfica

Na atual fase do projeto estão implementados o Módulo Gerenciador do sistema, o Módulo de Codificação e o Módulo Gráfico para as macro-famílias de peças eixos e engrenagens, contemplando as sub-famílias de eixo liso (sem elementos de forma), eixo escalonado, eixo árvore, engrenagem cilíndrica reta e engrenagem cilíndrica helicoidal.

3.3.1. Macro-Família Eixo

A entrada de dados para a construção da macro-família eixo são constituídas pelos seguintes parâmetros:

- a) Número de escalonamentos (volumes cilíndricos ou cônicos) do eixo;
- b) Diâmetro e comprimento para cada escalonamento;
- c) Tolerância Dimensional e acabamento superficial para cada escalonamento;
- d) Entrada de chanfros e raios de concordância para cada escalonamento;
- e) Entrada dos elementos de forma e seus parâmetros (apenas chanfros, raios, chavetas e furos para essa fase do projeto) para cada escalonamento.

O diagrama estruturado de desenho automático relaciona de modo hierárquico uma estrutura de dados para a construção de uma dada peça mecânica. A estrutura hierárquica adotada para a construção do desenho é:

- a) Nível 1: OBJETO;
- b) Nível 2 :ELEMENTO FUNDAMENTAL (Cilindro), e MATERIAL;
- c) Nível 3 : ELEMENTOS DE FORMA DO ELEMENTO FUNDAMENTAL.

O diagrama mostrado na figura 3.5, apresenta a estrutura de dados para construção do desenho de um eixo, onde temos o nome do objeto (eixo) no nível 1 da estrutura de dados, no nível 2 temos dois (2) itens: o elemento fundamental (cilindro) e o material do elemento fundamental, e no nível 3, temos os elementos de forma que podem ou não estar presente no elemento fundamental (rascos para chavetas, roscas, furos, etc.).

Pode-se ver na figura 3.5 que os elementos de forma que estão no nível 3 da estrutura de dados vinculados ao elemento fundamental no nível 2, podem apresentar uma estrutura de dados igual a de um objeto que está no nível 1 da estrutura de dados, repetindo a definição de hierarquia de dados, podendo gerar uma ramificação mais profunda com a mesma estrutura de dados, associado ao elemento de forma no nível 2 da estrutura de dados, como é o caso de um eixo com uma engrenagem solidária.

Esse modelo hierárquico também foi adotado para construir o diagrama estruturado de desenho de engrenagens.

O diagrama estruturado de desenho automático de eixos é mostrado na figura 3.5.

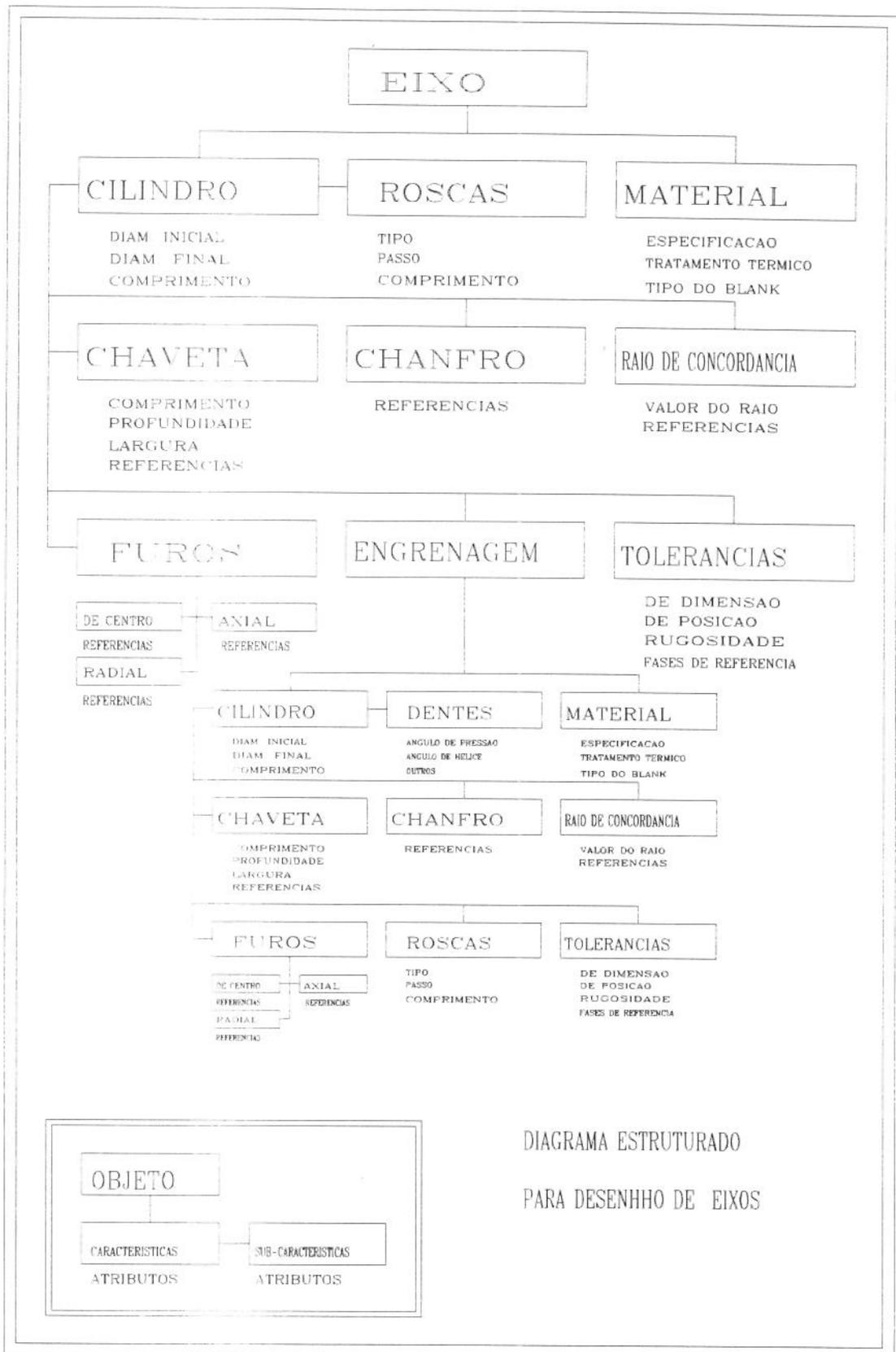


Figura 3.5. - Diagrama Estruturado para desenho automático de eixos

3.3.2. Macro-Família Engrenagem

A entrada de dados para a construção da macro-família engrenagem são contituídas pelos seguintes parâmetros:

- a) Número de Dentes;
- b) Módulo;
- c) Tolerância Dimensional e acabamento superficial;
- d) Entrada dos elementos de forma e seus parâmetros (apenas chavetas e furos para essa fase do projeto).

O diagrama da figura 3.6 mostra que no nível 1 da estrutura de dados temos o nome do objeto, (engrenagem), no nível 2 temos dois (2) itens: elemento fundamental (cilindro) e o material do elemento fundamental, e no nível 3 temos os elementos de forma que podem ou não estar presente no elemento fundamental (rasgos para chavetas, roscas, furos, etc.).

Para esse diagrama não há elementos de forma que sejam objetos como na caso anterior de uma engrenagem solidária ao eixo.

O diagrama estruturado de desenho automático de engrenagens é mostrado na figura 3.6.

O diagrama estruturado de desenho serviu de base para a elaboração dos fluxogramas dos programas em AutoLisp para o desenho automático tanto dos eixos como das engrenagens. Como exemplo, o desenho do corte transversal característico de uma engrenagem é apresentado na figura 3.7 e suas possíveis variações, dependendo dos valores dos parâmetros solicitados como entrada, na figura 3.8.

As sub-famílias da mesma macro-família usam o mesmo diagrama estruturado de desenho representativo da macro-família. As rotinas contidas dentro do programa de desenho automático mudam conforme as características geométricas da peça.

Por exemplo, para desenhar um corte transversal de engrenagem como os mostrados na figura 3.7, são utilizadas duas rotinas distintas, uma para desenhar a parte hachurada de baixo e outra para desenhar a parte hachurada de cima.



Figura 3.6. - Diagrama Estruturado para desenho Automático de Engrenagens

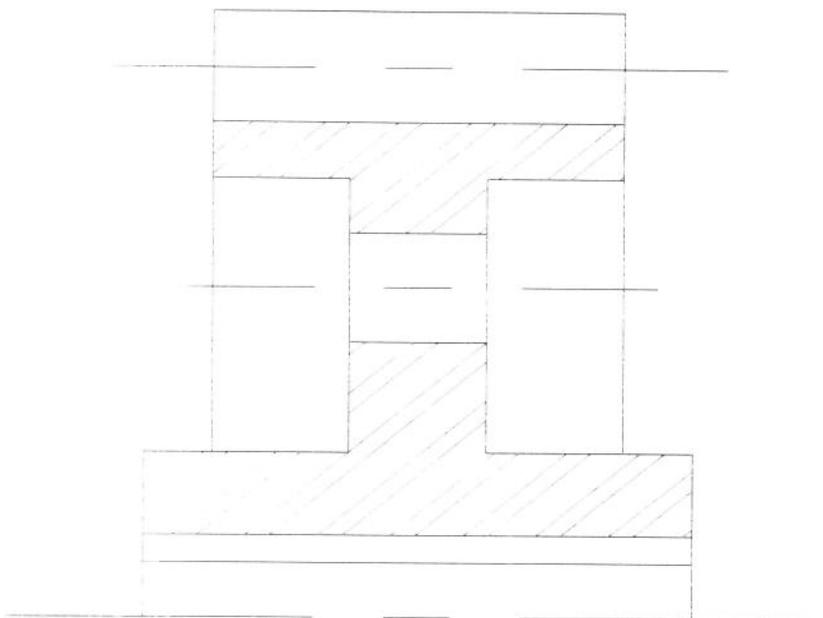


Figura 3.7. - Corte Transversal de uma Engrenagem com furo na alma e chaveta

É necessária a utilização de duas rotinas por haver uma característica geométrica que quebra o corte transversal da engrenagem em duas partes, um furo na alma da engrenagem. Numa engrenagem que não tenha um furo na alma, o desenho do corte transversal é realizado por uma rotina de desenho distinta das anteriores.

O sistema toma a decisão de escolher as rotinas para desenhar o corte transversal da engrenagem com base nas entradas de dados feitas pelo usuário. As rotinas que efetuam o desenho da vista frontal relativa ao corte transversal desenhado, também é escolhida com base nas entradas de dados feita pelo usuário.

A atividade de cotar as vistas desenhadas é realizada por dois (2) tipos de rotinas, no primeiro tipo, a rotina de cotação é incorporada a rotina de desenho do corte transversal ou vista frontal, no segundo tipo, a rotina de cotação é uma rotina isolada, e é chamada pela rotina de desenho de corte transversal ou vista frontal.

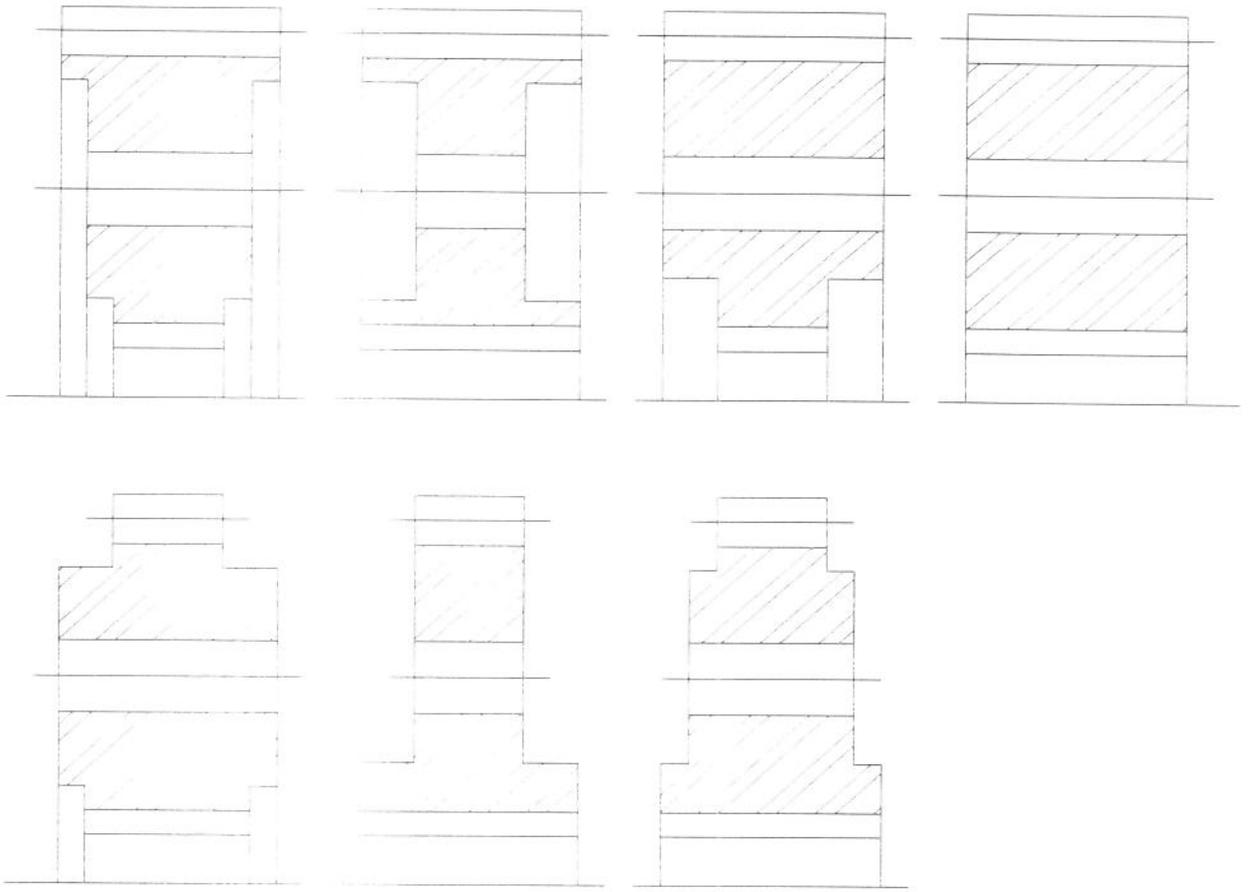


Figura 3.8. - Variações do corte transversal da engrenagem com furo na alma e chaveta

3.4. Suporte ao Roteiro de Fabricação Padrão

O planejador de processos necessita de informações que lhe possibilitem elaborar com a maior precisão e rapidez possível o roteiro de fabricação de qualquer peça que a sua empresa necessite fabricar. As suas ferramentas para elaboração do roteiro de fabricação são as informações contidas no desenho da peça a ser fabricada e as informações sobre as máquinas-ferramentas, dispositivos, ferramentas de corte disponíveis no seu departamento.

Informações sobre dimensões máximas, os elementos de forma externa e interna, e sobre o acabamento superficial, tolerâncias dimensionais, tolerâncias de forma e posição associados a esses elementos de forma, são fatores determinantes na escolha das máquinas-ferramenta, dispositivos, e ferramentas de corte no processo de fabricação.

Deste modo, os critérios escolhidos para formar os dígitos da cadeia numérica que estabelecerá o suporte ao planejamento de processos são os seguintes: Elementos de Forma e Intervalo de Diâmetros Internos, relativos às características geométricas e Material, Forma do Blank e Tratamento Térmico, relativos às características de processo de fabricação, além dos que serão citados no próximo parágrafo, e que caracterizarão os critérios de formação de *famílias de peças*.

3.5. Critérios para Formação de Famílias

O objetivo do Sistema de Classificação é a formação de *famílias de peças* pela aplicação de critérios que auxiliem o planejador de processos a elaborar roteiros de fabricação padrão para cada família formada.

A formação de *famílias de peças* não é nada além da aplicação de critérios de agrupamento que, associados, determinam um conjunto de peças com as mesmas características. O problema aqui é identificar os melhores critérios que possibilitem alcançar o objetivo desejado.

Dois (2) critérios relativos às características geométricas e dois (2) critérios relativos ao processo de fabricação foram escolhidos para refinar os dois citados acima. Os critérios sobre as características geométricas são intervalo de comprimentos máximo e intervalo de diâmetros externos máximo. Os critérios sobre características de processos são o intervalo de acabamento superficial e intervalo de tolerância dimensional.

A opção de dedicar dois (2) dígitos para identificar as famílias de peças deveu-se ao fato de não se poder identificar claramente um objeto elaborado num sistema CAD apenas pelas suas entidades geométricas armazenadas no seu banco de dados. O sistema não consegue aderir a uma entidade geométrica o significado que essa entidade tem para o projetista e nem identificar esse significado posteriormente.

Para ilustrar esse fato pode-se dar o seguinte exemplo: o sistema CAD desenha três retas consecutivas, uma vertical, uma inclinada, e a última horizontal num corte transversal. Para o projetista que desenhou essas três retas, o significado aderido às retas é que a reta inclinada representa um chanfro, para o sistema CAD, a mesma reta é apenas uma entidade geométrica definida por seus pontos inicial e final e esta num determinado "layer" do desenho.

A interpretação do conjunto de entidades geométricas que compõem um determinado objeto é feito apenas pelo cérebro humano. A interpretação é baseada na experiência de cada indivíduo acumulada durante toda sua vida. O significado de todos os fatos dos mais corriqueiros aos mais inusitados que atingem qualquer indivíduo é fruto da cultura, ensinamentos, convivência com outras pessoas, e acontecimentos marcantes que foram vividos por esse indivíduo ao longo da sua vida. Assim, duas pessoas podem avaliar o mesmo fato e chegar a conclusões diferentes.

Atualmente, tenta-se resolver o problema da identificação do significado do agrupamento das entidades geométricas, através de Sistemas Peritos ou Sistemas Especialistas, que empregam a técnica de inteligência artificial na resolução de problemas, porém ainda não existe um sistema que seja completo e que dê uma boa solução para o problema.

Para evitar que os indivíduos interpretem o mesmo fato diferentemente é necessário que sejam elaborados regras que tenham o mesmo significado para todos indivíduos. A esse conjunto de regras é dado o nome de convenção. A convenção é elaborada sempre pelos indivíduos representativos do grupo, e podem ser mudados de acordo com o crescimento do conhecimento adquirido ou conveniência por todo o conjunto de indivíduos pertencentes ao grupo.

Os dígitos 3 (intervalo de comprimentos máximo), 4 (intervalo de diâmetros externos máximo), 5 (intervalo de tolerância dimensional), e 6 (intervalo de acabamento superficial) foram escolhidos como características formadoras de famílias porque complementam e acuram as informações contidas nos dígitos um (1) e dois (2).

Os demais dígitos do código foram escolhidos porque contêm informações relativas ao processos de fabricação, e a partir delas é possível levantar as operações requeridas e sua seqüência na construção da peça.

O código é organizado de maneira mista, existe uma dependência entre o dígito um (1) e o dígito dois (2), macro-família e sub-família, e independência entre os demais dígitos da cadeia que designa a família de peças, (intervalo de comprimento máximo, intervalo de diâmetros externo máximo, tolerância dimensional, e acabamento superficial), o que permite estabelecer categorias de *sub-famílias* mais ou menos refinadas quanto a sua fabricação utilizando as mesmas gamas de comprimentos máximo e diâmetros externos máximo diferenciando-as apenas pela qualidade da acuracidade e acabamento superficial. A parte da cadeia que designa as informações de processos, mantêm a independência entre seus dígitos componentes.

As convenções, justificativas e detalhes para esse trabalho serão esclarecidas no decorrer desse capítulo.

3.6. Classificação das Famílias de Peças

Os próximos itens relatarão a classificação adotada para macro-famílias, sub-famílias, intervalos de comprimentos máximo, intervalo de diâmetros externos máximo, intervalo de tolerância dimensional, intervalo de acabamento superficial, elementos de forma, intervalo de diâmetros internos máximo, material, forma do blank, e tratamento térmico.

3.6.1. Macro-Famílias

O dígito 1 do código de peças estabelece uma gama de peças rotacionais como é mostrado na tabela 3.1:

Opção 0	Eixos e Fusos
Opção 1	Engrenagens
Opção 2	Polias
Opção 3	Buchas de Mancais
Opção 4	Pistões
Opção 5	Cilindros
Opção 6	Rolos e Colunas
Opção 7	Discos e Cames
Opção 8	Tampas

Tabela 3.1. - Classificação de Macro-Famílias

Para a classificação das macro-famílias tomou-se como base a nomenclatura usual de uma empresa fabricante de caixas de transmissões da região de Campinas, e na nomenclatura estabelecida pela literatura em geral.

A tabela 3.1 mostra o conteúdo do dígito um (1) correspondente aos tipos de macro-famílias contempladas pelo Sistema de Classificação e Codificação

3.6.2. Sub-Famílias

A cada macro - família corresponde uma gama de sub-família classificada da seguinte maneira como mostram as tabelas 3.2, 3.3, 3.4, e 3.5 :

	Eixos e Fusos	Engrenagens
Opção 0	LISO	CILÍNDRICA RETA
Opção 1	ESCALONADO	CILÍNDRICA HELICOIDAL
Opção 2	EIXO ÁRVORE	CILÍNDRICA SEM FIM
Opção 3	FUSO GUIA	CÔNICA RETA
Opção 4	EIXO COM ROSCA SEM FIM	CÔNICA HELICOIDAL
Opção 5	EIXOS EXCÊNTRICOS	HIPÓIDES
Opção 6	EIXOS MANIVELA	RODAS DENTADAS
Opção 7	EIXOS CAME	
Opção 8	EIXOS EM CRUZ	

Tabela 3.2. - Sub-Famílias de Eixos e Engrenagens

A tabela 3.2 mostra o conteúdo do dígito dois (2) correspondente a duas (2) sub-famílias: sub-família de eixos e sub-família de engrenagens.

	Polias	Buchas de Mancais	Pistões
Opção 0	UMA CORREIA	BUCHAS DE MANCAIS	CÂMARAS DE COMBUSTÃO
Opção 1	MULTIPLAS CORREIAS		BOMBAS HIDRAULICAS
Opção 2	ESCALONADAS		

Tabela 3.3. - Sub-Famílias Polias, Buchas de Mancais e Pistões

A tabela 3.3 mostra o conteúdo do dígito dois (2) correspondente as sub-famílias de Polias, Buchas de Mancais, e Pistões.

