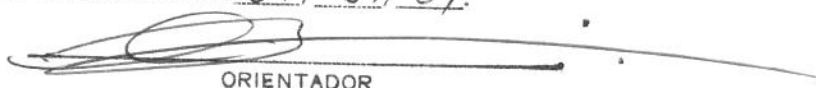


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL  
DA TESE DEFENDIDA POR OSÍRIS CANCELI-  
GLIERI JUNIOR E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 01/07/94.



ORIENTADOR

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

**Sistema Gerador e Classificador de Features de  
Fabricação para Peças Rotacionais**

Nº Publicação  
FEM 30/94

**Eng. Osiris Canciglieri Junior**  
**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, julho de 1994.**

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

**TESE DE MESTRADO**

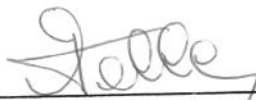
**Sistema Gerador e Classificador de Features de  
Fabricação para Peças Rotacionais**

**Autor: Eng. Osiris Canciglieri Junior  
Orientador: Prof. Dr. Antônio Batocchio**

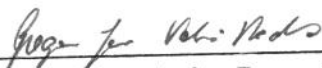
**Aprovado por**



**Prof. Dr. Antônio Batocchio, Presidente**



**Prof. Dr. Geraldo Nonato Telles**



**Prof. Dr. Gregório Jean Varvakis Rados**

**Campinas, 01 de julho de 1994.**

*À minha esposa Rosana e meu filho Matheus.  
Aos meus Pais Maria Gema e Osiris.  
A riqueza de um homem está em seu caráter  
e sua humildade,  
Ao "vô Mané" um homem muito rico.*

*" Nunca lhe dão um desejo sem também  
lhe darem o poder de realizá-lo  
Você pode ter de trabalhar por ele, porém."*

*Richard Bach*



## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Antônio Batocchio pela confiança, orientação e amizade.
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp - pelo Software e hardware fornecidos ao projeto.
- Ao RHAE/CNPq pela bolsa de mestrado.
- Ao Centro de Desenvolvimento de Tecnologia e Recursos Humanos - CDT - pela bolsa e pela liberação durante o curso.
- À Rosa e a Cibeles pelo apoio e administração da bolsa perante ao RHAE/CNPq.
- A toda minha família.
- Ao Carlos Eduardo Flamarion pela amizade e sugestões.
- A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.
- Agradeço a Deus.

"Se, porém, algum de vós necessita de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá liberalmente, e nada lhes é impropria; e ser-lhe-á concedida". Tiago 1:5.

---

## SUMÁRIO

---

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Sumário	iv
Lista de Figuras	x
Siglas	xiii
Glossário	xv
Resumo	xvi
Abstract	xviii

### **CAPÍTULO 1: Introdução**

1.1	Contexto	001
1.2	Justificativa	003
1.3	Objetivo	004
1.4	Conteúdo dos Demais Capítulos	005

## **CAPÍTULO 2: Tecnologia de Grupo**

2.1	Introdução	007
2.2	Conceituação	009
2.3	Métodos para Formação de Famílias de Peças	009
2.3.1	Generalidades	009
2.3.2	Método Visual	010
2.3.3	Análise do Fluxo de Produção	010
2.3.4	Sistema de Classificação e Codificação	011
2.4	Tecnologia de Grupo na Área de Métodos e Processos	013
2.5	Racionalização do Projeto e a Recuperação de Dados de Projeto	016
2.6	Influência da Tecnologia de Grupo na Simplificação	016
2.6.1	Simplificação no Projeto	017
2.6.2	Simplificação no Planejamento e Controle de Produção	018
2.6.3	Simplificação na Fabricação	019
2.6.4	Simplificação na Administração	020
2.7	Ferramental Utilizando os Conceitos de Tecnologia de Grupo	021
2.8	Tipos de Layout de Chão de Fábrica	022
2.9	Benefícios Econômicos	023
2.10	Comentários	024