	Rolos e Colunas	Cilindros
Opção 0	ROLOS PARA LAMINADORES	CÂMARAS DE COMBUSTÃO
Opção 1	COLUNAS PARA FERRAMENTAS	BOMBAS HIDRAULICAS
Opção 2		BOMBAS PNEUMÁTICAS

Tabela 3.4. - Sub-Famílias Rolos e Cilindros

A tabela 3.4 mostra o conteúdo do dígito dois (2) correspondente as sub-famílias Rolos e Colunas e Cilindros.

	Discos e Cames	Tampas
Opção 0	DISCOS DIVISORES	TAMPAS
Opção 1	FLANGES	
Opção 2	CAME DE FLANCO	
Opção 3	CAME DE FACE	
Opção 4	CAME DE GAVETA	
Opção 5	CAME CILÍNDRICO DE RANHURA	
Opção 6	CAME CILÍNDRICO DE EXTREMIDADE	

Tabela 3.5. - Sub-Famílias Discos, Cames e Tampas

A tabela 3.5 mostra o conteúdo do dígito dois (2) correspondente as sub-famílias Discos, Cames e Tampas.

As classificações das *sub-famílias* de eixos, engrenagens, buchas de mancais, pistões, cilindros, foram obtidas na enciclopédia "O manual do engenheiro" - Hemus- Livraria Editora Ltda. 1979, as demais foram obtidas no livro "Desenho Técnico e Tecnologia Gráfica" - Thomas E. French e Charles J. Vierck - Editora Globo, 1985.

3.6.3. Intervalo de Comprimentos Máximo

O dígito 3 estabelece uma faixa de comprimentos máximo classificada da seguinte maneira como mostra a tabela 3.6 :

	Comprimento Máximo
Opção 0	ATÉ 500 mm
Opção 1	ENTRE 500 e 750 mm
Opção 2	ENTRE 750 e 1000 mm
Opção 3	ACIMA de 1000 mm

Tabela 3.6. - Intervalo de Comprimentos Máximo

A tabela 3.6 contempla o intervalo de comprimentos máximo das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto, dispondo de quatro (4) posições preenchidas no momento. As demais posições estão livres para serem preenchidas pelo usuário com o intuito de aumentar a gama de intervalos possíveis.

Esses valores foram estabelecidos com base na capacidade de carregamento de tornos mecânicos de um fabricante da região de Campinas.

3.6.4. Intervalo de Diâmetros Externos Máximo

O dígito 4 estabelece para grupo de *sub-famílias* um intervalo de diâmetros externos máximo classificada da seguinte maneira como mostra a tabela 3.7 :

	Diâmetros Externos Máximo
Opção 0	ATÉ 200 mm
Opção 1	ENTRE 200 e 305 mm
Opção 2	ENTRE 305 e 560 mm
Opção 3	ENTRE 560 e 850 mm
Opção 4	ACIMA de 850 mm

Tabela 3.7. - Intervalo de Diâmetros Externos Máximo

A tabela 3.7 contempla o intervalo de diâmetros externos máximo das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto, dispondo de cinco (5) posições preenchidas no momento. As demais posições estão livres para serem preenchidas pelo usuário com o intuito de aumentar a gama de intervalos possíveis.

Esses valores foram estabelecidos com base na capacidade de carregamento de tornos mecânicos de um fabricante da região de Campinas.

3.6.5. Intervalo de Tolerâncias Dimensionais

O dígito 5 estabelece para a *sub-famílias* uma gama de tolerâncias dimensionais classificada da seguinte maneira como mostra a tabela 3.8 :

	Tolerância Dimensional
Opção 0	QUALIDADE IT igual ou acima de IT 12
Opção 1	QUALIDADE IT igual a IT 11
Opção 2	QUALIDADE IT igual a IT 10
Opção 3	QUALIDADE IT igual a IT 9

Opção 4	QUALIDADE IT igual a IT 8
Opção 5	QUALIDADE IT igual a IT 7
Opção 6	QUALIDADE IT igual a IT 6
Opção 7	QUALIDADE IT igual a IT 5
Opção 8	QUALIDADE IT igual ou superior a IT 4

Tabela 3.8. - Intervalo de Tolerâncias Dimensionais

A tabela 3.8 contempla o intervalo de tolerâncias dimensionais das peças de rotação adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto, dispondo de nove (9) posições preenchidas. Esses valores foram escolhidos com base nas tolerâncias fundamentais para qualidade ISO DIN 7151.

3.6.6. Intervalo de Acabamento Superficial

O dígito 6 estabelece para as *sub-famílias* uma gama de acabamento superficial classificada da seguinte maneira com mostra a tabela 3.9 :

	Acabamento Superficial
Opção 0	RUGOSIDADE SUPERFICIAL SUPERIOR A 1.6 microns (Ra)
Opção 1	RUGOSIDADE SUPERFICIAL INFERIOR A 1.6 microns (Ra)

Tabela 3.9. - Intervalo de Acabamento Superficial

Essa faixa de intervalos de acabamento superficial foi escolhida com base na capacidade de obtenção dessas qualidades de acabamento pelos processos de usinagem nas diversas máquinas-ferramenta. Dessa maneira, na faixa 0 são incluídos os processos de serramento, furação, fresamento, brochamento, trepanação, e torneamento; [Hemus 79] na faixa 1 são incluídos os processos de retífica, polimento, lapidação, e super-acabamento. Para esse trabalho julga-se que essas faixas de intervalos sejam suficientes para alcançar o objetivo proposto, para uma aplicação prática novos intervalos podem ser inseridos na tabela para ampliar a gama de intervalos disponíveis, conforme as necessidades do usuário.

3.6.7. Elementos de Forma

O dígito 7 estabelece uma combinação de elementos de forma tais como chanfros, raios para arredondamento, rasgos para chavetas, furos de centro, furos axiais, furos radiais, roscas,

elemento cilíndrico, elemento cônico, e dentes de engrenagens, que estarão presentes nas peças de revolução para as *sub-famílias* de eixos lisos, eixos escalonados, eixos árvore, engrenagens cilíndricas reta e engrenagens cilíndricas helicoidais. As demais *sub-famílias* não foram estudadas nesse trabalho. A tabela 3.10 mostra a combinação dos elementos de forma para as sub-famílias estudadas.

	Elementos de Forma
Opção 0	CILÍNDRICO
Opção 1	CILÍNDRICO/ROSCA
Opção 2	CILÍNDRICO/CHAVETA
Opção 3	CILÍNDRICO/DENTE
Opção 4	CILÍNDRICO/DENTE/CHAVETA
Opção 5	CILÍNDRICO/DENTE/CHAVETA/FURO
Opção 6	CILÍNDRICO/DENTE/CHAVETA/ROSCA
Opção 7	CILÍNDRICO/DENTE/CHAVETA/FURO/ROSCA/CHANFRO
Opção 8	CILÍNDRICO/DENTE/CHAVETA/FURO/ROSCA/CÔNICO
Opção 9	CILÍNDRICO/DENTE/CHAVETA/FURO/ROSCA/CÔNICO/CHANFRO

Tabela 3.10. - Elementos de Forma

A tabela 3.10 contempla os elementos de forma das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto.

As combinações eleitas nesse trabalho podem ser mudadas, incluídas ou excluídas da tabela conforme as necessidades do usuário.

3.6.8. Intervalo de Diâmetros Internos Máximo

O dígito 8 estabelece para grupo de *sub-famílias* uma faixa de diâmetros internos máximo classificada da seguinte maneira como mostra a tabela 3.11:

	Diâmetros Internos Máximo
Opção 0	SEM DIÂMETRO INTERNO
Opção 1	ENTRE 1 e 200 mm
Opção 2	ENTRE 200 e 305 mm
Opção 3	ENTRE 305 e 560 mm
Opção 4	ENTRE 560 e 850 mm
Opção 5	ACIMA de 850 mm

Tabela 3.11. - Intervalo de Diâmetros Internos Máximo

A tabela 3.11 contempla o intervalo de diâmetros internos máximo das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto, dispondo de cinco (5) posições preenchidas no momento. As demais posições estão livres para serem preenchidas pelo usuário com o intuito de aumentar a gama de intervalos possíveis.

Esses valores foram estabelecidos com base na capacidade de carregamento de tornos mecânicos de um fabricante da região de Campinas.

3.6.9. Materiais

O dígito 9 estabelece para o grupo de *sub-famílias* uma gama de materiais classificados da seguinte maneira como mostra a tabela 3.12:

	Materiais
Opção 0	AÇOS E FERROS PARA FUNDIÇÃO
Opção 1	AÇOS CARBONO
Opção 2	AÇOS BAIXA LIGA
Opção 3	AÇOS INOX
Opção 4	OUTROS AÇOS
Opção 5	COBRE E SUAS LIGAS
Opção 6	ALUMÍNIO E SUAS LIGAS
Opção 7	METAIS LEVES
Opção 8	PLASTICOS
Opção 9	OUTROS

Tabela 3.12. - Materiais

A tabela 3.12 contempla os materiais das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto,

3.6.10. Forma do Blank

O dígito 10 estabelece para o grupo de *sub-famílias* uma gama de formas do blank classificados da seguinte maneira como mostra a tabela 3.13 :

	Forma do Blank
Opção 0	BARRAS REDONDAS
Opção 1	BARRAS QUADRADAS
Opção 2	BARRAS DE OUTRAS SECÇÕES
Opção 3	TUBOS
Opção 4	FORJADOS À FRIO
Opção 5	FORJADOS À QUENTE
Opção 6	SOLDADOS
Opção 7	PLACAS FINAS
Opção 8	PLACAS GROSSAS
Opção 9	OUTRAS

Tabela 3.13. - Forma do Blank

A tabela 3.13 contempla a do forma do blank das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto.

3.6.11. Tratamento Térmico

O dígito 11 estabelece para o grupo de *sub-famílias* uma gama de tratamentos térmicos classificados da seguinte maneira como mostra a tabela 3.14 :

	Tratamentos Térmicos
Opção 0	SEM TRATAMENTO TÉRMICO
Opção 1	RECOZIMENTO
Opção 2	NORMALIZAÇÃO
Opção 3	TEMPERA/REVENIDO
Opção 4	TEMPERA SUPERFICIAL
Opção 5	COALESIMENTO
Opção 6	CEMENTAÇÃO
Opção 7	NITRETAÇÃO
Opção 8	CIANETAÇÃO
Dígito 9	CARBO-NITRETAÇÃO

Tabela 3.14. - Tratamentos Térmicos

A tabela 3.14 contempla os tratamentos térmicos das peças de revolução adotados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto.

3.7. Interação entre o usuário e o sistema

As interações entre o Sistema de Classificação e Codificação e o usuário são feitas dentro do sistema CAD. O sistema CAD usado nesse trabalho é o AutoCad R.12 da Autodesk Inc.

O usuário entra no sistema CAD Autocad R.12 pelo teclado digitando o comando de acesso, geralmente, ACAD na linha de comando da estação.

Já dentro do Autocad o usuário tem duas (2) possibilidades de entrada no Sistema de Classificação e Codificação: a primeira é carregar o menu de comandos do Autocad que contenha as rotinas do Sistema de Classificação e Codificação; a segunda é carregar as rotinas do Sistema de Classificação e Codificação a partir da linha de comando do Autocad.

A figura 3.9 mostra uma tela que apresenta o *layout* do sistema CAD (AutoCAD R12), já com o Sistema de Classificação e Codificação instalado no Menu.

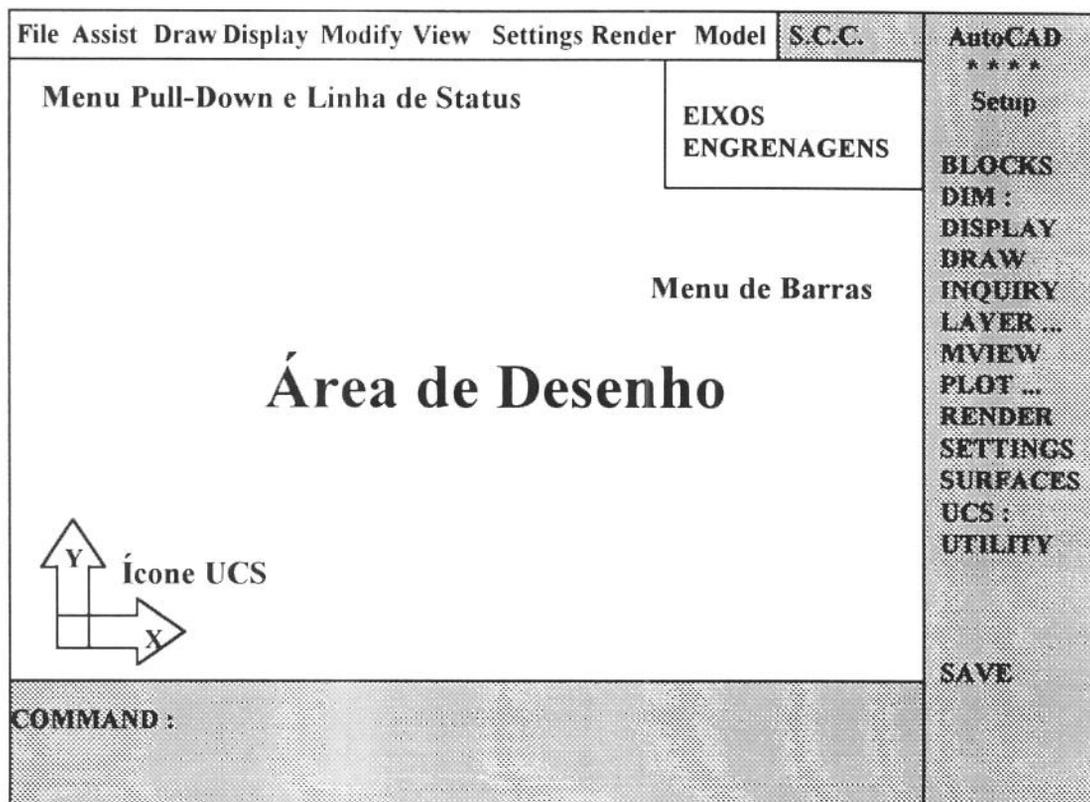


Figura 3.9 - Tela do Autocad com Sistema de Codificação e Classificação Carregado

O apêndice 3 traz mais informações sobre a instalação do Sistema de Classificação e Codificação no sistema CAD.

O processo interativo começa quando o usuário aciona um dos comandos sobre o menu pull-down na opção SCC (EIXOS ou ENGRENAGENS).

Nesse momento as rotinas do Sistema de Classificação e Codificação entram em ação e começam a questionar o usuário sobre a opção de desenho escolhida. Como exemplo apresentaremos o desenho de uma engrenagem.

Tanto para o desenhar engrenagens como para desenhar eixos, é estabelecido em primeiro lugar o nome do arquivo externo onde serão gravadas as informações pertinentes ao desenho em execução, com as seguintes perguntas:

- Voce quer alterar o nome do Arquivo Externo < b:\abr\desenho.txt> : <nao>

No caso negativo a rotina grava o nome mostrado e passa para próxima fase de perguntas, no caso afirmativo o Sistema realiza as seguintes perguntas:

- Voce quer alterar:

DIRETÓRIO < B:> < Opção 1>

SUB-DIRETÓRIO < ABR> < Opção 2>

NOME DO ARQUIVO <DESENHO> < Opção 3>

EXTENSÃO <.TXT> < Opção 4>

Feita a opção, o Sistema faz a seguinte pergunta:

- Voce quer alterar novamente ? < Opção padrão >

No caso afirmativo são apresentadas as mesmas perguntas feitas anteriormente para uma nova escolha, no caso negativo, a rotina grava o novo nome e passa para a próxima fase de perguntas, agora referentes exclusivamente a opção escolhida para desenho.

A figura 3.10 mostra o uma parte do diálogo da fase de escolha do nome do arquivo externo.

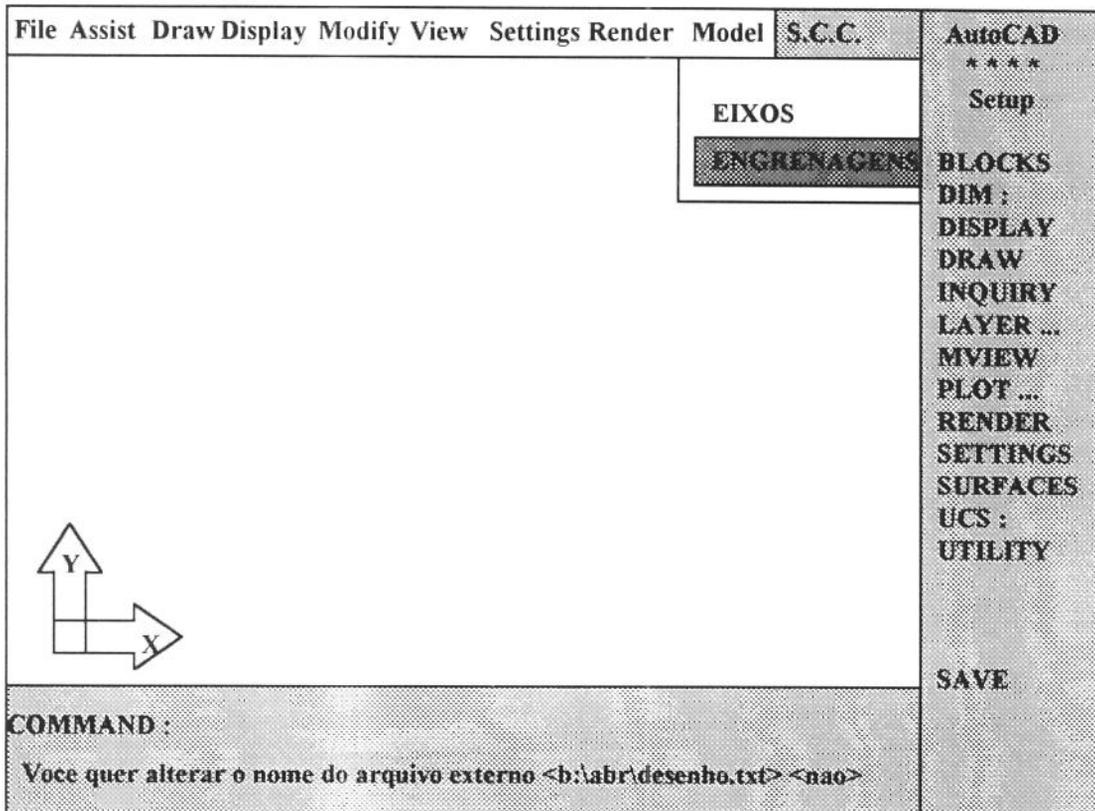


Figura 3.10 - Diálogo para alterar nome de arquivo externo

Para opção de desenho de uma engrenagem o Sistema efetua as seguintes perguntas :

- Entre com o módulo:
- Entre com o número de dentes:
- Entre com o angulo de pressão:
- Entre com o angulo de hélice:
- Entre com a relação de transmissão:
- Entre com a espessura da alma da engrenagem:
- Entre com a largura do dente:

- Entre com o diâmetro do furo para eixo:
- Entre com o diâmetro do cubo:
- O cubo tem rasgo para chaveta ?

No caso afirmativo, seguem as seguintes perguntas:

- Entre com a largura da chaveta:
- Entre com a profundidade da chaveta:
- Entre com a tolerância dimensional:
- Entre com o acabamento superficial:

Volta ao questionamento principal.

- Entre com o comprimento do cubo:
- Entre com diâmetro da corôa :
- A corôa têm furos para alívio de peso?. No caso afirmativo seguem as perguntas:
- Entre com o diâmetro do furo < valor máximo> :
- Entre com número de furos ? < valor padrão > :
- Entre com a tolerância dimensional:

Feitas as perguntas, o módulo Gráfico entra em ação e começa a realizar o desenho com base nos parâmetros passados pelo usuário.

A figura 3.11 mostra uma tela ilustrativa desta fase da interação entre o usuário e Sistema de Classificação e Codificação.

As próximas figuras ilustram a fase de desenho elaborado pelo Sistema de Classificação e Codificação.

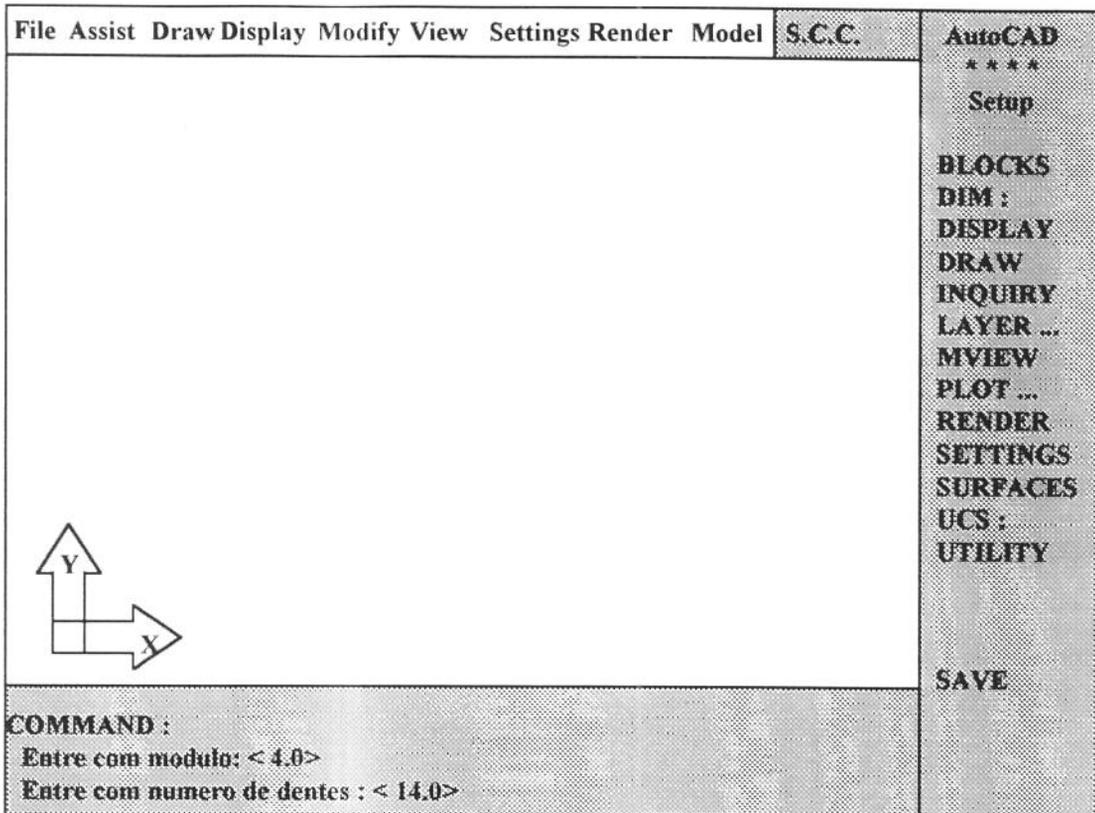


Figura 3.11 - Diálogo para entrada de dados da engrenagem

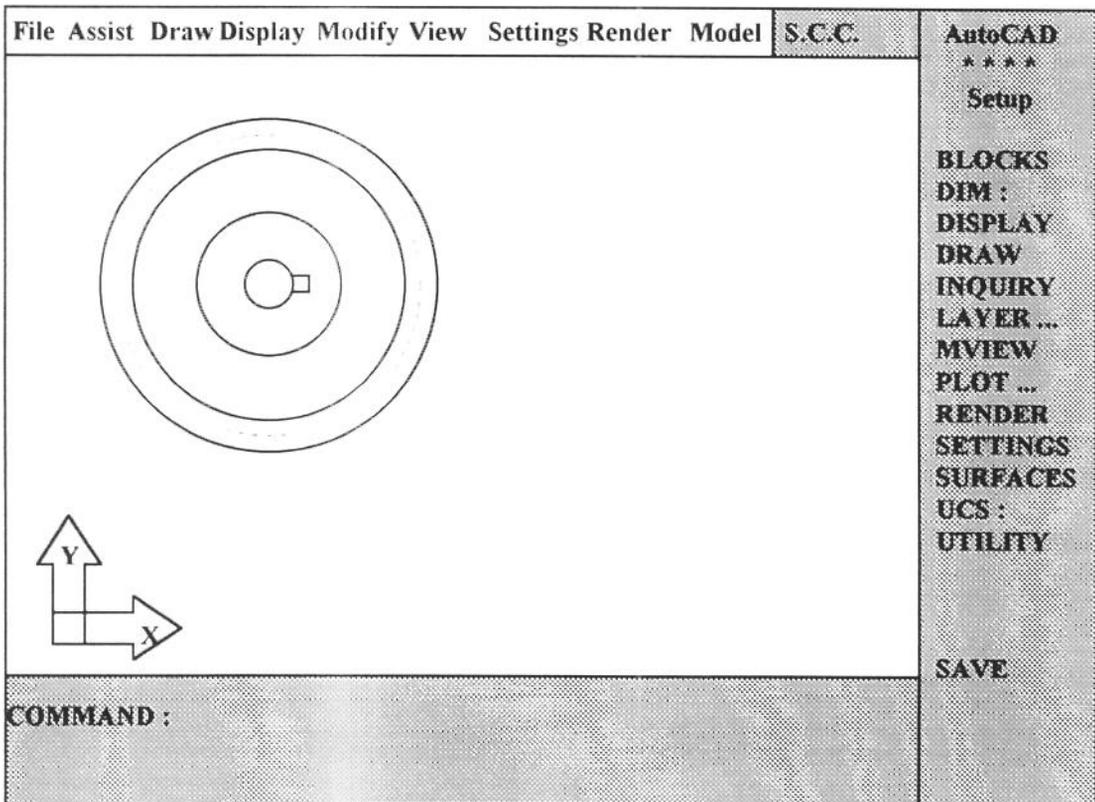


Figura 3.12 - Desenho da vista frontal da engrenagem.

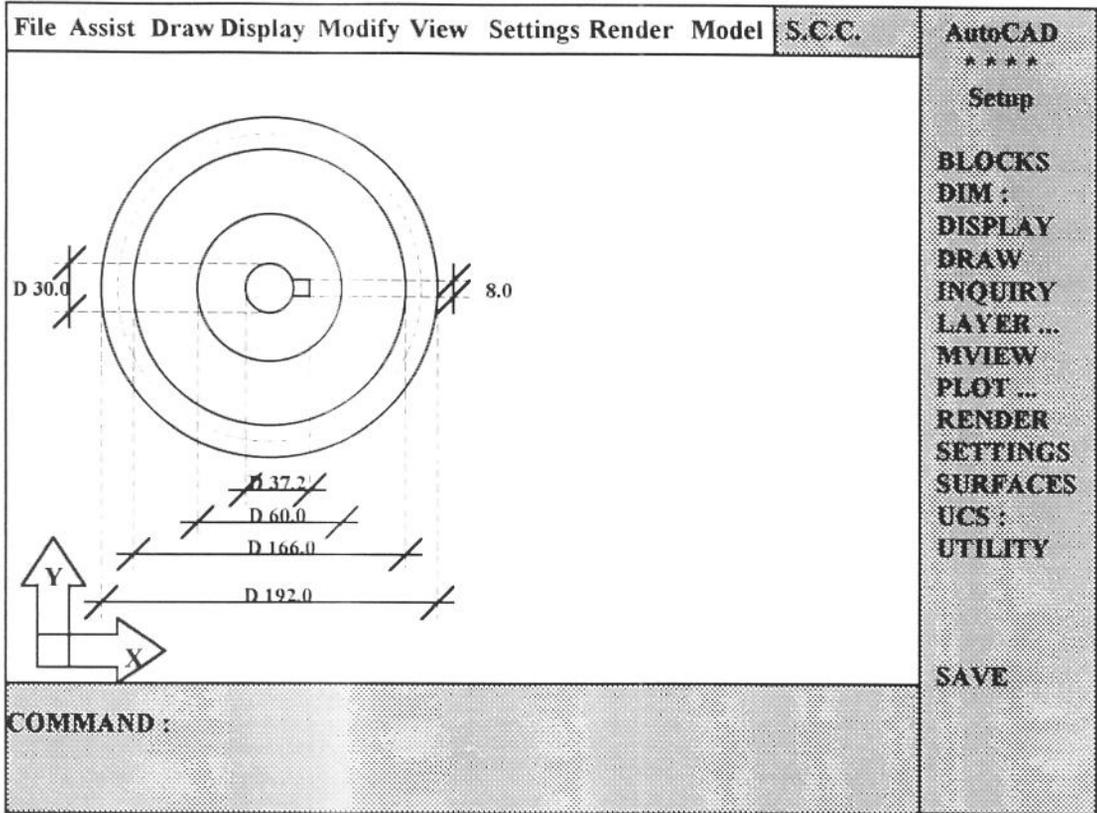


Figura 3.13 - Vista frontal com cotas

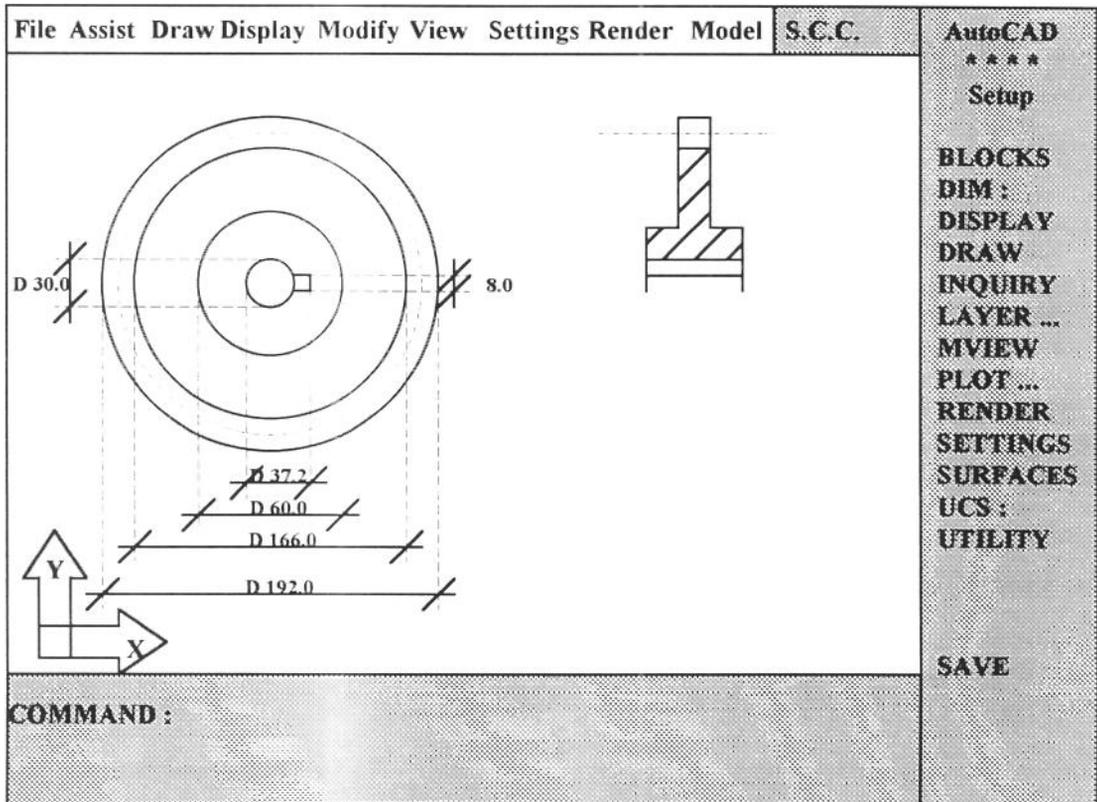


Figura 3.14 - Construção do Corte Transversal - Parte Superior

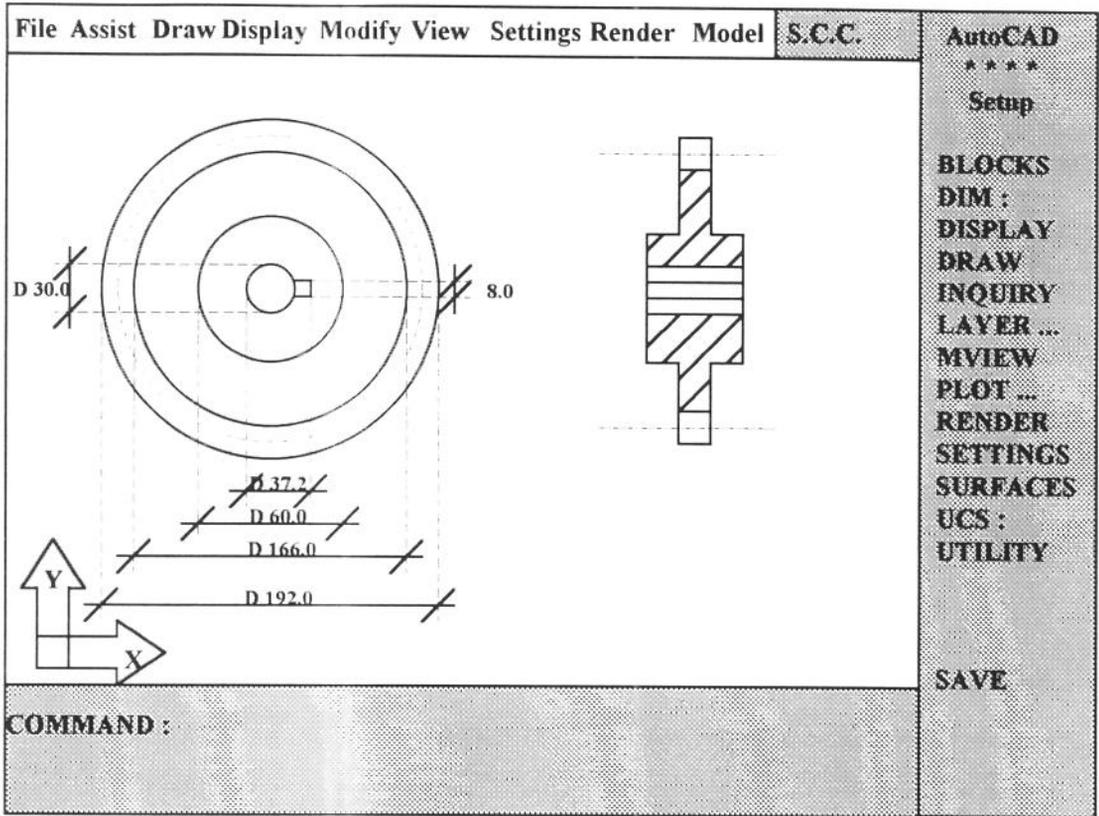


Figura 3.15 - Construção do Corte Transversal - Parte Inferior

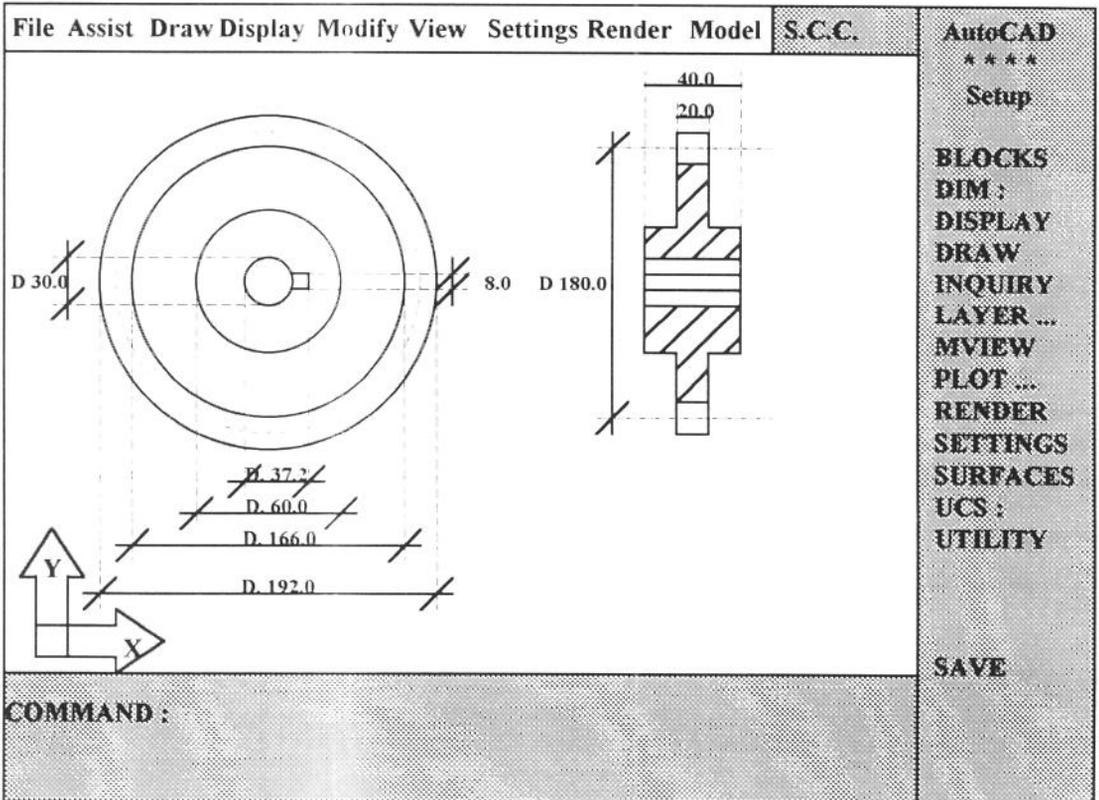


Figura 3.16 - Corte Transversal Cotado

ENTRE COM TRATAMENTO TERMICO:

[0] SEM TRATAMENTO TERMICO
 [1] RECOZIMENTO
 [2] NORMALIZACAO
 [3] TEMPERA / REVENIDO
 [4] TEMPERA SUPERFICIAL
 [5] COALESIMENTO
 [6] CEMENTACAO
 [7] NITRETACAO
 [8] CIANETACAO
 [9] CARBO-NITRETACAO

OPCAO :

COMMAND :

Figura 3.17 - Tela texto com informações de processo

File Assist Draw Display Modify View Settings Render Model		S.C.C.	AutoCAD **** Setup
		<p> Diâmetro Total: 180.0 mm Diâmetro Externo: 192.0 mm Diâmetro Interno: 166.0 mm Diâmetro Circulo Base: 149.147 mm Passo: 18.8496 mm Espessura de dente: 9.4248 mm Voz de dente: 9.4248 mm Altura da cabeça do dente: 6.0000 mm Altura do pé do dente: 6.9040 mm Folga do dente: 1.0000 mm Tratamento térmico: tempera / revenido Ferrus de blank: barra redonda Material: ABNT 8630 Código: 10005141203 </p>	BLOCKS DIM : DISPLAY DRAW INQUIRY LAYER ... MVIEW PLOT ... RENDER SETTINGS SURFACES UCS : UTILITY
COMMAND :			SAVE

Figura 3.18 - Desenho Completo com informações tecnológicas e código

A figura 3.12 ilustra a elaboração da vista frontal da engrenagem.

A figura 3.13 ilustra a vista frontal da engrenagem com as cotas estabelecidas pelo usuário.

A figura 3.14 ilustra a elaboração do corte transversal superior da engrenagem.

A figura 3.15 ilustra a elaboração do corte transversal inferior da engrenagem.

A figura 3.16 ilustra o corte transversal da engrenagem cotado.

A figura 3.17 ilustra uma tela tipo texto apresentada pelo sistema CAD onde são apresentadas as questões ao usuário referentes aos processos de fabricação da peça tais como o material, o tratamento térmico, e a forma do blank.

A figura 3.18 ilustra o desenho acabado com as informações de forma e de processos elaborado pelo Sistema de Classificação e Codificação.

3.8. Comentários

O Sistema de Classificação e Codificação proposto contempla características geométricas tais como forma, intervalo de comprimentos máximo, intervalo de diâmetros externos máximo, intervalo de diâmetros internos máximo, e de processos de fabricação tais como tolerância dimensional, acabamento superficial, tratamentos térmicos, e materias, apenas para peças de revolução. O código está dividido em duas (2) partes: a primeira parte, designando as características formadoras das macro-famílias e sub-famílias, e a segunda parte, designando características complementares das macro e sub famílias.

Os critérios adotados para a formação do código visam dar o suporte necessário ao planejador de processos para elaborar os roteiros padrão de fabricação para cada família de peças.

O sistema foi elaborado dentro de um esquema modular, que permite a inclusão de rotinas para a elaboração de desenhos de novas famílias de peças. O sistema é composto por um módulo Gerenciador, responsável pela administração dos demais módulos, um módulo

Gráfico, responsável pela elaboração de desenhos automaticamente, e um módulo de Codificação, responsável pela codificação das peças desenhadas no módulo Gráfico.

As informações sobre as características geométricas são armazenadas num arquivo de desenho com extensão .dwg característico do sistema CAD adotado, e as informações complementares de fabricação são armazenadas num arquivo texto tipo ASCII.

O Sistema de Classificação e Codificação foi elaborado num contexto acadêmico, não se levou em conta os problemas específicos de uma dada empresa. Esse Sistema de Classificação e Codificação necessita de adaptações realidade de uma empresa para ser adotado por ela.

O sistema efetua automaticamente a elaboração dos desenhos e sua codificação a partir da interação com o usuário através de questionamentos referentes a peça a ser desenhada pela tela texto do sistema CAD.

No próximo capítulo apresenta-se uma aplicação demonstrativa com os desenhos de peças para testes do sistema de codificação.

Capítulo 4 : Aplicação e Testes do Sistema Desenvolvido

4.1 Introdução

No capítulo anterior foi mostrada a estrutura do sistema nos seus detalhes. Nesse capítulo mostrar-se-á a sua aplicação e os testes feitos para verificar se o sistema atende as suas propostas iniciais.

Como já visto, o sistema destina-se a desenhar automaticamente peças de revolução e efetuar a sua codificação, também, automaticamente. Os testes para avaliar essa proposição serão mostrados nos próximos itens.

4.2. Escolha das Peças para Teste

Conforme a concepção do Sistema (já discutido), projetou-se peças rotacionais do tipo eixo e engrenagens. Esses projetos (desenhos) foram obtidos através de parametrização da sua forma, para obtenção da classificação, codificação e desenho de maneira automática pelo Sistema.

Os desenhos e arquivos texto com informações de processo, foram obtidos de maneira automática conforme explicação do item 3.7 do capítulo anterior.

i. Características do eixo escolhido - Para o eixo com as seguintes características básicas: quatro (4) escalonamentos; comprimento total : 300 mm; diâmetro externo máximo : 150 mm; raios de concordância : 5 mm; chanfros : 3 mm; e chaveta com comprimento: 80 mm; profundidade : 8 mm; largura : 8 mm tolerância de largura : 0.015 mm (IT7); feita por fresa de topo; com acabamento superficial máximo : 0.0025 mm (Ra); e

ii. **Características da engrenagem escolhida** - Para a engrenagem com as seguintes características básicas: número de dentes igual a 30, módulo : 5; largura de dente : 20 mm; espessura de alma : 10 mm; comprimento do cubo: 40 mm; diâmetro cubo : 60 mm; furo para eixo: 30 mm; tolerância do furo : 0.025 mm (IT7); chaveta com comprimento: 40 mm; profundidade: 8 mm; largura: 8 mm; tolerância da chaveta: 0.015 mm (IT7); acabamento superficial dos dentes: 0.0001 mm (Ra); serão mostrados no próximo ítem.

4.3. Codificação das Peças Escolhidas

Os desenhos das peças escolhidas para teste são mostradas nas figuras 4.1 e 4.2. Os arquivos textos gerados para cada um dos desenhos de teste são mostrados nas tabelas 4.1 e 4.2.

A figura 4.1 mostra um eixo com as características mencionadas no ítem 4.2. Em linhas gerais é mostrado um eixo com comprimento máximo de 400 mm, diâmetro externo máximo de 90 mm, e rasgos para chavetas.