## **CAPÍTULO 3: Conceitos Básicos no Modelamento Geométrico de Sistemas**

### **CAD**

3.1	Computação Gráfica	025
3.2	Modelamento Geométrico	028
3.2.1	Superfícies Esculpidas	030
3.2.2	Wire-frames (arame)	030
3.2.3	Representação por Contorno	031
3.2.4	Representação por "Constructive Solid Geometry" (CSG)	034
3.2.5	Representação por Varredura (sweep representation)	035
3.3	Estudos das Características de Features Aplicados à Manufatura	036
3.3.1	Generalidades	036
3.3.2	Identificação e Classificação Geral das Features	039
3.3.3	Benefícios das Features	040
3.3.4	Método Utilizado para Análise e Reconhecimento de Forma Geométrica	041
3.4	Engenharia Simultânea	042
3.5	Comentários	043

## **CAPÍTULO 4: Desenvolvimento de Features de Fabricação**

4.1	Introdução	045
4.2	Escolha do Sistema CAD	048

4.2.1	Escolha da Linguagem de Programação	048
4.3	Escolha do Hardware	050
4.4	Features de Fabricação	051
4.4.1	Definição das Features	051
4.4.2	Classificação das Features	052
4.4.2.1	Features Simples	052
4.4.2.2	Features Compostas	055
4.5	Estrutura do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação	057
4.5.1	Descrição dos Sub-Módulos	059
4.5.1.1	Sub-Módulo Gerador de Features	059
4.5.1.2	Sub-Módulo Identificador de Features	060
4.5.1.3	Sub-Módulo Classificador	061
4.5.1.4	Sub-Módulo Formador de Famílias	069
	4.5.1.4.1 - Regras para Formação das Famílias de Peças	070
4.6	Funções Desenvolvidas para o Sistema SGCFE	074
4.6.1	Interfaces (Menus) Autocad	074
4.6.1.1	Menu Screen	075
4.6.1.2	Menu Pulldown	076
4.6.1.3	Menu Icon	076
4.6.2	Explosão dos Menus de Ícones do Sistema SGCFE	077
4.6.2.1	Ícone de Serrar	077

4.6.2.2	Ícone para o Processo de Torneamento Cilindrico	078
4.6.2.3	Ícone para o Processo de Torneamento Cônico	080
4.6.2.4	Ícone para o Processo de Torneamento de Forma	081
4.6.2.5	Ícone para o Processo de Fresamento	082
4.6.2.6	Ícone para o Processo de Furação	084
4.6.2.7	Ícone para o Processo de Brochamento	086
4.6.2.8	Ícone para o Código da Peça	087
4.6.2.9	Ícone para a Formação de Famílias de Peças	088
4.6.2.10	Ícone para a Formação do Roteiro de Fabricação	089
4.7	Comentários	090

## **CAPÍTULO 5: Aplicações do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação**

5.1	Introdução	091
5.2	Seleção de Peças para Teste do Sistema	091
5.3	Teste do Sistema na Geração do Perfil das Peças	094
5.4	Geração do Código da Peça	097
5.5	Resultados da Aplicação do Sistema para as Demais Peças	098
5.5.1	Perfil, Código e Significado de Cada Dígito das Peças Propostas	098

5.5.2	Código da Família de Peças	101
5.6	Vantagens do Sistema SGCFF	103
5.7	Limitações do Sistema SGCFF	104
5.8	Comentários	104
<b>CAPÍTULO 6: Conclusão e Propostas de Trabalhos Futuros</b>		
6.1	Conclusão	106
6.2	Propostas de Trabalhos Futuros	108
 <b>7 - Bibliografia</b>		
7.1	Referências Bibliográficas	109
7.2	Bibliografia Consultada	112
 <b>APÊNDICE 1</b>		
		114
 <b>APÊNDICE 2</b>		
		125
 <b>APÊNDICE 3</b>		
		128
 <b>APÊNDICE 4</b>		
		129
 <b>APÊNDICE 5</b>		
		133