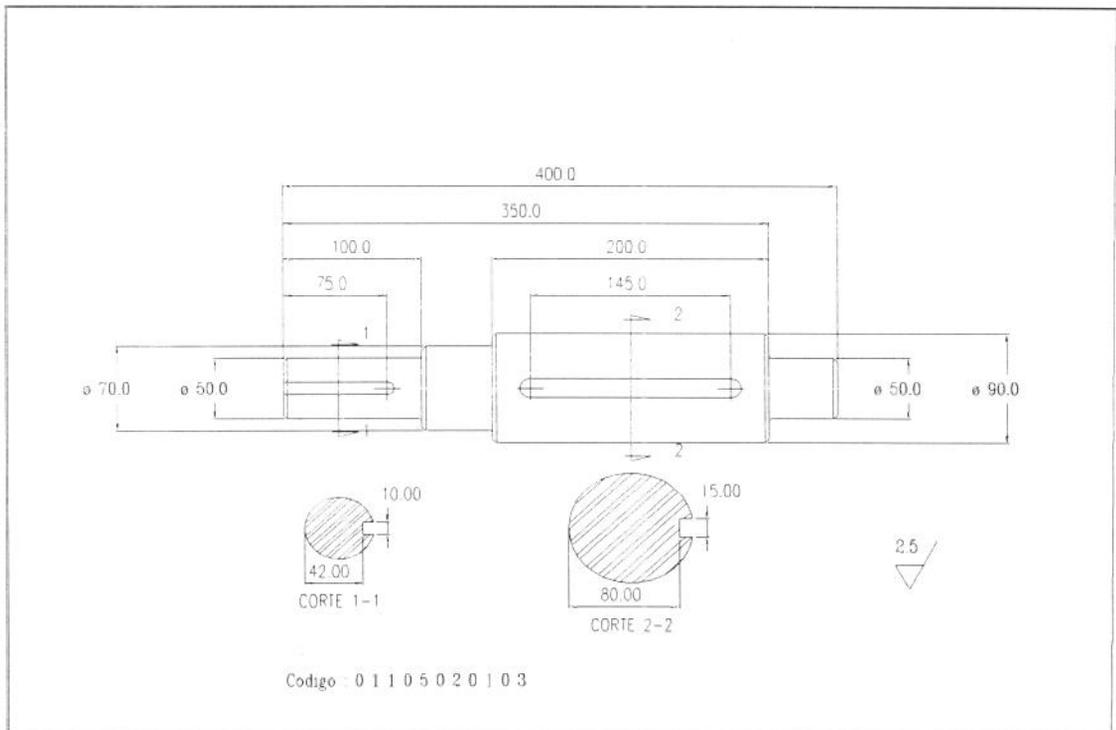


Figura 4.1 - Desenho de um Eixo para Testes

O código mostrado na figura é o seguinte :

Código: 0 1 1 0 5 0 2 0 1 0 3

O dígito 1 do código representa a macro-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 1 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.1, o que significa a macro-família de eixos e fusos.

O dígito 2 do código representa a sub-família da macro-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 2 está preenchido com a opção 1 da tabela 3.2, o que significa a sub-família de eixos escalonados.

O dígito 3 do código representa o intervalo de comprimento máximo da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 3 está preenchido com a opção 2 da tabela 3.6, o que significa intervalo de comprimentos máximo compreendido entre 305 e 560 mm.

O dígito 4 do código representa o intervalo de diâmetros externos máximo da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 4 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.7, o que significa intervalo de diâmetros externos máximo até 200 mm.

O dígito 5 do código representa a gama de tolerâncias dimensionais da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 5 está preenchido com a opção 5 da tabela 3.8, o que significa qualidade de tolerância dimensional mais precisa da peça igual a IT 7.

O dígito 6 do código representa a gama de acabamento superficial da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 6 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.9, o que significa que a qualidade de acabamento superficial mais precisa da peça é inferior a rugosidade média Ra 0,0016 mm.

O dígito 7 do código representa a combinação de elementos de forma da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 7 está preenchido com a opção 2 da tabela 3.10, o que significa que apenas elementos de forma cilíndricos e chavetas estão presentes na peça.

O dígito 8 do código representa o intervalo de diâmetros internos máximo da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 8 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.11, o que significa ausência de diâmetros interno máximo.

O dígito 9 do código representa o material de construção da sub-família a qual a peça pertence. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 9 está preenchido com a opção 1 da tabela 3.12, o que significa que o material de construção mecânica da peça é um aço carbono. A especificação do material está no arquivo texto gerado pelo sistema de classificação e codificação.

O dígito 10 do código representa a forma do blank da peça . No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 10 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.12, o que significa a forma do blank é cilíndrica para a peça.

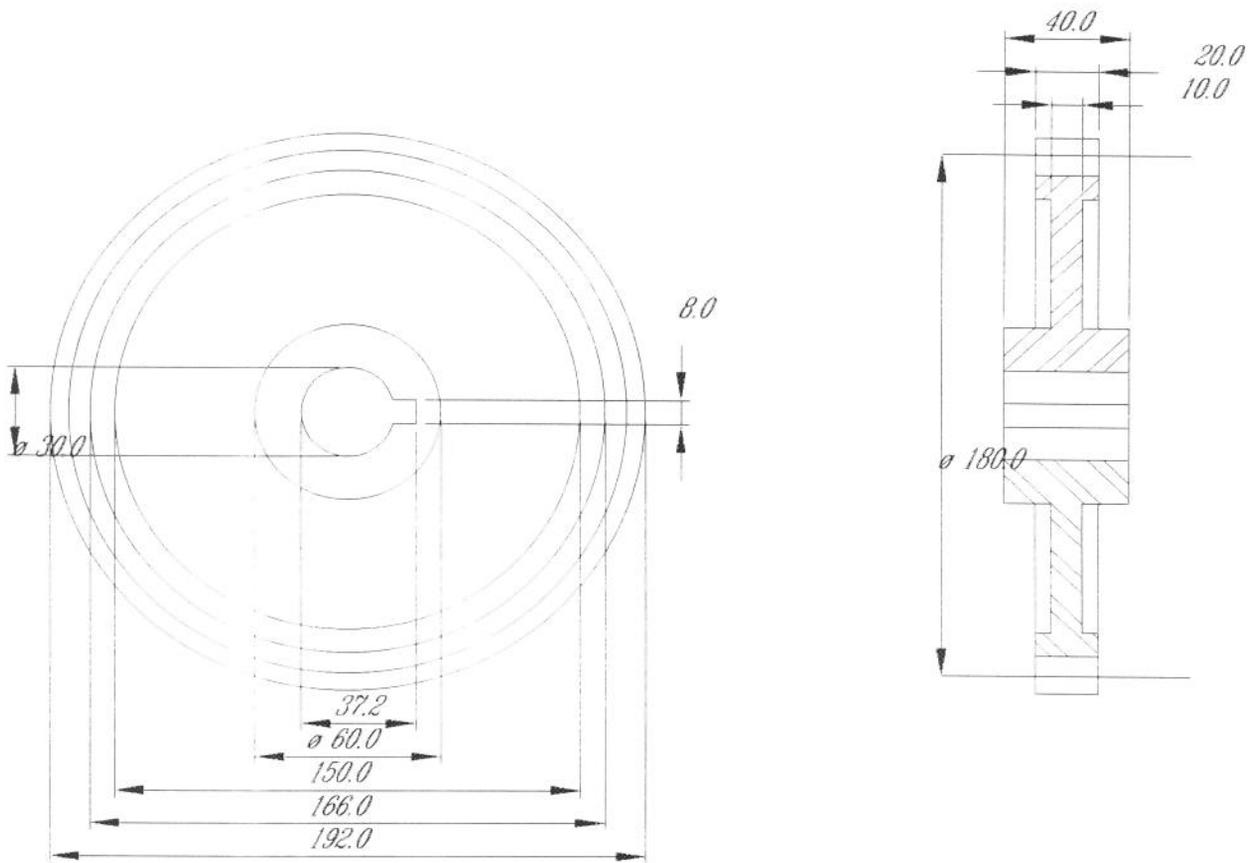
O dígito 11 do código representa o tratamento térmico que a peça receberá. No caso do eixo da figura 4.1, o dígito 11 está preenchido com a opção 3 da tabela 3.13, o que significa que a peça receberá como tratamento térmico uma tempera / revenido.

Início do Arquivo	diam.ext (mm)	tol.dim.(mm)	acab.sup	comp. (mm)	tol.dim.(mm)
diam <1> :	50	0.0020	2.50	100.0	0.0020
chaveta :	larg. : 10.00	prof. : 8.00	comp. : 80.00	acab. : 0.0020	tol. : 0.0020
diam <2> :	70	0.0020	2.50	50	0.0020
diam <3> :	90	0.0020	2.50	200	0.0020
chaveta :	larg. : 15.00	prof. : 10.00	comp.: 160.00	acab. : 0.0020	tol. : 0.0020
diam <4> :	50	0.0020	2.50	50	0.0020

Tabela 4.1 - Dados do Arquivo Externo para o desenho da figura 4.1

A tabela 4.1 mostra os dados relativos ao desenho da figura 4.1, onde coloca as características de fabricação (tolerâncias e acabamentos), associadas as formas geométricas (cilindros e rasgos para chavetas).

A figura 4.2 mostra uma engrenagem com as características mencionadas no item 4.2. Em linhas gerais é mostrada uma engrenagem com comprimento máximo de 40 mm, diâmetro externo máximo de 192 mm, e apresenta rasgos para chavetas.



DIAM.PRIMITIVO: 180.0000 mm
 DIAM.EXTERNO: 192.0000 mm
 DIAM.INTERNO: 166.0000 mm
 DIAM.CIRCULO BASE: 169.1447 mm
 PASSO: 18.8496 mm
 ESPESSURA DO DENTE: 9.4248 mm
 VAO DO DENTE: 9.4248 mm
 ALTURA DA CABECA DO DENTE: 6.0000 mm
 ALTURA DO PE DO DENTE: 6.9840 mm
 FOLGA DO DENTE: 1.0000 mm
 TRATAMENTO TERMICO : TEMPERA/REVENIDO
 FORMA DO BLANK DO MATERIAL : BARRA REDONDA
 MATERIAL : ABNT 8630
 CODIGO : 1 0 0 0 5 1 4 1 2 0 3

Figura 4.2 - Desenho de uma Engrenagem para Testes

O código mostrado na figura é o seguinte :

Código: 1 0 0 0 5 1 4 1 2 0 3

O dígito 1 do código representa a macro-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 1 está preenchido com a opção 1 da tabela 3.1, o que significa a macro-família de engrenagens.

O dígito 2 do código representa a sub-família da macro-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 2 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.2, o que significa a sub-família de engrenagens cilíndricas de dentes retos.

O dígito 3 do código representa o intervalo de comprimento máximo da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 3 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.6, o que significa intervalo de comprimentos máximo compreendido até 500 mm.

O dígito 4 do código representa o intervalo de diâmetros externos máximo da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 4 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.7, o que significa intervalo de diâmetros externos máximo até 200 mm.

O dígito 5 do código representa a gama de tolerâncias dimensionais da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 5 está preenchido com a opção 5 da tabela 3.8, o que significa qualidade de tolerância dimensional mais precisa da peça igual a IT 7.

O dígito 6 do código representa a gama de acabamento superficial da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 6 está preenchido com a opção 1 da tabela 3.9, o que significa que a qualidade de acabamento superficial mais precisa da peça é superior a rugosidade média Ra 0,0016 mm.

O dígito 7 do código representa a combinação de elementos de forma da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 7 está preenchido com a opção 4 da tabela 3.10, o que significa que apenas elementos de forma cilíndricos, dentes e chavetas estão presentes na peça.

O dígito 8 do código representa o intervalo de diâmetros internos máximo da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 8 está preenchido com a opção 1 da tabela 3.11, o que significa diâmetros interno máximo entre 1 e 200 mm.

O dígito 9 do código representa o material de construção da sub-família a qual a peça pertence. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 9 está preenchido com a opção 2 da tabela 3.12, o que significa que o material de construção mecânica da peça é um aço de baixa liga. A especificação do material está no arquivo texto gerado pelo sistema de classificação e codificação.

O dígito 10 do código representa a forma do blank da peça . No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 10 está preenchido com a opção 0 da tabela 3.12, o que significa que a forma do blank é cilíndrica para a peça.

O dígito 11 do código representa o tratamento térmico que a peça receberá. No caso da engrenagem da figura 4.2, o dígito 11 está preenchido com a opção 3 da tabela 3.13, o que significa que a peça receberá como tratamento térmico uma tempera / revenido.

A tabela 4.2 mostra os dados relativos ao desenho da figura 4.2, onde coloca as características de fabricação (tratamento térmico, forma do blank, material), associadas as formas geométricas (cilindros ,dentes, e rasgos para chavetas).

4.4. Formação das Famílias de Peças

Os dígitos 1, 2, 3, 4, 5, e 6 representam o "código de família " da peça da figura 4.1. A peça pertence a **família 0 1 1 0 5 0**, que apresenta as seguintes características : macro-família eixos e fusos; sub-família de eixos escalonados; comprimento máximo entre 305 e 560 mm; diâmetro externo máximo de até 200 mm; tolerância dimensional mais precisa IT7; acabamento superficial mais preciso com média de rugosidade Ra inferior a 0,0016 mm.

A engrenagem da figura 4.2. pertence a **família 1 0 0 0 5 1**, que apresenta as seguintes características : macro-família engrenagens; sub-família de engrenagens cilíndricas de dentes retos; comprimento máximo até 500 mm; diâmetro externo máximo de até 200 mm; tolerância dimensional mais precisa IT7; acabamento superficial mais preciso com média de rugosidade Ra superior a 0,0016 mm.

Início do Arquivo
MODULO : 6.0000
NUMERO DE DENTES: 30.0000
ANGULO DE PRESSÃO: 20.0000
ANGULO DE HELICE: 0.0000
RELACAO DE TRANSMISSÃO: 0.5000
ESPESSURA DA ALMA: 10.0000
LARGURA DO DENTE: 20.0000
DIAM.FURO P/ EIXO: 30.0000
DIAM.CUBO: 60.0000
COMPRIMENTO CUBO: 40.0000
COROA DA ENGRENAGEM: 150.0000
DIAM.PRIMITIVO: 180.0000
DIAM.EXTERNO: 192.0000
DIAM.INTERNO: 166.0000
DIAM.CIRCULO BASE: 169.1447
PASSO: 18.8496
ESPESSURA DO DENTE: 9.4248
VAO DO DENTE: 9.4248
ALTURA DA CABECA DO DENTE: 6.0000
ALTURA DO PE DO DENTE: 6.9840
FOLGA DO DENTE: 1.0000
TRATAMENTO TERMICO : TEMPERA/REVENIDO
FORMA DO BLANK DO MATERIAL : BARRA REDONDA
MATERIAL : ABNT 8630
CODIGO : 1 0 0 0 5 1 4 1 2 0 3

Tabela 4.2 - Dados do Arquivo Externo para o desenho da figura 4.2

A formação das famílias de peças dá-se pelos dígitos do "código de família", que determinam as características de uma dada família de peças. Toda peça que tiver os mesmos primeiros seis (6) dígitos da cadeia de codificação pertencem a mesma família de peças.

Os desenhos foram elaborados pelo Sistema de Classificação e Codificação e posteriormente analisados quanto as suas características geométricas (dimensões e elementos de formas) e características de processos (material, tratamento térmico, forma do blank).

A tabela 4.3 mostra uma relação de peças que pertencem a três (3) famílias de eixos.

Famílias de Peças	Código das peças da mesma família	
0 1 0 0 5 0	0 1 0 0 5 0 - 1 0 3 4 1 Peça A 0025	
	0 1 0 0 5 0 - 9 2 1 5 9 Peça A 0026	
	0 1 0 0 5 0 - 8 3 4 0 8 Peça A 0027	
	0 1 0 0 5 0 - 6 0 6 0 0 Peça A 0028	
	0 1 0 0 5 0 - 5 1 4 4 6 Peça A 0029	
	0 1 0 0 5 0 - 4 0 4 0 6 Peça A 0030	
	0 1 0 0 5 0 - 1 0 4 5 7 Peça A 0031	
	0 1 0 0 5 0 - 5 1 2 4 8 Peça A 0032	
	0 1 0 0 5 0 - 5 1 4 5 9 Peça A 0033	
	0 1 0 0 5 0 - 5 1 3 0 0 Peça A 0034	
	0 1 0 0 5 0 - 5 1 0 5 1 Peça A 0036	
	0 0 1 1 5 1	0 0 1 1 5 1 - 0 0 1 5 3 Peça A 0037
		0 0 1 1 5 1 - 0 0 1 4 1 Peça A 0038
0 0 1 1 5 1 - 0 0 2 5 2 Peça A 0039		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 3 4 3 Peça A 0040		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 4 5 4 Peça A 0041		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 5 0 0 Peça A 0042		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 6 0 0 Peça A 0043		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 7 0 0 Peça A 0044		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 8 0 0 Peça A 0045		
0 0 1 1 5 1 - 0 0 0 2 5 Peça A 0046		
0 2 2 2 5 1	0 2 2 2 5 1 - 1 0 0 0 0 Peça A 0047	
	0 2 2 2 5 1 - 2 0 1 0 1 Peça A 0048	
	0 2 2 2 5 1 - 3 0 0 9 2 Peça A 0049	
	0 2 2 2 5 1 - 4 0 2 5 8 Peça A 0050	
	0 2 2 2 5 1 - 5 1 4 0 1 Peça A 0051	
	0 2 2 2 5 1 - 6 0 8 0 0 Peça A 0052	
	0 2 2 2 5 1 - 7 1 2 4 6 Peça A 0053	
	0 2 2 2 5 1 - 8 2 3 4 7 Peça A 0054	
	0 2 2 2 5 1 - 9 2 0 5 3 Peça A 0055	
	0 2 2 2 5 1 - 5 1 1 5 3 Peça A 0056	

Tabela 4. 3 - Relação de peças da mesma família de eixos

A análise foi feita manualmente pelo usuário, comparando-se a codificação apresentada pelo Sistema de Classificação e Codificação para cada desenho elaborado com a codificação, obtida manualmente pelo usuário para os mesmos desenhos, com base nas características geométricas e de processos apresentadas no Sistema de Classificação e Codificação proposto.

A tabela 4.4 mostra uma relação de peças que pertencem a duas (2) famílias de engrenagens.

Famílias de Peças	Código das peças da mesma família	
110261	110261-41103 Peça B 0050	
	110261-51349 Peça B 0051	
	110261-61257 Peça B 0052	
	110261-71600 Peça B 0053	
	110261-41441 Peça B 0054	
	110261-51003 Peça B 0055	
	110261-61153 Peça B 0056	
	110261-71340 Peça B 0057	
	110261-71403 Peça B 0058	
	110261-81244 Peça B 0059	
	110261-51158 Peça B 0060	
	110261-71406 Peça B 0051	
	110261-61207 Peça B 0052	
	110261-81103 Peça B 0053	
	110261-51650 Peça B 0054	
	110261-51450 Peça B 0055	
	110261-61053 Peça B 0056	
	100151	100151-41104 Peça B 0057
		100151-51364 Peça B 0058
		100151-61102 Peça B 0059
100151-41202 Peça B 0060		
100151-71091 Peça B 0061		
100151-81144 Peça B 0062		
100151-41654 Peça B 0063		
100151-61204 Peça B 0064		
100151-71204 Peça B 0065		
100151-41093 Peça B 0066		
100151-51443 Peça B 0067		
100151-71500 Peça B 0068		
100151-91443 Peça B 0069		

Tabela 4.4 - Relação de peças da mesma família de engrenagens

Observou-se que a codificação obtida para cada desenho elaborado pelo Sistema de Classificação e Codificação coincidiu com a que foi obtida de forma manual pelo usuário conforme a representação dos códigos especificados pelo Sistema de Classificação e Codificação proposto.

Pode-se concluir da análise elaborada acima que o Sistema é capaz de formar famílias de peças como é proposto.

O Sistema não é dotado de rotinas que lhe permitam executar essa análise na presente fase do projeto.

4.5. Vantagens do Sistema

- O sistema desenvolvido permite a integração entre as atividades de projeto e de fabricação, sendo este fato importante para o ganho de produtividade na engenharia.

- Uma vantagem significativa do sistema de classificação e codificação é a garantia que uma peça codificada pelo sistema realmente pertence a família especificada, evitando os erros humanos de uma codificação manual, e redução de tempo na codificação automática.

Essa vantagem garante os dois objetivos propostos no item 1.3: o de auxiliar a formação de roteiros padrão de fabricação para as famílias formadas pelo sistema, e criar características de formação de famílias de peças.

- Outra vantagem significativa do sistema de classificação e codificação é a rapidez com que a interface gráfica trabalha. Ela realiza o mesmo desenho feito através do sistema Autocad de maneira manual em média doze (12) vezes mais rápido, dependendo da complexidade da peça. Para peças complexas, a tendência é o sistema ampliar essa média, em decorrência do processo manual ser mais demorado em função do aumento da complexidade do desenho. Essa rapidez é fruto do estudo feito para a criação dos diagramas estruturados de desenho, onde são levantadas todas as características geométricas da peça a ser desenhada e a forma de desenhá-las manualmente, para elaborar uma metodologia de desenho automática.

- O sistema é amigável e de fácil operação, funciona no ambiente AutoCad, permitindo maiores ganhos tanto ao nível de projeto como de suporte ao planejamento de processo.

4.6. Desvantagens do Sistema

Uma desvantagem que o sistema ainda não superou, é a impossibilidade atual de aproveitar desenhos já elaborados pelo sistema CAD. Essa dificuldade é devido ao processo manual de desenho, onde as entidades geométricas que compõe o desenho da peça, são alocadas dentro do banco de dados do sistema CAD aleatoriamente por não haver uma ordem determinada na maneira de desenhar dos projetistas, impossibilitando atualmente, o rastreamento das entidades geométricas dentro do banco de dados dos sistema CAD para dar um significado ao seu agrupamento. Essa dificuldade pode ser superada através da utilização da técnica de reconhecimento de formas (Part Featuare Recognition).[Rong 88]

Pelo mesmo motivo explicado no parágrafo acima um desenho feito pelo sistema não pode ser alterado depois de elaborado. É necessário fazer um novo desenho, utilizando o sistema com as alterações requeridas e codificá-lo.

Outra desvantagem atual do sistema é a impossibilidade de correção de erros de entrada de dados durante o processo de criação do desenho. Detectado o erro, deve-se dar início novamente aos procedimentos de desenho automático. Esse problema é amenizado pela alta velocidade de desenho da interface gráfica. Essa dificuldade pode ser resolvida, através de novas rotinas, que devem ser desenvolvidas pelo usuário.

A última desvantagem do sistema, é que ele ainda não oferece todas as possibilidades de desenho automático de todas as famílias de peças propostas. Essa desvantagem é temporária; é necessário elaborar os diagramas estruturados de desenho automático para as famílias não contempladas e implementar as rotinas de desenho na linguagem AutoLisp ou linguagem C.

4.7. Comentários

O sistema de classificação e codificação proposto permite o suporte necessário a formulação do roteiro padrão de fabricação para as famílias codificadas por ele, pela conjugação dos dados geométricos e de processos, e pela elaboração de critérios de formação de famílias de peças.

São codificadas atualmente, apenas as sub-famílias eixo liso, eixo escalonado e eixo árvore da macro-família de eixos e fusos, e as sub-famílias de engrenagens cilíndricas de dentes retos e engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais da macro-família engrenagens.

A alta rapidez da interface gráfica propicia um ganho de tempo significativo na fase de projeto da peça, possibilitando ao setor de manufatura um ganho de tempo, através das informações acuradas na figura dos roteiros padrão de fabricação, e pela melhoria da organização da engenharia, tornando melhor o planejamento das fases de fabricação.

No próximo capítulo será apresentada a conclusão do trabalho e propostas para trabalhos futuros.

Capítulo 5 : Conclusão e Propostas de Trabalhos Futuros

5.1. Conclusão

O desenvolvimento do Sistema e os testes realizados, tanto no projeto como na codificação e formação de famílias, permitem concluir:

- O Sistema desenvolvido, baseado no conceito de Tecnologia de Grupo, demonstrou o potencial para a integração das áreas de projeto e do planejamento do processo.

- Os critérios adotados de formação das famílias de peças, baseou-se em características geométricas (formas cilíndrica, cônica, rasgos de chavetas, furos, roscas, ...) e de processos de fabricação (tolerâncias dimensionais e geométricas, tratamento térmico, capacidade de máquinas-ferramenta, ...), tornando-o adequado à aplicação ao planejamento do processo.

- A formação de famílias de peças é automaticamente gerada pelo sistema, e atende ao objetivo de suportar a elaboração dos roteiros padrão de fabricação como proposto.

- A codificação das peças é automática e garante a pertinência da peça codificada à família designada através dos critérios de formação de famílias de peças adotado.

- O projeto de peças é mais rápido em decorrência do uso dos diagramas estruturados de desenho automático. Testes realizados comprovam que em média é doze (12) vezes mais rápido do que os desenhos feitos de forma tradicional no AutoCad.

- A codificação automática elimina os erros de codificação e aumenta a velocidade deste procedimento.

- O sistema é de fácil operação e amigável ao usuário.

5.2. Propostas de Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento realizado, propõem-se os seguintes trabalhos futuros:

- Adaptação do sistema de classificação e codificação proposto a realidade de uma empresa do setor metal-mecânico.
- Desenvolvimento de diagramas estruturados de desenho automático para todas macro-famílias de peças contempladas pelo sistema, e posterior implementação.
- Adaptação do sistema proposto ao sistema CAD Euclids IS.
- Formulação de um sistema de classificação e codificação para peças prismáticas.
- Apoiar, através do S.C.C. ampliado, a formulação de um sistema de planejamento de processos semi-generativo.
- Adaptação das ferramentas desenvolvidas nesse projeto às condições das indústrias de médio e pequeno porte.
- Desenvolvimento de um módulo, baseado no padrão de reconhecimento, para codificação e formação de famílias para peças anteriormente projetadas pelo sistema AutoCad.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Agostinho 89] Agostinho, O.L. et al. - "Processos de Fabricação e Planejamento do Processo". Apostila - DEF/FEM/UNICAMP, Campinas, 105p. , 1989.
- [Batocchio 87] Batocchio, A. - "Codificação interativa de peças u-sando computador e Tecnologia de Grupo". Dissertação de Mestrado, EESC/USP, São Carlos, 170p., 1987.
- [Bedworth 88] Rong-kwei Li; Bedworth,David - A framework for the integration of computer aided design and computer aided process planning - Computers Ind. Engng. Vol.14, No 4, pp 395 413, 1988
- [Burbidge 75] Burbidge, J.L. - "Introduction of Group Technology". Heinemann, London, 1975.
- [Burbidge 88] Burbidge,J.L. - "Planejamento e Controle da Produção".Editora Atlas S.A., 1988
- [Chang 84] Chang, T.C. e Wysk, R.A. - "Integrating CAD and CAM through automated process planning". International Journal of Production Research, vol. 22. n.5, p.877-894, 1984.
- [Chang 85] Chang, T.C. et al. - "An Introduction to Automated Process Planning Systems". Prentice-Hall, New Jersey, 229p., 1985.
- [Chu 87] Chu,Q.Q.;Yao,G.Q.;Zhao,R.J. - "A CAD/CAM System for Typical Component in Mechanical Structure Design" - Annals of the CIRP Vol.36/1/1987 - pag.61/64.
- [Davies 84] Davies, B.J. e Darbyshire, L. - "The Use of Expert Systems in Process Planning". Annals of the CIRP, vol.33/1, p.303-306, 1984.
- [El-Midany 81] El-Midany, T.T. e Davies, B.J. - "AUTOCAP : A Computer Aided Manufacturing System for Turning Components". Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 1, p.183-201, 1981.
- [Emerson 82] Emerson, C. e Ham, I.-"An Automated coding and Process Planning System Using a DEC PDP-10". Computer & Industrial Engineering, vol.6, No2, p.159-168, 1982.

- [Eskicioglu 83] Eskicioglu, H. e Davies, B.J. - "An Interactive Process Planning System for Prismatic Parts (ICAPP)". Annals of the CIRP, vol. 32/1/1983 - p.365-370.
- [Eversheim 82] Eversheim,W.;Ing,Dr.;Holz,B. - "Computer Aided Programming of NC-Machine Tools by Using the System AUTAP-NC" - Annals of the CIRP Vol.31/1/1982 - pag.323/327.
- [Eversheim 83] Eversheim, W. - "Automated Generation of Process Plans for Prismatic Parts". Annals of the CIRP, vol. 32/1/1983 - p. 361-364.
- [Feng 87] Feng,X.; Li,X. - "Intelligent CAD of Shafts, Sleeves,and Cylindrical Gears Using Micro Personal Computer" - Annals of the CIRP Vol. 36/1/1987 - pag.69/72.
- [French 85] - French, T.E. ; Vierck, C.J. - "Desenho Técnico e Tecnologia Gráfica" - Editora Globo, 1985.
- [Gallagher 73] Gallagher, C.C. et al. - "Group Technology". Butter-worth, 232p. , 1973.
- [Goetsch 88] Goetsch,D.L. - "Fundamentals of CIM technology" - Del-mar Publishers Inc., 1988.
- [Gonçalves 93] Gonçalves,E.V.Filho; Stahlberg, P.Filho - "Sistema de apoio à Padronização de Componentes Auxiliado por Computador Baseado em Tecnologia de Grupo". XII Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - vol.1 pag. 497- 500. 1993
- [Groover 80] Groover, M.P. - "Automation, Production Systems and Computer-Aided Manufacturing".Printice-Hall Inc., 601 p., 1980.
- [Groover 84] Groover,M.P., Zimmers,Jr.,E.W. - "CAD/CAM Computer aided design and manufacturing" - Printice Hall,New Jersey 1984.
- [Guo 88] Guo, G. e Le Maitre, F. -"A New Method of the Part Description for Automated Process Planning System a Bridge Between CAD and CAM". Annals of the CIRP, vol.37/1/1988 - p.451-454.

- [Ham 85] Ham, I. - Group Technology- Applications to Production Management. Kluwer- Nijhoff Publishing. 1985
- [Hemus 79] Vários - " O manual do Engenheiro "- Hemus - Livraria Editora Ltda 1979.
- [Hyde 81] Hyde, W.F. - "Improving Productivity by Classification, Coding, and Data Base Standardization - The Key to Maximizing CAD/CAM and Group Technology". Marcel Dekker INC./New York basel 1981.
- [Hyer 84] Hyer, N.L. Wemmerlov, U. - "Group Technology and Productivity" - Harvard Business Review July-August 1984.
- [Hyer 88] Hyer, N.L. e Wemmerlov, U. -" Assessing the Merits of Group Technology". Manufacturing Engineering, p.107-109, Aug. 1988.
- [Hyer 89] Hyer, N.L. Wemmerlov, U. - "Group Technology in the US manufacturing industry: a survey of current practices". International Journal of Production Research, vol.27, n.8, 1287-1304p., 1989.
- [Iwata 86] Iwata, K. e Fukuda, Y. - "Representation of Know-How and Its Application of Machining Reference Surface in Computer Aided Process Planning". Annals of the CIRP, vol. 35/1/1986 - p.321-324.
- [King 80] King, J.R. - "Machine-component grouping in production flow analysis : an approach using a rank order clustering algorithm" . International Journal of Production Research, vol.18, n.2, 213-232p., 1980.
- [Lin 88] Lin, L.; Bedworth, D. - "A semi-generative approach to computer aided process planning using group technology" - Computers Industrial Engineering, vol.14, n 2, 1988
- [Marion 86] Marion, D. , Rubinovich, J. e Ham, I. - "Developing A Group Technology Coding & Classification Scheme". Industrial Engineering, p. 90-97, Jul. 1986.
- [Milacic 87] Milacic, V.R. , Urosevic, M. , Veljovic, A. e al. - "SAPT - Expert System Based on Hybrid Concept of Group Technology". 19th International Seminar on Manufacturing Systems (CAPP) - CIRP, p.281-285, Jun. 1987.

- [Mutel 88] Mutel, B. - "Computer Aided Group Technology Inte-grated System". Annals of the CIRP, vol.37/1/1988 - p.425-428.
- [Omura 93] Omura,O. - "Dominando o AutoCAD Versão 12". Livros Técnicos e Científicos Editora,1993.
- [Pande 88] Pande,S.S.;Palsule,N.H. - "GCAPPS - a computer assisted generative process planning system for turned components" - Computer Aided Engineering Journal August 1988. - pag. 163/168.
- [Pande 90] Pande,S.S.;Prabhu,B.S. - "An Expert System for Automatic Extraction of Machining Features and Tooling Selection for Automats" - Computer Aided Engineering Journal August 1990 - pag.99/103.
- [Peklenik 82] Peklenik,J.;Grum,J - "Computer-Aided Design of the Part Spectrum Data Base and its Application to Design and Production" - Annals of the CIRP Vol.31/1/1982 - pag. 313/317.
- [Peklenik 89] Peklenik,J.;Sluga,A. - "Contribution to Development of a Generative CAPP-System Based on Manufacturing Process Topology" - Annals of the CIRP Vol. 38/1/1989 - pag. 407/412.
- [Peklenik 90] Peklenik,J.;Sekolonik,R. - "Development of the Part Spectrum Database for Computer Integrated Manufacturing Systems (CIMS)" - Annals of the CIRP Vol.39/1/1990 - pag.471/474.
- [Peklenik 91] Peklenik,J.;Logar,B. - "Feature-Based Part Database Design and Automatic Forming of Part Families for GT" - Annals of the CIRP Vol.40/1/1991 - pag.153/156.
- [Porto 90] Porto, A.J.V. - "Desenvolvimento de um método de integração do Planejamento do Processo de Fabricação e do Planejamento e Controle da Produção, baseado na Flexibilidade do Processo de Fabricação". Tese de Doutorado, EESC, USP,255 p., 1990.

- [Rajagopalan 75] Rajagopalan, R. et al. - "Design of cellular production systems : a graph-theoric approach" . International Journal of Production Research , vol.13, n.6, 567-579p., 1975.
- [Rembold 85] Rembold, U. et al. - "Computer-Integrated Manufacturing Technology and Systems" . Marcel Dekker , New York, 790p. , 1985.
- [Rocha 94] Rocha, M. - "Maioria das empresas muda organização". Caderno Dinheiro - Folha de São Paulo 24/03/94.
- [Rong 88] Rong-kwei li - A part feature recognition system for rotacional parts - IJPR, 1988 vol. 26, No0 pag 1451 1475
- [Scarpelli 91] Scarpelli, M. - "Planejamento de Processos de Fabricação: uma metodologia para peças rotacionais". Dissertação de Mestrado, EESC/USP, São Carlos, 172p., 1991.
- [Shaffer 86] Shaffer, G.H. - "Artificial Intelligence: a tool for smart manufacturing". American Machinist & Automated Manufacturing, p.84-94, 1986.
- [Shigley 77] Shigley, J.E. - "Mechanical Engineering Design" - McGraw Hill Book Company, New York, 1977 .
- [Shunk 85] Shunk, D.L. - "Group Technology Provides Organized Approach to Realizing Benefits of CIMs". Industrial Engineering, p.74-80, Apr. 1985.
- [Stauffer 79] Stauffer, R.N. - "The Rewards of Classification and Coding" - Manufacturing Engineering, May, 1979.
- [Teicholz 87] Teicholz, E.; Orr, J.N. - "Computer Integrated Manufacturing Handbook" - McGraw Hill Book Company, 1987.
- [Thomas 89] Thomas, R.M. - "Técnicas Avançadas em AutoCAD". Editora Ciência Moderna Ltda, 1989.

- [Van't Erve 86] Van't Erve, A.H e Kals, H.J.J. - "XPLANE , a Generative Computer Aided Process Planning System for Part Manufacturing". Annals of the CIRP, vol. 35/1/1986 - p.325-329.
- [Weill 82] Weill,R.;Spur,G.;Eversheim,W.; - "Survey of Computer Aided Process Planning Systems" - Annals of the CIRP Vol. 31/2/1982 - pag. 539/550.
- [Zhang 84] Zhang, S. e Gao, W.D. - "TOJICAP - A System of Computer Aided Process Planning System for Rotational Parts". Annals of the CIRP, vol. 33/1/1984 - p.299-301.

Apêndice 1

Esse apêndice traz cinco (5) arquivos externos de desenhos para teste referentes às tabelas 4.3 e 4.4.

Arquivo 1

Início de Arquivo

DIAM<1> :100.00/ 0.20/ 0.60 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<2> :200.00/ 0.20/ 1.60 COMP : 200.00/ 0.20
DIAM<3> :300.00/ 0.20/ 0.60 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<4> :200.00/ 0.20/ 1.60 COMP : 200.00/ 0.20
MATERIAL:ABNT 1020
FORMA DO BLANK:FORJADO A QUENTE
TRATAMENTO TERMICO: TEMPERA/REVENIDO
CODIGO:0 0 1 1 5 1 0 0 1 5 3 □

Arquivo 2

Início de Arquivo

DIAM<1> :100.00/ 0.20/ 2.50 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<2> :150.00/ 0.20/ 0.80 COMP : 250.00/ 0.20
rosca: comp: 250 M 150.0 ESQ
DIAM<3> :100.00/ 0.20/ 2.50 COMP : 100.00/ 0.20
MATERIAL:ABNT 220
FORMA DO BLANK:FORJADO A FRIO
TRATAMENTO TERMICO: RECOZIDO
CODIGO:0 1 0 0 5 1 1 0 3 4 1 □

Arquivo 3

Início de Arquivo

DIAM<1> :100.00/ 0.20/ 2.50 COMP : 200.00/ 0.20
DIAM<2> :200.00/ 0.20/ 1.60 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<3> :300.00/ 0.20/ 2.50 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<4> :400.00/ 0.20/ 0.60 COMP : 200.00/ 0.20
dente :
MODULO: 10.0000
NUMERO DE DENTES: 38.0000
ANGULO DE PRESSAO: 20.0000
ANGULO DE HELICE: 0.0000
RELACAO DE TRANSMICAO: 0.5000
ESPESSURA DA ALMA: 100.0000

LARGURA DO DENTE: 200.0000
DIAM.FURO P/ EIXO: 210.0000
DIAM.CUBO: 300.0000
COMPRIMENTO CUBO: 200.0000
COROA DA ENGRENAGEM: 346.6667
DIAM.PRIMITIVO: 380.0000
DIAM.EXTERNO: 400.0000
DIAM.INTERNO:356.6667
DIAM.CIRCULO BASE: 357.0832
PASSO: 31.4159
ESPESSURA DO DENTE: 15.7080
VAO DO DENTE: 15.7080
ALTURA DA CABECA DO DENTE: 10.0000
ALTURA DO PE DO DENTE: 11.6400
FOLGA DO DENTE: 1.6667
TRATAMENTO TERMICO : TEMPERA SUPERFICIAL
FORMA DO BLANK DO MATERIAL : BARRA REDONDA
MATERIAL : ABNT 1040
DIAM<5> :300.00/ 0.20/ 2.50 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<6> :200.00/ 0.20/ 1.60 COMP : 100.00/ 0.20
DIAM<7> :100.00/ 0.20/ 2.50 COMP : 100.00/ 0.20
MATERIAL:ACO P/ FUNDICAO
FORMA DO BLANK:OUTROS(FUNDIDO)
TRATAMENTO TERMICO: NORMALIACAO
CODIGO:0 2 2 2 5 1 3 0 0 9 2

Arquivo 4

Inicio do Arquivo

MODULO: 10.0000
NUMERO DE DENTES: 35.0000
ANGULO DE PRESSAO: 20.0000
ANGULO DE HELICE: 15.0000
RELACAO DE TRANSMICAO: 0.5000
ESPESSURA DA ALMA: 100.0000
LARGURA DO DENTE: 200.0000
DIAM.FURO P/ EIXO: 210.0000
DIAM.CUBO: 420.0000
COMPRIMENTO CUBO: 300.0000
DIAM.CUBO: 300.0000
COROA DA ENGRENAGEM: 10.0000
DIAM.PRIMITIVO: 350.0000
DIAM.EXTERNO: 370.0000
DIAM.INTERNO:326.6667
DIAM.CIRCULO BASE: 328.8924

PASSO: 31.4159
ESPESSURA DO DENTE: 15.7080
VAO DO DENTE: 15.7080
ALTURA DA CABECA DO DENTE: 10.0000
ALTURA DO PE DO DENTE: 11.6400
FOLGA DO DENTE: 1.6667
TRATAMENTO TERMICO : TEMPERA/REVENIDO
FORMA DO BLANK DO MATERIAL : BARRA REDONDA
MATERIAL : ABNT 1020
1 1 9 5 6 4 4 1 0 3

Arquivo 5

Inicio do Arquivo
MODULO: 10.0000
NUMERO DE DENTES: 38.0000
ANGULO DE PRESSAO: 20.0000
ANGULO DE HELICE: 0.0000
RELACAO DE TRANSMICAO: 0.5000
ESPESSURA DA ALMA: 100.0000
LARGURA DO DENTE: 200.0000
DIAM.FURO P/ EIXO: 210.0000
DIAM.CUBO: 300.0000
COMPRIMENTO CUBO: 200.0000
COROA DA ENGRENAGEM: 346.6667
DIAM.PRIMITIVO: 380.0000
DIAM.EXTERNNO: 400.0000
DIAM.INTERNO:356.6667
DIAM.CIRCULO BASE: 357.0832
PASSO: 31.4159
ESPESSURA DO DENTE: 15.7080
VAO DO DENTE: 15.7080
ALTURA DA CABECA DO DENTE: 10.0000
ALTURA DO PE DO DENTE: 11.6400
FOLGA DO DENTE: 1.6667
TRATAMENTO TERMICO : TEMPERA SUPERFICIAL
FORMA DO BLANK DO MATERIAL : BARRA REDONDA
MATERIAL : ABNT 1040

Apêndice 2

Esse apêndice traz as rotinas desenvolvidas na linguagem autolisp para desenho da macro-família de engrenagens.

```
(DEFUN ENGRENAGEM ()
***** varivel que determina tipo de peca rotacional
(SETQ CODA 1)
(SETQ LISO "S")
(DEFUN ARQ_EXT ()
(SETQ ARQ "b:\desenho.txt")
(SETQ ARQ (GETSTRING
(STRCAT"\n ENTRE COM O NOME DO ARQUIVO EXTERNO : < "
ARQ
" > : "); FIM STRCAT
);FIM GETREAL
);FIM SETQ
(IF (equal ARQ "")
      (SETQ ARQ "b:\desenho.txt")
); * FIM IF *
); * FIM DEFUN ARQ_EXT *
(ARQ_EXT)
(SETQ op (OPEN ARQ "w"))
(write-line " Inicio do Arquivo " op)
(CLOSE op)
***** modulo de entradas de parametros da engrenagem
(SETQ      DENTE "S")
(SETQ      MOD 4.0
          Z1 14.0
          ANG 20.0
          HEL 30.0
          R_T 0.50
          L_D 20.0
          F_E 20.0
          C_C 26.0
          ESP 20.0
); * fim setq *
***** funcao entrada diametro de alivio
(DEFUN ALIVIO ()
(DEFUN D_FURO ()
(SETQ FURO "S")
(SETQ d_fr (- (/ (- COROA DIA_CUBO) 2) 10))
(SETQ D1 (GETREAL
          (STRCAT"\n ENTRE COM A DIAMETRO DO FURO < "
(RTOS (- (/ (- COROA DIA_CUBO) 2) 10) 2 2) "<MAX.>"
          "> : " ); * fim strcat *
          ); *fim getreal *
); * fim setq *
```

```

); * fim defun d_furo *
(DEFUN NFURO ()
(SETQ N_FURO 2)
(SETQ C1 (GETINT
(STRCAT "\n ENTRE COM NUMERO DE FUROS ? : < " (ITOA N_FURO )
" > : "); * fim strcat *
); * fim getreal *
); * fim setq *
); * fim defun nfuro *
(NFURO)
(SETQ b1 c1)
(IF (= c1 NIL)
(SETQ B1 n_furo)
); * fim if *
(SETQ n_furo B1)
(SETQ STRB1 (ITOA B1))
(D_FURO)
(SETQ A1 d1)
(IF (= d1 NIL)
(SETQ A1 d_fr)
); * fim if *
(SETQ d_fr A1)
(SETQ STRA1 (RTOS A1 2 2))
(TOL_DIM)
(SETQ C X3)
(IF (= X3 NIL)
(SETQ C P_TOL)
); * fim if *
(SETQ P_TOL C)
(SETQ STRC (RTOS C 2 2))
(SETQ STRFUC (STRCAT "FURO:" " NF: " STRB1 " D: " STRA1 " TOL: " STRC))
(WRITE-LINE STRFUC OP)
); * fim defun alivio *
;***** funcao entrada parametros da chaveta
(DEFUN CHAVETA ()
(SETQ CHELE "S")
(DEFUN TOL_DIM ()
(SETQ P_TOL 0.05)
(SETQ X3 (GETREAL
(STRCAT "\n ENTRE COM A TOLERANCIA DIMENSIONAL < " (RTOS P_TOL 2 2)
" > : "); * fim strcat *
); * fim getreal *
); * fim setq *
); * fim defun tol_dim *
(DEFUN ACABAMENTO_SUP ()
(SETQ ACAB 2.5)
(SETQ X4 (GETREAL
(STRCAT "\n ENTRE COM O ACABAMENTO SUPERFICIAL < " (RTOS ACAB 2 2)
" > : "); * fim strcat *
); * fim getreal *
); * fim setq *
); * fim defun acabamento_sup *
(DEFUN LARGURA ()
(SETQ LARGUR 10.0)