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Exemplo de economia de custos, gastos e período de tempo para implantação da Tecnologia de Grupo.	024
<b>Figura 3.1</b> - Diagrama de Posicionamento da Computação Gráfica em relação a áreas próximas.	027
<b>Figura 3.2</b> - Exemplo de superfície esculpida	030
<b>Figura 3.3</b> - Diferentes objetos com a mesma representação "wire-frame".	031
<b>Figura 3.4</b> - Representação de um cubo pelo seu contorno	032
<b>Figura 3.5</b> - Estrutura em árvore para representação de uma pirâmide por suas faces.	033
<b>Figura 3.6</b> - Um cilindro representado pela interseção de 3 semi-espacos	034
<b>Figura 3.7</b> - Descrição de objetos por Varredura - a) rotação b) extrusão	035
<b>Figura 3.8</b> - Exemplos de Features Rotacionais	037
<b>Figura 3.9</b> - Exemplos de Features Prismáticas	038
<b>Figura 4.1</b> - Estrutura do Sistema PPCM	047
<b>Figura 4.2a</b> - Exemplos de Features Simples Externas	053
<b>Figura 4.2b</b> - Exemplos de Features Simples Internas	054
<b>Figura 4.3a</b> - Exemplos de features Compostas Externas	055
<b>Figura 4.3b</b> - Exemplos de features Compostas Internas	056
<b>Figura 4.4</b> - Estrutura do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação	058
<b>Figura 4.5</b> - Esquema do Sub-Módulo Gerador de Features	059
<b>Figura 4.6</b> - Esquema do Sub-Módulo Identificador	060



<b>Figura 4.7 - Estrutura do Sub-Módulo Classificador</b>	<b>061</b>
<b>Figura 4.8 - Estrutura do Sub-Módulo Codificador</b>	<b>062</b>
<b>Figura 4.9 - Estrutura do Sub-Módulo formador de Famílias</b>	<b>069</b>
<b>Figura 4.10 - Estrutura do Sub-Módulo Formador de Famílias de Peças</b>	<b>072</b>
<b>Figura 4.11 - Menu SCREEN do Autocad</b>	<b>075</b>
<b>Figura 4.12 - Menu Pulldown do Sistema SGCF</b>	<b>076</b>
<b>Figura 4.13 - Menu de Ícones do Sistema SGCF</b>	<b>077</b>
<b>Figura 4.14 - Ícone de Serrar do Sistema SGCF</b>	<b>078</b>
<b>Figura 4.15 - Menu hierárquico de ícones de torneamento cilíndrico</b>	<b>079</b>
<b>Figura 4.16 - Menu hierárquico de ícones de torneamento cônico</b>	<b>081</b>
<b>Figura 4.17 - Menu hierárquico de ícones para torneamento de forma</b>	<b>082</b>
<b>Figura 4.18 - Menu hierárquico de ícones para fresamento</b>	<b>083</b>
<b>Figura 4.19 - Menu hierárquico de ícones para o processo de furação</b>	<b>085</b>
<b>Figura 4.20 - Menu hierárquico de ícone para o processo de brochamento</b>	<b>087</b>
<b>Figura 4.21 - Menu de ícone para codificação de peças rotacionais</b>	<b>088</b>
<b>Figura 4.22 - Menu de ícone para formação de famílias de peças</b>	<b>089</b>
<b>Figura 4.23 - Menu de ícone para formação do roteiro de fabricação</b>	<b>090</b>
<b>Figura 5.1 - Pino Posicionador</b>	<b>092</b>
<b>Figura 5.2 - Pino psicionador de corpo cônico com ponta roscada</b>	<b>092</b>
<b>Figura 5.3 - Eixo para cortadeira de cana-de-açúcar</b>	<b>093</b>
<b>Figura 5.4 - Engrenagens de dentes retos</b>	<b>094</b>
<b>Figura 5.5 - Primeiro passo (acionamento do sistema)</b>	<b>094</b>
<b>Figura 5.6 - Segundo passo (primeiro ferfil)</b>	<b>095</b>

<b>Figura 5.7 - Terceiro passo (segundo perfil)</b>	095
<b>Figura 5.8 - Quarto passo (terceiro perfil)</b>	096
<b>Figura 5.9 - Quinto passo (quarto perfil)</b>	096
<b>Figura 5.10 - Sexto passo (quinto perfil)</b>	097
<b>Figura 5.11 - Perfil completo da peça da figura 5.2</b>	099
<b>Figura 5.12 - Perfil completo da peça da figura 5.3</b>	099
<b>Figura 5.13 - Perfil completo da peça da figura 5.4</b>	100