```

```

(SETQ L1 (GETREAL
(STRCAT"\n ENTRE COM A LARGURA DA CHAVETA < " (RTOS LARGUR 2 2)
      "> : "); * fim strcat *
      ); * fim getreal *
); * fim setq *
); * fim defun largura *
(DEFUN PROFUNDIDADE ()
(SETQ PROFUN 10.0)
(SETQ P1 (GETREAL
      (STRCAT"\n ENTRE COM A PROFUNDIDADE DA CHAVETA < "
      (RTOS PROFUN 2 2)
      "> : "); * fim strcat *
      ); * fim getreal *
); * fim setq *
); * fim defun profundidade *
(LARGURA)
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
      (SETQ A1 LARGUR)
); * fim if *
(SETQ LARGUR A1)
(SETQ STRA1 (RTOS A1 2 2))
(ACABAMENTO_SUP)
(SETQ C1 X4)
(IF (= X4 NIL)
      (SETQ C1 ACAB)
); * fim if *
(SETQ ACAB C1)
(SETQ STRC1 (RTOS C1 2 2))
(PROFUNDIDADE)
(SETQ B1 P1)
(IF (= P1 NIL)
      (SETQ B1 PROFUN)
); * fim if *
(SETQ PROFUN B1)
(SETQ STRB1 (RTOS B1 2 2))
(SETQ STRCH (STRCAT "/L: " STRA1 "/P: " STRB1 "/A : " STRC1));
); * fim defun chaveta *
;***** funcao entrada do modulo da engrenagem
(DEFUN MODULO ()
(SETQ L1 (GETREAL
      (STRCAT "\n ENTRE COM O MODULO: < "
      (RTOS MOD 2 2)
      "> : "); * fim strcat *
      ); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
      (SETQ A1 MOD)
); * fim if *
(SETQ MOD A1)
(SETQ STRMOD (STRCAT "MODULO: " (RTOS MOD)))
(WRITE-LINE STRMOD OP)
); * fim defun modulo *

```

***** funcao entrada do numero de dentes da engrenagem

```
(DEFUN NDENTE ()  
(SETQ L1 (GETREAL  
  (STRCAT "\nENTRE COM NUMERO DE DENTES : < "  
  (RTOS Z1 2 2)  
  "> : "); * fim strcat *  
  ); * fim getreal *  
); * fim setq *  
(SETQ A1 L1)  
(IF (= L1 NIL)  
  (SETQ A1 Z1)  
); * fim if *  
(SETQ Z1 A1)  
(SETQ STRZ1 (STRCAT "NUMERO DE DENTES: " (RTOS Z1)))  
(WRITE-LINE STRZ1 OP)  
); * fim defun ndente *
```

***** funcao entrada do angulo de pressao da engrenagem

```
(DEFUN ANGPRS ()  
(SETQ L1 (GETREAL  
  (STRCAT "\nENTRE COM ANGULO DE PRESSAO : < "  
  (RTOS ANG 2 2)  
  "> : "); * fim strcat *  
  ); * fim getstring *  
); * fim setq *  
(SETQ A1 L1)  
(IF (= L1 NIL)  
  (SETQ A1 ANG)  
); * fim if *  
(SETQ ANG A1)  
(SETQ STRA_P (STRCAT "ANGULO DE PRESSAO: " (RTOS ANG)))  
(WRITE-LINE STRA_P OP)  
(SETQ ANGPRS (* PI (/ ANG 180.0)))  
); * fim defun angprs *
```

***** funcao entrada do angulo de HELICE da engrenagem

```
(DEFUN ANGHEL ()  
(SETQ L1 (GETREAL  
  (STRCAT "\nENTRE COM ANGULO DE HELICE : < "  
  (RTOS HEL 2 2)  
  "> : "); * fim strcat *  
  ); * fim getstring *  
); * fim setq *  
(SETQ A1 L1)  
(IF (= L1 NIL)  
  (SETQ A1 HEL)  
); * fim if *  
(SETQ HEL A1)  
(SETQ STRA_H (STRCAT "ANGULO DE HELICE: " (RTOS HEL)))  
(WRITE-LINE STRA_H OP)  
(SETQ ANGPRS (* PI (/ ANG 180.0)))  
(IF (= HEL 0.0) (SETQ CODB 0) (SETQ CODB 1))  
); * fim defun anghel *
```

***** funcao entrada do relacao de transmissao da engrenagem

```
(DEFUN RELTRS ()  
(SETQ L1 ( GETREAL
```

```

        (STRCAT "\nENTRE COM A RELACAO DE TRANSMISSAO : < "
        (RTOS R_T 2 2)
        "> : "); * fim strcat *
            ); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
    (SETQ A1 R_T)
); * fim if *
(SETQ R_T A1)
(SETQ STRR_T (STRCAT "RELACAO DE TRANSMICAO: " (RTOS R_T)))
(WRITE-LINE STRR_T OP)
); * fim defun rel_trs *
;***** funcao entrada da espessura da alma da engrenagem
(DEFUN ESPESS ()
(SETQ L1 ( GETREAL
    (STRCAT "\nENTRE COM A ESPESSURA DA ALMA DA ENGRENAGEM : < "
    (RTOS ESP 2 2)
    "> : "); * fim strcat *
        ); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
    (SETQ A1 ESP)
); * fim if *
(SETQ ESP A1)
(SETQ STRESP (STRCAT "ESPESSURA DA ALMA: " (RTOS ESP)))
(WRITE-LINE STRESP OP)
); * fim defun espess *
;***** funcao entrada da largura do dente da engrenagem
(DEFUN LARDNT ()
(DEFUN ACAB_SUP ()
(SETQ ACAB 2.5)
(SETQ X4 (GETREAL
(STRCAT "\n ENTRE COM O ACABAMENTO SUPERFICIAL PARA DENTES :< "
    (RTOS ACAB 2 2)
    "> : "); * fim strcat *
        ); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ C1 X4)
(IF (= X4 NIL)
    (SETQ C1 ACAB)
); * fim if *
(SETQ ACAB C1)
(SETQ STR_C1 (STRCAT "ACABAMENTO DO DENTE : " (RTOS C1 2 2)))
(WRITE-LINE STR_C1 OP)
(DT6)
); * fim defun acab_sup *
(SETQ L1 ( GETREAL
    (STRCAT "\nENTRE COM A LARGURA DO DENTE : < "
    (RTOS L_D 2 2)
    "> : "); * fim strcat *
        ); * fim getreal *
); * fim setq *

```

```

(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
      (SETQ A1 L_D)
); * fim if *
(SETQ L_D A1)
(SETQ STRL_D (STRCAT "LARGURA DO DENTE: " (RTOS L_D)))
(WRITE-LINE STRL_D OP)
(ACAB_SUP)
); * fim defun lardnt *
;***** funcao entrada do diametro do furo para eixo da engrenagem
(DEFUN F_EIXO ()
(SETQ FURO "S");
(SETQ L1 ( GETREAL
            (STRCAT "\nENTRE COM O DIAMETRO DO FURO P/ EIXO : < "
                    (RTOS F_E 2 2)
                    "> : " ); * fim strcat *
            ); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
      (SETQ A1 F_E)
); * fim if *
(SETQ F_E A1)
(SETQ STRF_E (STRCAT "DIAM.FURO P/ EIXO: " (RTOS F_E)))
(WRITE-LINE STRF_E OP)
); * fim defun f_eixo *
;***** funcao entrada do diametro do cubo da engrenagem
(DEFUN D_CUBO ()
(SETQ L1 ( GETREAL
            (STRCAT "\nENTRE COM O DIAMETRO DO CUBO : < "
                    (RTOS (* F_E 2) 2 2)
                    "> : " ); * fim strcat *
            ); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1);
(IF (= L1 NIL)
      (SETQ A1 (* F_E 2))
); * fim if *
(SETQ DIA_CUBO A1)
(SETQ STRD_C (STRCAT "DIAM.CUBO: " (RTOS DIA_CUBO)))
(WRITE-LINE STRD_C OP)
(SETQ CH "SIM")
(INITGET 1 "S Y SIM YES N NO NAO")
(SETQ CH (GETKEYWORD
(STRCAT "\n O CUBO TEM CHAVETA ? : < " CH
        "> : " ); *fim strcat *
); * fim getreal *
); * fim setq *
(IF (OR
      (= CH "S");
      (= CH "Y")
      (= CH "YES")
      (= CH "SIM")
); * fim or *

```

```

(CHAVETA)
); * fim if *
); * fim defun d_cubo *
;***** funcao entrada do comprimento do cubo da engrenagem
(DEFUN C_CUBO ()
(SETQ L1 ( GETREAL
(STRCAT "\nENTRE COM O COMPRIMENTO DO CUBO : < "
(RTOS C_C 2 2)
"> : "); * fim strcat *
); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
(SETQ A1 C_C)
); * fim if *
(SETQ C_C A1)
(SETQ STRC_C (STRCAT "COMPRIMENTO CUBO: " (RTOS C_C)))
(WRITE-LINE STRC_C OP)
); * fim defun c_cubo *
;***** funcao entrada da coroa da engrenagem
(DEFUN C_ENG ()
(SETQ L1 ( GETREAL
(STRCAT "\nENTRE COM A COROA DA ENGRENAGEM : < "
(RTOS (- D_I 10.0) 2 2)
"> : "); * fim strcat *
); * fim getreal *
); * fim setq *
(SETQ A1 L1)
(IF (= L1 NIL)
(SETQ A1 (- D_I 10.0))
); * fim if *
(SETQ DIF_CEDC (- (- D_I 10.0) DIA_CUBO))
(IF (< DIF_CEDC 0)
(PROGN
(WRITE-LINE "ALTERE VALOR DA COROA P/ MAIOR VALOR") (D_CUBO)
); * fim progn *
); * fim if *
(SETQ COROA A1)
(SETQ STRC_E (STRCAT "COROA DA ENGRENAGEM: " (RTOS COROA)))
(INITGET 1 "S Y SIM YES N NO NAO")
(SETQ P_FR "SIM")
(SETQ P_FR (GETKEYWORD
(STRCAT "\n A COROA TEM FUROS P/ ALIVIO DE PESO : < " P_FR
"> : "); * fim strcat *
); * fim getkeyword *
); * fim setq *
(IF (OR
(= P_FR "S");
(= P_FR "Y")
(= P_FR "YES")
(= P_FR "SIM")
); * fim or *
(ALIVIO)
); * fim if *

```

```

(WRITE-LINE STRC_E OP)
); * fim defun c_eng ^
;***** execucao das funcoes acima
(MODULO)
(NDENTE)
(SETQ D_P (* MOD Z1)
      D_E (* MOD (+ Z1 2.0))
      TOL (GETREAL "ENTRE COM TOL DO DIA.EXT :")
      D_I (* MOD (- Z1 2.333334))
); * fim setq *
(ANGPRS)
(ANGHEL)
(RELTRS)
(ESPESS)
(LARDNT)
(F_EIXO)
(D_CUBO)
(C_CUBO)
(C_ENG)
(IF (= LISO "S") (SETQ FORMA 1))
(IF (= DENTE "S") (SETQ FORMA (+ FORMA 4)))
(IF (= CHELE "S") (SETQ FORMA (+ FORMA 3)))
(IF (= FURO "S") (SETQ FORMA (+ FORMA 5)))
(IF (= ROSCA "S") (SETQ FORMA (+ FORMA 2)))
(IF (= CHFRO "S") (SETQ FORMA (+ FORMA 6)))
(IF (= CONIC "S") (SETQ FORMA (+ FORMA 7)))
(SETQ D_CB (* D_P (COS ANGPRS))
      PAS (* MOD PI)
      E_D (/ PAS 2)
      V (/ PAS 2)
      ALFA (/ (* PI 0.5) Z1)
      ESPC (* D_P (SIN ALFA))
      A_C MOD
      A_P (* MOD 1.164)
      A_D (+ A_C A_P)
      F_P (* 0.16667 MOD)
); * fim setq *
(SETQ STD_P (STRCAT "DIAM.PRIMITIVO: " (RTOS D_P))
      STD_E (STRCAT "DIAM.EXTERNO: " (RTOS D_E))
      STD_I (STRCAT "DIAM.INTERNO:" (RTOS D_I))
      STD_CB (STRCAT "DIAM.CIRCULO BASE: " (RTOS D_CB))
      STPAS (STRCAT "PASSO: " (RTOS PAS))
      STE_D (STRCAT "ESPESSURA DO DENTE: " (RTOS E_D))
      STV (STRCAT "VAO DO DENTE: " (RTOS V))
      STA_C (STRCAT "ALTURA DA CABECA DO DENTE: " (RTOS A_C))
      STA_P (STRCAT "ALTURA DO PE DO DENTE: " (RTOS A_P))
      STF_P (STRCAT "FOLGA DO DENTE: " (RTOS F_P))
); * fim setq *
(WRITE-LINE STD_P OP)
(WRITE-LINE STD_E OP)
(WRITE-LINE STD_I OP)
(WRITE-LINE STD_CB OP)
(WRITE-LINE STPAS OP)
(WRITE-LINE STE_D OP)

```

```

(WRITE-LINE STV OP)
(WRITE-LINE STA_C OP)
(WRITE-LINE STA_P OP)
(WRITE-LINE STF_P OP)
(CLOSE OP)
(DESENHO)
(CODIGO)
); * fim defun engrenagens *
(DEFUN C:APAGATELA ()
(SETQ CONJUNTO (SSGET "X"))
(COMMAND "ERASE" CONJUNTO ""))
); * fim apagatela *
(DEFUN C:ESPELHO ()
(SETQ CONJUNTO (SSGET "X" '((8 . "DESENHO"))))
(SETQ INICIAL (CDR (ASSOC 10 (ENTGET (ENTNEXT))))))
(COMMAND "MIRROR" CONJUNTO "" INICIAL FINAL ""))
(COMMAND "ZOOM" "ALL"))
); * fim defun espelho *
(DEFUN DESENHO ()
(setvar "cmdecho" 0)
(DEFUN ESPELHO1 ()
(SETQ CONJUNTO (SSGET "X" '((8 . "d_prim") (0 . "line"))))
(COMMAND "MIRROR" CONJUNTO "" INIC centro ""))
); * fim defun espelho1 *
(DEFUN ESPELHO2 ()
(SETQ CONJUNTO (SSGET "X" '((8 . "CORTE"))))
(COMMAND "MIRROR" CONJUNTO "" INIC CENTRO ""))
(COMMAND "ZOOM" "ALL"))
); * fim defun espelho2 *
(DEFUN ROTEIRO ()
;***** define pontos p/ desenho do perfil
(SETQ P_I (POLAR CENTRO 0 (+ (/ D_E 2) (* V 10)))
P_F (POLAR P_I 0 C_C)
INIC (POLAR P_I 0 (/ C_C 2))
FINA (POLAR INIC (* PI 0.50) (/ D_E 2))
DFEI (POLAR P_I (* PI 0.50) (/ F_E 2))
DFEF (POLAR DFEI 0 C_C)
DCBI (POLAR P_I (* PI 0.50) (/ DIA_CUBO 2))
DCB1 (POLAR DCBI 0 (- (/ C_C 2) (/ ESP 2)))
DCR1 (POLAR DCB1 (* PI 0.50) (/ (- COROA DIA_CUBO) 2))
DCRI (POLAR DCR1 PI (/ (- L_D ESP) 2))
DII (POLAR DCRI (* PI 0.50) (/ (- D_I COROA) 2))
DIF (POLAR DII 0 L_D)
DCRF (POLAR DIF (* PI 1.5) (/ (- D_I COROA) 2))
DCR2 (POLAR DCR1 0 ESP)
DCB2 (POLAR DCB1 0 ESP)
DCBF (POLAR DCB2 0 (/ (- C_C ESP) 2)); * ou (polar dcbi 0 c_c) *
DEI (POLAR DII (* PI 0.5) (/ (- D_E D_I) 2))
DEF (POLAR DEI 0 L_D)
); * fim setq *
(IF (AND (> C_C L_D)
(> L_D ESP)
); * fim and *
(SETQ DCB3 (POLAR DCRI (* PI 1.5) (/ (- COROA DIA_CUBO) 2)))

```

```

); * fim if *
(IF (> ESP C_C)
    (SETQ DCB3 (POLAR DCBI (* PI1.5) (/ DIA_CUBO 2))))
); * fim if *
(IF (> C_C L_D)
    (SETQ DCB4 (POLAR DCRF (* PI1.5) (/ (- COROA DIA_CUBO) 2))))
); * fim if *
(IF (> ESP C_C)
    (SETQ DCB4 (POLAR DCBF (* PI1.5) (/ DIA_CUBO 2))))
); * fim if *
(IF (> L_D ESP C_C)
    (PROGN
        (SETQ DCR3 (POLAR DCRI (* PI1.5) (/ COROA 2)))
        (SETQ DCR4 (POLAR DCRF (* PI1.5) (/ COROA 2)))
        (SETQ DCB3 (POLAR DCBI (* PI1.5) (/ DIA_CUBO 2)))
        (SETQ DCB4 (POLAR DCB2 (* PI1.5) (/ DIA_CUBO 2)))
    )); * fim progn *
); * fim if *
;***** caso c_c < esp e l_d < esp
;***** caso esp = l_d e esp > c_c
(IF (OR
    (AND (= ESP L_D) (> ESP C_C))
    (AND (< C_C ESP) (< L_D ESP))
); * fim or *
    (PROGN
        (SETQ DCB3 (POLAR DCBI (* PI1.5) (/ DIA_CUBO 2)))
        (SETQ DCB4 (POLAR DCB2 (* PI1.5) (/ DIA_CUBO 2)))
    )); * fim progn *
); * fim if *
(IF (OR (> C_C L_D ESP)
    (> C_C L_D)
    (> C_C ESP)
    (= C_C L_D)
    (= C_C ESP))
); * fim or *
    (PROGN
        (SETQ P_I1 (POLAR P_I PI (/ C_C 2)))
        (SETQ P_I2 (POLAR P_I1 (* PI0.5) (/ D_P 2)))
        (SETQ P_I3 (POLAR P_I2 0 (+ C_C C_C)))
    )); * fim progn *
); * fim if *
(IF (OR (< C_C L_D)
    (< C_C ESP))
); * fim or *
    (PROGN
        (SETQ P_I1 (POLAR DCB3 PI (/ L_D 2)))
        (SETQ P_I2 (POLAR P_I1 (* PI0.5) (/ D_P 2)))
        (SETQ P_I3 (POLAR P_I2 0 (+ L_D L_D)))
    )); * fim progn *
); * fim if *
(IF (> L_D ESP C_C)
    (PROGN
        (SETQ P_I1 (POLAR DCR3 PI (/ L_D 2)))
        (SETQ P_I2 (POLAR P_I1 (* PI 0.5) (/ D_P 2)))
    ))

```

```

      (SETQ P_I3 (POLAR P_I2 0 (+ L_D L_D)))
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** outra maneira
;      DII1 (POLAR P_I 0 (- (/ C_C 2) (/ L_D 2)))
;      DEI (POLAR DII1 (* PI 0.50) (/ D_E 2))
;      DEF (POLAR DEI 0 L_D)
;*****
(IF (OR
      (= CH "Y")
      (= CH "S")
      (= CH "YES")
      (= CH "SIM")
    ); * fim or *
      (PROGN
        (SETQ CHI (POLAR P_I (* PI 0.50) (/ LARGUR 2)))
        (SETQ CHF (POLAR CHI 0 C_C))
      ); * fim progn *
); * fim if *
;***** def. pto p/ desenho dos alivios e retas primitivas
(IF (OR
      (= P_FR "S");
      (= P_FR "Y")
      (= P_FR "YES")
      (= P_FR "SIM")
    ); * fim or *
      (PROGN
        (COND
          ((= N_FURO 2)
            (SETQ DFI1 (POLAR DCB1 (* PI 0.5) (/ (- C_F3 D_FR DIA_CUBO) 2))) (SETQ DFI2 (POLAR DFI1 (* PI 0.5) D_FR))
            (SETQ DFF1 (POLAR DFI1 0 ESP))
            (SETQ DFF2 (POLAR DFI2 0 ESP))
            (SETQ TXTD_P (STRCAT "% %C" (RTOS D_P)))
            (SETQ TXTD_F (STRCAT "% %C" (RTOS C_F3)))
            (IF (OR (> C_C L_D ESP) (> C_C L_D) (> C_C ESP) (= C_C L_D) (= C_C ESP)); * fim or * (PROGN
              (SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.4)))
              (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F3 2)))
              (SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ C_C (* ESP 0.8))))); * fim progn *
            ); * fim if *
            (IF (OR (< C_C L_D) (< C_C ESP)); * fim or *
              (PROGN
                (SETQ P_II (POLAR DCB3 PI (* ESP 0.3)))
                (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F3 2)))
                (SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
              ); * fim if *
              (IF (> L_D ESP C_C)
                (PROGN
                  (SETQ P_II (POLAR DCR3 PI (* ESP 0.4)))
                  (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F3 2)))
                  (SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.8))))); * fim progn *
                ); * fim if *
                (IF (= L_D ESP C_C)
                  (PROGN
                    (SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.3)))

```

```

(SETQ P_II1 (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F3 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_II1 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))
); * fim progn *
); * fim if *
); * fim cond (= n_furo 2) *
((= N_FURO 4)
(SETQ DFI1 (POLAR DCB1 (* PI 0.5) (/ (- C_F5 D_FR DIA_CUBO) 2)))
(SETQ DFI2 (POLAR DFI1 (* PI 0.5) D_FR))
(SETQ DFF1 (POLAR DFI1 0 ESP))
(SETQ DFF2 (POLAR DFI2 0 ESP))
(SETQ TXTD_P (STRCAT "% % C" (RTOS D_P)))
(SETQ TXTD_F (STRCAT "% % C" (RTOS C_F5)))
(IF (OR (> C_C L_D ESP) (> C_C L_D) (> C_C ESP) (= C_C L_D) (= C_C ESP)); * fim or * (PROGN
(SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.4)))
(SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F5 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ C_C (* ESP 0.8))))); * fim progn *
); * fim if *
(IF (OR (< C_C L_D)(< C_C ESP)); * fim or *
(PROGN
(SETQ P_II (POLAR DCB3 PI (* ESP 0.3)))
(SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F5 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
); * fim if *
(IF (> L_D ESP C_C)
(PROGN
(SETQ P_II (POLAR DCR3 PI (* ESP 0.4)))
(SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F5 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.8))))); * fim progn *
); * fim if *
(IF (= L_D ESP C_C)
(PROGN
(SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.3)))
(SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F5 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
); * fim if *
); * fim cond (= n_furo 4) *
((= N_FURO 6)
(SETQ DFI1 (POLAR DCB1 (* PI 0.5) (/ (- C_F7 D_FR DIA_CUBO) 2)))
(SETQ DFI2 (POLAR DFI1 (* PI 0.5) D_FR))
(SETQ DFF1 (POLAR DFI1 0 ESP))
(SETQ DFF2 (POLAR DFI2 0 ESP))
(SETQ TXTD_P (STRCAT "% % C" (RTOS D_P)))
(SETQ TXTD_F (STRCAT "% % C" (RTOS C_F7)))
(IF (OR (> C_C L_D ESP) (> C_C L_D) (> C_C ESP) (= C_C L_D) (= C_C ESP)); * fim or * (PROGN
(SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.4)))
(SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F7 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ C_C (* ESP 0.8))))); * fim progn *
); * fim if *
(IF (OR (< C_C L_D)(< C_C ESP)); * fim or *
(PROGN
(SETQ P_II (POLAR DCB3 PI (* ESP 0.3)))
(SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F7 2)))
(SETQ P_II2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
); * fim if *

```

```

(IF (> L_D ESP C_C)
  (PROGN
    (SETQ P_II (POLAR DCR3 PI (* ESP 0.4)))
    (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F7 2)))
    (SETQ P_III2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.8))))); * fim progn *
  ); * fim if *
(IF (= L_D ESP C_C)
  (PROGN
    (SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.3)))
    (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F7 2)))
    (SETQ P_III2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
  ); * fim if *
    ); * fim cond (= n_furo 6) *
    ((= N_FURO 8)
  (SETQ DFI1 (POLAR DCB1 (* PI 0.5) (/ (- C_F9 D_FR DIA_CUBO) 2)))
  (SETQ DFI2 (POLAR DFI1 (* PI 0.5) D_FR))
    (SETQ DFF1 (POLAR DFI1 0 ESP))
    (SETQ DFF2 (POLAR DFI2 0 ESP))
  (SETQ TXTD_P (STRCAT "% % C" (RTOS D_P)))
  (SETQ TXTD_F (STRCAT "% % C" (RTOS C_F9)))
  (IF (OR (> C_C L_D ESP) (> C_C L_D) (> C_C ESP) (= C_C L_D) (= C_C ESP)); * fim or * (PROGN
    (SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.4)))
    (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F9 2)))
    (SETQ P_III2 (POLAR P_III 0 (+ C_C (* ESP 0.8))))); * fim progn *
  ); * fim if *
  (IF (OR (< C_C L_D) (< C_C ESP)); * fim or *
    (PROGN
      (SETQ P_II (POLAR DCB3 PI (* ESP 0.3)))
      (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F9 2)))
      (SETQ P_III2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
    ); * fim if *
  (IF (> L_D ESP C_C)
    (PROGN
      (SETQ P_II (POLAR DCR3 PI (* ESP 0.4)))
      (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F9 2)))
      (SETQ P_III2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.8))))); * fim progn *
    ); * fim if *
  (IF (= L_D ESP C_C)
    (PROGN
      (SETQ P_II (POLAR P_I PI (* ESP 0.3)))
      (SETQ P_III (POLAR P_II (* PI 0.5) (/ C_F9 2)))
      (SETQ P_III2 (POLAR P_III 0 (+ L_D (* ESP 0.6))))); * fim progn *
    ); * fim if *
      ); * fim cond (= n_furo 8) *
      ); * fim cond *
      ); * fim progn *
  ); * fim if *
); * fim defun roteito *
(DEFUN DCHAV ()
  (IF (OR
    (= CH "Y")
    (= CH "S")
    (= CH "YES")
    (= CH "SIM")

```

```

); * fim or *
    (PROGN
      (COMMAND "LINE" CHI CHF "")
    ); * fim progn *
); * fim if *
); * fim defun dchav *
(DEFUN LATER ()
;***** caso c_c > l_d > esp
(IF (> C_C L_D ESP)
    (PROGN
      (COMMAND "LINE" DCRI DCB3 "")
      (COMMAND "LINE" DCRF DCB4 "")
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** caso esp=l_d e esp> c_c
(IF (AND (= L_D ESP) (> ESP C_C)); * fim or *
    (PROGN
      (COMMAND "LINE" DCB1 DCB3 "")
      (COMMAND "LINE" DCB2 DCB4 "")
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** caso l_d=c_c e esp<c_c
(IF (AND (= C_C L_D) (< ESP C_C)); * fim or *
    (PROGN
      (COMMAND "LINE" DCRI DCBI "")
      (COMMAND "LINE" DCRF DCBF "")
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** caso l_d>esp>c_c
(IF (> L_D ESP C_C)
    (PROGN
      (COMMAND "LINE" DCB1 DCB3 "")
      (COMMAND "LINE" DCB2 DCB4 "")
      (COMMAND "LINE" DCRI DCR3 "")
      (COMMAND "LINE" DCRF DCR4 "")
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** caso esp=l_d e esp> c_c
(IF (AND (< C_C ESP) (< L_D ESP)); * fim or *
    (PROGN
      (COMMAND "LINE" DCB1 DCB3 "")
      (COMMAND "LINE" DCB2 DCB4 "")
    ); * fim progn *
); * fim if *
(ESPELHO2)
); * fim defun later *
(DEFUN PERSUP ()
(COMMAND "LINE" DFI2 DCR1 "")
(SETQ ENT (ENTLAST))
(COMMAND "LINE" DCR1 DCRI "")
(SETQ ENT1 (ENTNEXT ENT))
(COMMAND "LINE" DCRI DII "")
(SETQ ENT2 (ENTNEXT ENT1))
(COMMAND "LINE" DII DIF "")

```

```

(SETQ ENT3 (ENTNEXT ENT2))
(COMMAND "LINE" DIF DCRF "")
(SETQ ENT4 (ENTNEXT ENT3))
(COMMAND "LINE" DCRF DCR2 "")
(SETQ ENT5 (ENTNEXT ENT4))
(COMMAND "LINE" DCR2 DFF2 "")
(SETQ ENT6 (ENTNEXT ENT5))
(COMMAND "LINE" DFF2 DF12 "")
(SETQ ENT7 (ENTNEXT ENT6))
(COMMAND "HATCH" "ANSI32" 30.0 0.0 ENT ENT1 ENT2 ENT3 ENT4 ENT5 ENT6 ENT7 "") (COMMAND "LINE" DF12 DF11
"")
(COMMAND "LINE" DFF2 DFF1 "")
(COMMAND "LINE" DII DEI "")
(COMMAND "LINE" DEI DEF "")
(COMMAND "LINE" DEF DIF "")
;(ESPELHO2)
); * fim defun persup *
(DEFUN PERINF ()
(COMMAND "LINE" DFEI DCBI "")
(SETQ ENT (ENTLAST))
(COMMAND "LINE" DCBI DCB1 "")
(SETQ ENT1 (ENTNEXT ENT))
(COMMAND "LINE" DCB1 DF11 "")
(SETQ ENT2 (ENTNEXT ENT1))
(COMMAND "LINE" DF11 DFF1 "")
(SETQ ENT3 (ENTNEXT ENT2))
(COMMAND "LINE" DFF1 DCB2 "")
(SETQ ENT4 (ENTNEXT ENT3))
(COMMAND "LINE" DCB2 DCBF "")
(SETQ ENT5 (ENTNEXT ENT4))
(COMMAND "LINE" DCBF DFEF "")
(SETQ ENT6 (ENTNEXT ENT5))
(COMMAND "LINE" DFEF DFEI "")
(SETQ ENT7 (ENTNEXT ENT6))
(COMMAND "LINE" P_1 DFEI "")
(COMMAND "LINE" DFEF P_F "")
(COMMAND "HATCH" "ANSI32" 30.0 0.0 ENT ENT1 ENT2 ENT3 ENT4 ENT5 ENT6 ENT7"");(ESPELHO2)
); * fim defun perinf *
(DEFUN PERFIL ()
(COMMAND "LINE" DFEI DCBI "")
(SETQ ENT (ENTLAST))
(COMMAND "LINE" DCBI DCB1 "")
(SETQ ENT1 (ENTNEXT ENT))
(COMMAND "LINE" DCB1 DCR1 "")
(SETQ ENT2 (ENTNEXT ENT1))
(COMMAND "LINE" DCR1 DCRI "")
(SETQ ENT3 (ENTNEXT ENT2))
(COMMAND "LINE" DCRI DII "")
(SETQ ENT4 (ENTNEXT ENT3))
(COMMAND "LINE" DII DIF "")
(SETQ ENT5 (ENTNEXT ENT4))
(COMMAND "LINE" DIF DCRF "")
(SETQ ENT6 (ENTNEXT ENT5))
(COMMAND "LINE" DCRF DCR2 "")

```

```

(SETQ ENT7 (ENTNEXT ENT6))
(COMMAND "LINE" DCR2 DCB2 "")
(SETQ ENT8 (ENTNEXT ENT7))
(COMMAND "LINE" DCB2 DCBF "")
(SETQ ENT9 (ENTNEXT ENT8))
(COMMAND "LINE" DCBF DFEF "")
(SETQ ENT10 (ENTNEXT ENT9))
(COMMAND "LINE" DFEF DFEI "")
(SETQ ENT11 (ENTNEXT ENT10))
(COMMAND "HATCH" "ANSI32" 30.0 0.0 ENT ENT1 ENT2 ENT3 ENT4 ENT5 ENT6 ENT7 ENT8 ENT9 ENT10 ENT11 "")
(COMMAND "LINE" DII DEI "")
(COMMAND "LINE" DEI DEF "")
(COMMAND "LINE" DEF DIF "")
(COMMAND "LINE" P_I DFEI "")
(COMMAND "LINE" DFEF P_F "")
); * fim defun perfil *
(DEFUN COTAR ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
(IF (= ESP L_D C_C)
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS L_D 2 1) )
); * fim if *
(IF (> ESP C_C L_D)
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCR1 DCR2 (POLAR DEF ANGUL1 (* V 3)) (RTOS ESP 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS L_D 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS C_C 2 1) ) ); * fim progn *
); * fim if *
(IF (< ESP L_D C_C)
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCR1 DCR2 (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS ESP 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS L_D 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 3)) (RTOS C_C 2 1) ) ); * fim progn *
); * fim if *
(IF (> C_C ESP L_D)
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS L_D 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCR1 DCR2 (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS ESP 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 3)) (RTOS C_C 2 1) ) ); * fim progn *
); * fim if *
(IF (< C_C ESP L_D)
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 3)) (RTOS L_D 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCR1 DCR2 (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS ESP 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS C_C 2 1) )
); * fim progn *
); * fim if *
(IF (AND (= ESP L_D) (> C_C ESP))
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS L_D 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS C_C 2 1) ) ); * fim progn *
); * fim if *
(IF (AND (= ESP L_D) (< C_C ESP))
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS L_D 2 1) )

```

```

(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS C_C 2 1)); * fim progn *
); * fim if *
(IF (AND (= C_C L_D) (> C_C ESP))
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DEI DEF (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS L_D 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCR1 DCR2 (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS ESP 2 1) )); * fim progn *
); * fim if *
(IF (AND (= C_C L_D) (< C_C ESP))
(PROGN
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCR1 DCR2 (POLAR DEF ANGUL1 (* V 2)) (RTOS ESP 2 1) )
(COMMAND "DIM1" "HOR" DCBI DCBF (POLAR DEF ANGUL1 V) (RTOS L_D 2 1) )); * fim progn *
); * fim if *
); * fim defun cotar *
(DEFUN COTAR1 ()
(SETQ TXT (STRCAT "%c" " " (RTOS (DISTANCE DFF2 DFF1) 2 1) " " ("(ITOA N_FURO)"X))) (SETVAR "DIMTIH" 1)
(SETVAR "DIMTOH" 1)
(COMMAND "DIM1" "VER" DFF1 DFF2 (POLAR DCBF 0 (* V 2)) TXT) (SETQ P_I4 (POLAR P_I2 ANGUL D_P))
(SETQ D (* (DISTANCE P_II1 P_II) 2))
(SETQ P_II3 (POLAR P_II1 ANGUL D))
(SETVAR "DIMTIH" 0)
(SETVAR "DIMTOH" 0)
(SETQ TXT (STRCAT "%c" " " (RTOS (DISTANCE P_I2 P_I4) 2 1))) (SETQ TXT1 (STRCAT "%c" " " (RTOS (DISTANCE
P_II1 P_II3) 2 1))) (COMMAND "DIM1" "VER" P_I2 P_I4 P_II TXT )
(COMMAND "DIM1" "VER" P_II3 P_II1 P_II1 TXT1 )
); * fim defun cotar1 *
(DEFUN COTAR2 ()
(SETQ P_I4 (POLAR P_I2 ANGUL D_P))
(SETQ TXT (STRCAT "%c" " " (RTOS (DISTANCE P_I2 P_I4) 2 1)))
(COMMAND "DIM1" "VER" P_I2 P_I4 P_II TXT )
); * fim defun cotar2 *
(DEFUN LINHA1 ()
(COMMAND "LAYER" "set" "d_prim" "")
(COMMAND "LINE" P_I2 P_I3 "")
(COMMAND "LINE" P_II1 P_II2 "")
(ESPELHO1)
); * fim defun linhas *
(DEFUN LINHA2 ()
(COMMAND "LAYER" "set" "d_prim" "")
(COMMAND "LINE" P_I2 P_I3 "")
(espelho1)
); * fim defun linhas2 *
(DEFUN CORTE1 ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "CORTE" "")
(ROTEIRO)
(PERSUP)
(PERINF)
(DCHAV)
(LATER)
(LINHA1)
(COTAR)
(COTAR1)
); * fim defun corte1 *
(DEFUN CORTE2 ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "CORTE" "")

```

```

(ROTEIRO)
(PERFIL)
(DCHAV)
(LATER)
(LINHA2)
(COTAR)
(COTAR2)
); * fim defun corte2 *
(DEFUN FEIXO ()
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" F_E)
(SETQ ENT (ENTLAST))
(SETQ R_E (CDR (ASSOC 40 (ENTGET ENT)))
P_E1 (POLARCENTRO 0 R_E)
P_E2 (POLAR CENTRO PI R_E)
P_E3 (DISTANCE P_E1 P_E2)
TXT (STRCAT "%%c" " " (RTOS P_E3 2 1))
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
(COMMAND "DIM1" "HOR" P_E1 P_E2 (POLAR PCOTA ANGUL V) txt)
); * fim defun feixo *
(DEFUN D_CH ()
;***** desenho da chaveta p/ engrenagem
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(SETQ P (POLAR CENTRO 0 (* (/ F_E 2) (COS (/ LARGUR F_E))))))
(SETQ P_INIC (POLAR P (/ PI 2) (/ LARGUR 2.0)))
(SETQ P_FIN (POLAR P (* (/ PI 2) -1) (/ LARGUR 2.0)))
(SETQ PONTO (POLAR P_INIC 0 (+ PROFUN (* (/ F_E 2) (- 1 (COS (/ LARGUR F_E)))))) )
(SETQ PONTO1 (POLAR PONTO (* (/ PI 2) 3) (DISTANCE P_INIC P_FIN)))
(COMMAND "ARC" P_INIC "C" CENTRO P_FIN )
(SETQ ENT (ENTLAST))
(COMMAND "LINE" P_FIN PONTO1 PONTO P_INIC "")
(SETQ ENT1 (ENTNEXT ENT))
(SETQ ENT2 (ENTNEXT ENT1))
(SETQ ENT3 (ENTNEXT ENT2))
(SETQ P_II1 (CDR (ASSOC 10 (ENTGET ENT1))))
(SETQ P_F1 (CDR (ASSOC 11 (ENTGET ENT1))))
(SETQ P_II2 (CDR (ASSOC 10 (ENTGET ENT2))))
(SETQ P_F2 (CDR (ASSOC 11 (ENTGET ENT2))))
(SETQ P_II3 (CDR (ASSOC 10 (ENTGET ENT3))))
(SETQ P_F3 (CDR (ASSOC 11 (ENTGET ENT3))))
(SETQ P1 (INTERS P_II1 P_F1 P_II2 P_F2))
(SETQ P2 (INTERS P_II2 P_F2 P_II3 P_F3))
(SETQ P3 (POLAR CENTRO 0 (+ (/ D_E 2) V)))
(SETQ P4 (POLAR CENTRO PI (/ F_E 2)))
(SETQ P5 (POLAR CENTRO (* PI 1.5) (+ (/ D_E 2) 10.0) ))
(setq p6 (polar centro (/ pi 2) (/ f_e 2)))
(setq p7 (polar centro (* pi 1.5) (/ f_e 2)))
(setq TXT1 (STRCAT (RTOS (+ F_E PROFUN) 2 1)))
(SETQ p8 (polar centro pi (+ (/ d_e 2) V)))
(SETQ TXT (STRCAT (RTOS (DISTANCE P1 P2) 2 1)))
(SETQ TXT2 (STRCAT "%%c" " " (RTOS (DISTANCE P6 P7) 2 1)))
(COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
(COMMAND "DIM1" "VER" P1 P2 P3 txt )
(COMMAND "DIM1" "HOR" P1 P4 (POLAR PCOTA ANGUL V) txt1 )

```

```

(COMMAND "DIM1" "ver" P6 P7 P8 TXT2 )
); * fim defun d_ch *
(DEFUN DALIVIO ()
;***** desenha 2 furos de alivio
(DEFUN F_2 ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(SETQ C_F1 (POLAR CENTRO (/ PI 2) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F2 (POLAR CENTRO (* PI 1.5) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F3 (DISTANCE C_F2 C_F1)
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "D_PRIM" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" C_F3 "")
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(COMMAND "CIRCLE" C_F1 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F2 "D" D_FR )
); * fim defun f_2 *
;***** desenha 4 furos de alivio
(DEFUN F_4 ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(SETQ C_F1 (POLAR CENTRO (/ PI 2) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F2 (POLAR CENTRO (* PI1.5) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F3 (POLAR CENTRO 0 (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F4 (POLAR CENTRO PI(/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F5 (DISTANCE C_F1 C_F2)
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "D_PRIM" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" C_F5 )
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(COMMAND "CIRCLE" C_F1 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F2 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F3 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F4 "D" D_FR )
); * fim defun f_4 *
;***** desenha 6 furos de alivio
(DEFUN F_6 ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(SETQ C_F1 (POLAR CENTRO (* PI0.1667) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F2 (POLAR CENTRO (* PI0.5000) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F3 (POLAR CENTRO (* PI0.8334) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F4 (POLAR CENTRO (* PI1.1667) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F5 (POLAR CENTRO (* PI1.5000) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F6 (POLAR CENTRO (* PI1.8334) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F7 (DISTANCE C_F2 C_F5)
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "D_PRIM" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" C_F7 )
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(COMMAND "CIRCLE" C_F1 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F2 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F3 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F4 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F5 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F6 "D" D_FR )
); * fim defun f_6 *

```

```

;***** desenha 8 furos de alivio
(DEFUN F_8 ()
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(SETQ C_F1 (POLAR CENTRO 0 (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F2 (POLAR CENTRO (* PI0.25) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F3 (POLAR CENTRO (* PI0.50) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F4 (POLAR CENTRO (* PI0.75) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F5 (POLAR CENTRO PI (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F6 (POLAR CENTRO (* PI1.25) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F7 (POLAR CENTRO (* PI1.50) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F8 (POLAR CENTRO (* PI1.75) (/ (+ COROA Dia_CUBO) 4))
C_F9 (DISTANCE C_F1 C_F5)
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "D_PRIM" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" C_F9 )
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(COMMAND "CIRCLE" C_F1 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F2 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F3 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F4 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F5 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F6 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F7 "D" D_FR )
(COMMAND "CIRCLE" C_F8 "D" D_FR )
); * fim defun f_8 *
;***** escolhe a condicao de desenho do nfuros
(COND ((= N_FURO 2) (F_2))
((= N_FURO 4) (F_4))
((= N_FURO 6) (F_6))
((= N_FURO 8) (F_8))
); * fim cond *
); * fim defun dalivio *
(DEFUN TEXTO ()
(SETQ MM "mm")
(COMMAND "LAYER" "SET" "TEXTO" "")
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 10)) "" (STRCAT STD_P " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 11)) "" (STRCAT STD_E " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 12)) "" (STRCAT STD_I " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 13)) "" (STRCAT STD_CB " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 14)) "" (STRCAT STPAS " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 15)) "" (STRCAT STE_D " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 16)) "" (STRCAT STV " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 17)) "" (STRCAT STA_C " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 18)) "" (STRCAT STA_P " " MM))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 19)) "" (STRCAT STF_P " " MM))
); * fim defun texto *
;***** definicao de variaveis do sistema e niveis de desenho
(SETVAR "DIMALTD" 1)
(SETVAR "DIMCEN" (+ (/ D_E 2) (* (/ D_E 2) 0.1)))
(SETVAR "DIMDLI" 15)
(SETVAR "DIMTVP" 0)
(SETVAR "DIMTOFL" 1)
(SETVAR "DIMTIX" 0)
(SETVAR "DIMTOH" 0)

```

```

(SETVAR "DIMITAD" 1)
(SETVAR "DIMITIH" 0)
(SETVAR "DIMSOXD" 0)
(SETVAR "DIMASZ" (* D_E 0.05))
(SETVAR "DIMEXE" (* (GETVAR "DIMASZ") 0.3))
(SETVAR "DIMEXO" (* (GETVAR "DIMASZ") 0.3))
(SETVAR "DIMITXT" (* D_E 0.03))
(SETVAR "AUNITS" 2)
(SETVAR "AUPREC" 2)
(SETVAR "LUNITS" 2)
(SETVAR "LUPREC" 2)
(SETQ LOWER (LIST -200 -200))
(SETQ UPPER (LIST 800 600))
(COMMAND "LIMITS" LOWER UPPER)
(COMMAND "ZOOM" "ALL")
(SETQ CENTRO (LIST 100 100))
(COMMAND "LAYER" "MAKE" "D_PRIM" "") (COMMAND "LAYER" "LTYPE" "TRPONTO" "") (COMMAND "LAYER"
"COLOR" 3 "")
(COMMAND "LAYER" "MAKE" "ENGREN" "")
(COMMAND "LAYER" "LTYPE" "CONTINUOUS" "") (COMMAND "LAYER" "COLOR" 7 "")
(COMMAND "LAYER" "MAKE" "CORTE" "")
(COMMAND "LAYER" "LTYPE" "CONTINUOUS" "") (COMMAND "LAYER" "COLOR" 7 "")
(COMMAND "LAYER" "MAKE" "COTAS" "")
(COMMAND "LAYER" "LTYPE" "CONTINUOUS" "")
(COMMAND "LAYER" "COLOR" 5 "")
(COMMAND "STYLE" "PAULO" "ITALICT" (* D_E 0.03) 1 0 "N" "N" "N")
(COMMAND "LAYER" "MAKE" "TEXTO" "")
(COMMAND "LAYER" "LTYPE" "CONTINUOUS" "")
(COMMAND "LAYER" "COLOR" 7 "")
(SETQ V (* (GETVAR "DIMITXT") 2))
(DEFUN PLANTA ()
(SETQ PCOTA (POLAR CENTRO (* PI 1.5) (/ D_E 2)))
(SETQ ANGUL (* PI 1.5))
(SETQ ANGUL1 (* PI 0.5))
;***** desenha circulo primitivo
(COMMAND "LAYER" "SET" "D_PRIM" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" D_P)
;***** desenha circulo externo
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" D_E )
(SETQ ENT (ENTLAST))
(SETQ R_E (CDR (ASSOC 40 (ENTGET ENT)))
P_E1 (POLAR CENTRO 0 R_E)
P_E2 (POLAR CENTRO PI R_E)
P_E3 (DISTANCE P_E1 P_E2)
P_E4 (POLAR P_E2 ANGUL (* V 10))
TXT (STRCAT "%C" " " (RTOS P_E3 2 1))
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
(COMMAND "DIM1" "HOR" P_E1 P_E2 (POLAR PCOTA ANGUL (* V 5)) txt)
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
;***** desenha circulo interno
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" D_I)

```

```

(SETQ ENT (ENTLAST))
(SETQ R_E (CDR (ASSOC 40 (ENTGET ENT)))
      P_E1 (POLAR CENTRO 0 R_E)
      P_E2 (POLAR CENTRO PI R_E)
      P_E3 (DISTANCE P_E1 P_E2)
      TXT (STRCAT "% %C" " " (RTOS P_E3 2 1))
); * fim setq *
(COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
(COMMAND "DIM1" "HOR" P_E1 P_E2 (POLAR PCOTA ANGUL (* V 4)) txt )
;***** desenha circulo da coroa
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(IF (OR (> ESP L_D) (< ESP L_D))
    (PROGN
      (COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" COROA) (SETQ ENT (ENTLAST))
      (SETQ R_E (CDR (ASSOC 40 (ENTGET ENT)))
            P_E1 (POLAR CENTRO 0 R_E)
            P_E2 (POLAR CENTRO PI R_E)
            P_E3 (DISTANCE P_E1 P_E2)
            TXT (STRCAT "% %C" " " (RTOS P_E3 2 1)) ); * fim setq *
      (COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
      (COMMAND "DIM1" "HOR" P_E1 P_E2 (POLAR PCOTA ANGUL (* V 3)) txt )
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** desenha circulo do cubo
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(IF (OR (< C_C ESP) (> C_C ESP))
    (PROGN
      (COMMAND "CIRCLE" CENTRO "D" DIA_CUBO) (SETQ ENT (ENTLAST))
      (SETQ R_E (CDR (ASSOC 40 (ENTGET ENT)))
            P_E1 (POLAR CENTRO 0 R_E)
            P_E2 (POLAR CENTRO PI R_E)
            P_E3 (DISTANCE P_E1 P_E2)
            TXT (STRCAT "% %c" " " (RTOS P_E3 2 1)) ); * fim setq *
      (COMMAND "LAYER" "SET" "COTAS" "")
      (COMMAND "DIM1" "HOR" P_E1 P_E2 (POLAR PCOTA ANGUL (* V 2)) txt )
    ); * fim progn *
); * fim if *
;***** desenha furo do eixo sem chaveta ou com chaveta
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(IF (OR
      (= CH "N")
      (= CH "NO")
      (= CH "NAO")
    ); * fim or *
    (FEIXO)
    (D_CH)
  ); * fim if *
;***** desenha furos de alivio
(COMMAND "LAYER" "SET" "ENGREN" "")
(IF (OR
      (= P_FR "S")
      (= P_FR "Y")
      (= P_FR "SIM")
      (= P_FR "YES")
    )

```

```

); * fim or *
(DALIVIO)
); * fim if *
); * fim defun planta *
;***** desenha planta e corte com furos de alivio ou sem furos de alivio
(PLANTA)
(IF (OR
    (= P_FR "S")
    (= P_FR "Y")
    (= P_FR "YES")
    (= P_FR "SIM")
); * fim or *
(CORTE1)
(CORTE2)
); * fim if *
(TEXTO)
); * fim defun desenho *
;***** CODIGO
;***** acabamento superficial
(DEFUN DT6 ()
(if (> ACAB 1.6) (SETQ DIG6 "0"))
(if (<= ACAB 1.6) (SETQ DIG6 "1"))
(if (> ACABch 1.6) (SETQ DIG6 "0"))
(if (<= ACABch 1.6) (SETQ DIG6 "1"))
(if (and (<= ACAB acab_s) (<= acab 1.6)) (SETQ DIG6 "1"))
); * fim defun dt6 *
(DEFUN CODIGO ()
(DEFUN DT1 ()
(DEFUN CONDA ()
(SETQ DIG1 "0")
(COND
( (= CODB 0) (SETQ DIG2 "0"))
( (= CODB 1) (SETQ DIG2 "1"))
( (= CODB 2) (SETQ DIG2 "2"))
( (= CODB 3) (SETQ DIG2 "3"))
( (= CODB 4) (SETQ DIG2 "4"))
( (= CODB 5) (SETQ DIG2 "5"))
( (= CODB 6) (SETQ DIG2 "6"))
( (= CODB 7) (SETQ DIG2 "7"))
( (= CODB 8) (SETQ DIG2 "8"))
); * fim cond *
); * fim defun conda *
(DEFUN CONDB ()
(SETQ DIG1 "1")
(COND
( (= CODB 0) (SETQ DIG2 "0"))
( (= CODB 1) (SETQ DIG2 "1"))
( (= CODB 2) (SETQ DIG2 "2"))
( (= CODB 3) (SETQ DIG2 "3"))
( (= CODB 4) (SETQ DIG2 "4"))
( (= CODB 5) (SETQ DIG2 "5"))
( (= CODB 6) (SETQ DIG2 "6"))
); * fim cond *
); * fim defun condb *

```

```

(COND
      ((= CODA 0) (CONDA))
      ((= CODA 1) (CONDB))
); * fim cond *
); * fim defun dt1 *
;***** digito intervalo de comprimento
(DEFUN DT3 ()
(DEFUN CL_D ()
(COND
  ((< L_D 500)(SETQ DIG3 "0"))
  ((AND (>= L_D 500) (< L_D 750))(SETQ DIG3 "1"))
  ((AND (>= L_D 750) (< L_D 1000)) (SETQ DIG3 "2"))
  ((>= L_D 1000) (SETQ DIG3 "3"))
); * fim cond *
); * fim defun cl_d *
(DEFUN CESP ()
(COND
  ((< ESP 500)(SETQ DIG3 "0"))
  ((AND (>= ESP 500) (< ESP 750))(SETQ DIG3 "1"))
  ((AND (>= ESP 750) (< ESP 1000)) (SETQ DIG3 "2"))
  ((>= ESP 1000) (SETQ DIG3 "3"))
); * fim cond *
); * fim defun cesp *
(DEFUN CONC_C ()
(COND
  ((< C_C 500)(SETQ DIG3 "0"))
  ((AND (>= C_C 500) (< C_C 750))(SETQ DIG3 "1"))
  ((AND (>= C_C 750) (< C_C 1000)) (SETQ DIG3 "2"))
  ((>= C_C 1000) (SETQ DIG3 "3"))
); * fim cond *
); * fim defun cc_c *
(IF (AND (> L_D ESP) (> L_D C_C)) (CL_D) )
(IF (AND (> ESP L_D) (> ESP C_C)) (CESP) )
(IF (AND (> C_C L_D) (> C_C ESP)) (CONC_C) )
); * fim defun dt3 *
;***** intervalo de diametros externos
(DEFUN DT4 ()
(COND
  ((< D_E 200)(SETQ DIG4 "0"))
  ((AND (>= D_E 200)(< D_E 305))(SETQ DIG4 "1"))
  ((AND (>= D_E 305) (< D_E 560))(SETQ DIG4 "2"))
  ((AND (>= D_E 560) (< D_E 850))(SETQ DIG4 "3"))
  ((>= D_E 850)(SETQ DIG4 "4"))
); * fim cond *
); * fim defun dt4 *
;***** tolerncia dimensional
(DEFUN DT5 ()
(COND
  ((AND (AND (>= D_E 1) (< D_E 3)) (< TOL 0.004) )(SETQ DIG5 "8")); * fim *
  ((AND (AND (>= D_E 1) (< D_E 3)) (AND (>= TOL0.004) (< TOL0.006))) (SETQ DIG5 "7")); * fim *
  ((AND (AND (>= D_E 1) (< D_E 3)) (AND (>= TOL0.006) (< TOL0.010))) (SETQ DIG5 "6")); * fim *
  ((AND (AND (>= D_E 1) (< D_E 3)) (AND (>= TOL0.010) (< TOL0.014))) (SETQ DIG5 "5")); * fim *
  ((AND (AND (>= D_E 1) (< D_E 3)) (AND (>= TOL0.014) (< TOL0.025))) (SETQ DIG5 "4")); * fim *
  ((AND (AND (>= D_E 1) (< D_E 3)) (AND (>= TOL0.025) (< TOL0.040))) (SETQ DIG5 "3")); * fim *

```



```

( (AND (AND (>= D_E 2000) (< D_E 2500)) (AND (>= TOL0.280) (< TOL0.440))) (SETQ DIG5 "4")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2000) (< D_E 2500)) (AND (>= TOL0.440) (< TOL0.700))) (SETQ DIG5 "3")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2000) (< D_E 2500)) (AND (>= TOL0.700) (< TOL1.100))) (SETQ DIG5 "2")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2000) (< D_E 2500)) (AND (>= TOL1.100) (< TOL1.750))) (SETQ DIG5 "1")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2000) (< D_E 2500)) (>= TOL 1.750))(SETQ DIG5 "0")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (< TOL 0.135) )(SETQ DIG5 "7")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (AND (>= TOL0.135) (< TOL0.210))) (SETQ DIG5 "6")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (AND (>= TOL0.210) (< TOL0.330))) (SETQ DIG5 "5")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (AND (>= TOL0.330) (< TOL0.540))) (SETQ DIG5 "4")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (AND (>= TOL 0.540) (< TOL 0.860))) (SETQ DIG5 "3")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (AND (>= TOL 0.860) (< TOL 1.350))) (SETQ DIG5 "2")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (AND (>= TOL 1.350) (< TOL 2.100))) (SETQ DIG5 "1")); * fim *
( (AND (AND (>= D_E 2500) (< D_E 3150)) (>= TOL 2.100))(SETQ DIG5 "0")); * fim *
); * fim cond *
); * fim defun dt5 *
(defun c:tol ()
(SETQ DIG5 " ")
(SETQ D_E (GETREAL " ENTRE COM D_E :"))
(SETQ TOL (GETREAL " ENTRE COM TOL :"))
(DT5)
(command "erase" "w" limmin limmax)
(command "TEXT" (LIST 1 1) 10 0 DIG5)
); * fim defun c:tol *
;***** elementos de forma externo
(DEFUN DT7 ()
(cond
( (= FORMA 1) (SETQ DIG7 "0"))
( (= FORMA 3) (SETQ DIG7 "1"))
( (= FORMA 4) (SETQ DIG7 "2"))
( (= FORMA 5) (SETQ DIG7 "3"))
( (= FORMA 8) (SETQ DIG7 "4"))
( (= FORMA 10) (SETQ DIG7 "6"))
( (= FORMA 13) (SETQ DIG7 "5"))
( (= FORMA 21) (SETQ DIG7 "7"))
( (= FORMA 22) (SETQ DIG7 "8"))
( (= FORMA 28) (SETQ DIG7 "9"))
); * fim cond *
); * fim defun dt7 *
;***** diametro interno
(DEFUN DT8 ()
(COND
( (= F_E 0)(SETQ DIG8 "0"))
( (AND (> F_E 1)(< F_E 200))(SETQ DIG8 "1"))
( (AND (>= F_E 200) (< F_E 305)) (SETQ DIG8 "2"))
( (AND (>= F_E 305) (< F_E 560)) (SETQ DIG8 "3"))
( (AND (>= F_E 560) (< F_E 850)) (SETQ DIG8 "4"))
( (>= F_E 850)(SETQ DIG8 "5"))
); * fim cond *
); * fim defun dt8 *
;***** modulo de forma do material
(DEFUN DT9 ()
(DEFUN ESCOLH ()
(SETQ MTR "0")
(INITGET 1 "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9")

```

```

(SETQ MTR (GETKEYWORD
  (STRCAT
    "\n INDIQUE O MATERIAL DA PECA: " "\n [0] FERRO E ACO P/ FUNDICAO "
    "\n [1] ABNT 10XX;11XX;12XX;ACAO CARBONO "
    "\n [2] ABNT 13XX;23XX;25XX;31XX;33XX;40XX;41XX "
    "\n 43XX;46XX;47XX;48XX;50XX;5XXX;61XX ""\n 86XX;87XX;92XX;93XX;98XX;BAIXAS LIGAS "
    "\n [3] ABNT 2XX;3XX;4XX;5XX;ACOS INOX "
    "\n [4] OUTROS ACOS"
    "\n [5] COBRE E SUAS LIGAS"
    "\n [6] ALUMINIO E SUAS LIGAS "
    "\n [7] METAIS LEVES "
    "\n [8] PLASTICOS "
    "\n [9] OUTROS" " "<" MTR ">:"
  ); * fim strcat *
); * fim getkeyword *
); * fim setq *
(SETQ DIG9 MTR)
); * fim defun escolha *
(DEFUN ESCOL1 ()
(SETQ MATT (GETSTRING "IDENTIFIQUE O MATERIAL : ABNT ")); * fim defun escol1 *
);(TEXTPAGE)
(ESCOLH)
(ESCOL1)
(SETQ TXTMAT (STRCAT "MATERIAL : " "ABNT" " " MATT))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 20)) "" TXTMAT)
); * fim defun DT9t*
;***** modulo FORMA DO BLANK
(DEFUN DT10 ()
(DEFUN ESCOLH ()
(SETQ FMAT "0")
(INITGET 1 "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9")
(SETQ FMAT (GETKEYWORD
  (STRCAT
    "\n INDIQUE O TRATAMENTO TERMICO: "
    "\n [0] BARRA REDONDA "
    "\n [1] BARRA QUADRADA "
    "\n [2] BARRAS DE OUTRAS SECCOES " "\n [3] TUBOS "
    "\n [4] FORJADOS A FRIO"
    "\n [5] FORJADOS A QUENTE"
    "\n [6] SOLDADOS "
    "\n [7] PLACAS FINAS "
    "\n [8] PLACAS GROSSAS"
    "\n [9] OUTROS" " " "<" FMAT ">:"
  ); * fim strcat *
); * fim getkeyword *
); * fim setq *
); * fim defun escolha *
(DEFUN ESCOL1 ()
(COND
((= FMAT "0") (SETQ FMATT "BARRA REDONDA")) ((= FMAT "1") (SETQ FMATT "BARRA QUADRADA"))
((= FMAT "2") (SETQ FMATT "BARRAS DE OUTRAS SECCOES")) ((= FMAT "3") (SETQ FMATT "TUBOS "))
((= FMAT "4") (SETQ FMATT "FORJADOS A FRIO"))
((= FMAT "5") (SETQ FMATT "FORJADOS A QUENTE"))
((= FMAT "6") (SETQ FMATT "SOLDADOS"))

```

```

(= FMAT "7") (SETQ FMATT "PLACAS FINAS ")
(= FMAT "8") (SETQ FMATT "PLACAS GROSSAS")
(= FMAT "9") (SETQ FMATT "OUTROS")
); * fim cond *
(SETQ DIG10 FMAT)
); * fim defun escolh1 *
;(TEXTPAGE)
(ESCOLH)
(ESCOL1)
(SETQ TXTMTF (STRCAT "FORMA DO BLANK : " FMATT))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 21)) "" TXTMTF)
); * fim defun DT10 *
;***** modulo de Tratamento termico
(DEFUN DT11 ()
(DEFUN ESCOLH ()
(SETQ T_T "0")
(INITGET 1 "0 1 2 3 4 5 6 7 8 9")
(SETQ T_T (GETKEYWORD
(STRCAT
"\n INDIQUE O TRATAMENTO TERMICO: " "
\n [0] NENHUM "
\n [1] RECOZIMENTO "
\n [2] NORMALIZACAO "
\n [3] TEMPERA/REVENIDO "
\n [4] TEMPERA SUPERFICIAL"
\n [5] COALESIMENTO "
\n [6] CEMENTACAO "
\n [7] NITRETACAO "
\n [8] CIANETACAO "
\n [9] CARBO-NITRETACAO" " " "<" T_T ">:"
); * fim strcat *
); * fim getkeyword *
); * fim setq *
(SETQ DIG11 T_T)
); * fim defun escolha *
(DEFUN ESCOL1 ()
(COND
(= T_T "0") (SETQ T_TT "NENHUM"))
(= T_T "1") (SETQ T_TT "RECOZIMENTO"))
(= T_T "2") (SETQ T_TT "NORMALIZACAO"))
(= T_T "3") (SETQ T_TT "TEMPERA/REVENIDO"))
(= T_T "4") (SETQ T_TT "TEMPERA SUPERFICIAL"))
(= T_T "5") (SETQ T_TT "COALESIMENTO"))
(= T_T "6") (SETQ T_TT "CEMENTACAO"))
(= T_T "7") (SETQ T_TT "NITRETACAO"))
(= T_T "8") (SETQ T_TT "CIANETACAO"))
(= T_T "9") (SETQ T_TT "CARBO-NITRETACAO"))
); * fim cond *
); * fim defun escolh1 *
;(TEXTPAGE)
(ESCOLH)
(ESCOL1)
(SETQ TXTTT (STRCAT "TRATAMENTO TERMICO : " " " T_TT))
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 22)) "" TXTTT)

```

```
); * fim defun DT11 *  
(DT1)  
(DT3)  
(DT4)  
(DT5)  
(DT6)  
(DT7)  
(DT8)  
(DT9)  
(DT10)  
(DT11)  
(SETQ CODFAM (STRCAT DIG1 " " DIG2 " " DIG3 " " DIG4 " " DIG5 " " DIG6))  
(SETQ CODCMP (STRCAT DIG7 " " DIG8 " " DIG9 " " DIG10 " " DIG11))  
(SETQ CODIGO (STRCAT CODFAM " " CODCMP))  
(COMMAND "TEXT" (POLAR P_E4 ANGUL (* V 23)) "" (STRCAT "CODIGO: " CODIGO))  
(COMMAND "ZOOM" "ALL")  
(SETQ OP (OPEN ARQ "a"))  
(WRITE-LINE TXTMAT OP)  
(WRITE-LINE TXTMTF OP)  
(WRITE-LINE TXTTT OP)  
(WRITE-LINE CODIGO OP)  
(CLOSE OP)  
); * fim defun codigo *
```

Apêndice 3

Este apêndice trata da instalação do Sistema de Classificação e Codificação no Sistema CAD AutoCAD r.12.

O usuário têm duas (2) opções de instalação do Sistema de Classificação e Codificação no Sistema AutoCAD r.12.

Na primeira opção o usuário digita na linha de comandos do Autocad o comando MENU que lhe dará como resposta na linha de comando o nome do arquivo do menu corrente e aguarda como entrada o nome do arquivo do menu que contém as rotinas do Sistema de Classificação e Codificação.

O Autocad procura no diretório especificado pela variável do sistema ACAD o arquivo com o nome do menu com as rotinas do sistema de classificação com extensão *.mmu* especificado pelo usuário, caso encontre, o sistema procura o mesmo nome de arquivo com a extensão *.mrx*, um arquivo já compilado, caso encontre o arquivo, o sistema o carrega e coloca-o a disposição do usuário, caso não encontre, o sistema compila o arquivo de extensão *.mmu*, gerando um arquivo compilado com extensão *.mrx* e o carrega na memória para uso, não encontrando o arquivo especificado pelo usuário com nenhuma das extensões citadas o Autocad coloca na tela uma mensagem de erro, e pede por outro menu.

Na segunda opção o usuário digita entre parênteses o comando LOAD na linha de comando e o nome do arquivo que contém as rotinas do Sistema de Classificação e Codificação com extensão *.lsp* entre aspas, como nos exemplos a seguir:

a) (LOAD "b:\\ rotinas\\ SCC")

b) (LOAD "SCC")

No exemplo (a) é escrito o caminho (path) que o sistema deve percorrer para encontrar o arquivo SCC.lsp que contém as rotinas do Sistema de Classificação e Codificação.

Nesse caso, deve-se usar as duas barras invertidas para separar os diretórios e sub-diretórios ou uma barra normal (/), o procedimento é exigido pelo Autocad.

Em ambas opções, o arquivo extlisp.exe deve estar carregado na memória para a linguagem AutoLisp entrar em funcionamento.

Usando a primeira opção (rotinas do sistema de classificação dentro do menu), basta o usuário clicar a palavra SCC na barra de menu Pull-Down para dar início ao processo de desenho e codificação. Após ser clicada, a palavra SCC derruba sobre a tela uma barra de comando com dois (2) comandos : EIXOS e ENGRENAGENS.

O usuário deve levar o cursor sobre o comando EIXOS do menu pull-down para escolher desenhar eixos, e o cursor sobre o comando ENEGRENAGENS para desenhar engrenagens.

Escolhida a macro-família para desenhar, o sistema deixa a tela gráfica e passa para a tela de textos do Autocad para questionar o usuário sobre as características da peça a ser desenhada. Respondidas todas as questões feitas pelo sistema de classificação na figura do módulo Gerenciador do sistema, este passa as informações recebidas do usuário ao módulo Gráfico do sistema que inicia o desenho automático da peça conforme especificações feitas pelo usuário.

Durante o processo de desenho da peça, o Módulo Gerenciador do Sistema efetua mais algumas perguntas ao usuário referentes as questões de processo da peça para complementar a codificação da peça.

Usando a segunda opção (carregar as rotinas do sistema de classificação pelo teclado), o usuário deve digitar na linha de comando SCC que da partida no sistema de classificação. Após digitado o comando, o sistema muda para a tela texto do Autocad, onde serão feitas todas as perguntas a respeito da peça a ser desenhada.

A primeira pergunta que é feita pelo Sistema de Classificação e Codificação é sobre a escolha da macro-família através do acionamento de uma das duas (2) opções disponíveis no menu pulldown na opção SCC (Eixos ou Engrenagens).

Feita a escolha da macro-família, o módulo gerenciador questiona o usuário sobre todas as características da peça a ser desenhada. Ao final do questionário, o módulo Gerenciador transfere

as informações recebidas ao módulo Gráfico do Sistema de Classificação e Codificação que dá início automaticamente ao desenho da peça.

Efetuada este procedimento, a codificação é realizada automaticamente pelo sistema, o usuário deve responder apenas mais algumas perguntas referentes as questões de processos de fabricação feitas no módulo Gráfico. Este módulo realiza a operação automaticamente.

Para gravar o desenho feito em qualquer uma das opções escolhidas, basta acionar o comando SAVE do Autocad para realizar essa operação, ou o comando END que grava as informações da tela gráfica num arquivo e sai do sistema de desenho. Para desenhar uma nova peça, o usuário deve gravar o desenho feito anteriormente, limpar a tela gráfica e retomar os procedimentos explicados anteriormente.