## SIGLAS

AF	Análise de Ferramental
AFF	Análise de fluxo de Fabricação
AFP	Análise de Fluxo da Produção
AG	Análise de Grupo
AL	Análise de Linha
ASCII	American Standard Code for Information Interchange Código Padrão Americano para Troca de informação
CAD	Computer Aided Design Projeto Auxiliado por Computador
CADD	Computer Aided Draft Design Projeto e desenho Auxiliado por Computador
CAE	Computer Aided Engeneering Engenharia Auxiliada por Computador
CAM	Computer Aided Manufacturing Manufatura Auxiliada por Computador
CAPP	Computer Aided Process Planning Planejamento de Processo Auxiliado por Computador
CGS	Constructive Solid Geometry
CIM	Computer Integrated Manufacturing Manufatura Integrada por Computador
CN	Numerical Control Controle Numérico
CNC	Computer Numerical Control Controle Numérico por Computador

DOS	Disc Operation System Sistema Operacional em Disco
EUA	Estados Unidos da America
GT	Group Technology Tecnologia de Grupo
ICAM	Integration Computer Aided Manufacturing Integração da Fabricação Auxiliada por Computador
ISO	International Standards Organization
PCP	Planning Control Production Planejamento e Controle da Produção
PPCM	Projeto e Planejamento de Células de Manufatura
RAM	Randomic Acess Memory Memória de Acesso Aleatório
SCC	Classification Codification System Sistema de Classificação e Codificação
SGCFF	Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação
UCS	User Coordinate System Sistema de Coordenadas do Usuário

## **Glossário**

Célula de Manufatura	Grupo de máquinas numa mesma área física.
Família de Peças	Grupo de peças com as mesmas características de fabricação
Feature de Fabricação	Características tecnológicas incorporadas as entidades geométricas
GT	Group Technology ( Tecnologia de Grupo )
Layout	Organização, Distribuição
Menu Icon	Menu de Ícones (menu de ilustração)
Menu Pulldown	Menu de Barra
Menu Screen	Menu de Tela
Set-up	Preparação de Máquinas
Sweep	Varredura
Wireframe	Estrutura de arame

## RESUMO

No ambiente industrial existe a necessidade de projetar (desenhar) e fabricar peças num espaço reduzido de tempo, visando assim a melhoria da qualidade e redução do custo.

Com essa necessidade de evoluir e desenvolver, surgiram novos métodos de melhoramento da manufatura, entre os quais pode-se citar a filosofia de *Tecnologia de Grupo*, a qual visava o agrupamento de componentes a serem fabricados através da semelhança geométrica ou semelhança no processo de fabricação, formando as chamadas Famílias de Peças.

A partir da utilização do conceito de Famílias de Peças, houve uma mudança do chamado *layout funcional* (tradicional), onde as máquinas eram agrupadas pelo tipo de processo (torneamento, fresamento, furação e etc.), pelos chamados *layout em linha* ou em *grupo*, onde as máquinas eram agrupadas visando todo o processo de fabricação para confecção de cada família.

Estas melhorias na qualidade e redução nos custos de fabricação exigiram das fábricas mudanças radicais no seu comportamento, adotando-se sistemas CAD (Computer Aided Design) no auxílio ao projeto e sistemas CAM (Computer Aided Manufacturing) na fabricação.

Mesmo com a eficiência dos sistemas CAD e CAM, existiu a necessidade de integrá-los, e esta integração pode ser obtida pelo conceito de "Feature de Fabricação".

Dois fatores importantes do uso de "Features de Fabricação" na classificação de peças rotacionais para a formação de famílias de peças, são a representação e o manuseio de dados durante o projeto e as atividades de manufatura. Dessa forma o uso de "Features" associadas as técnicas de modelagem traz-nos uma melhoria no manuseio dos dados com uma excelente forma de integração.

A palavra "Feature" significa a representação das características geométricas e tecnológicas em uma única forma. Elas são pré-definidas e contém um número limitado de elementos os quais carregam informações relativas ao projeto e as atividades de manufatura.

No trabalho foi desenvolvido um software, no ambiente do Autocad, em linguagem Autolisp, que tem como objetivo otimizar o projeto e fabricação industrial, auxiliando a formação de Células de Manufatura; utiliza-se os conceitos de *Tecnologia de Grupo* e *Features de Fabricação* para formação de famílias de peças.

O software desenvolvido atingiu os objetivos propostos, através da criação de modelos gráficos (features) num espaço bidimensional, permitindo a padronização em projetos de peças rotacionais, redução do trabalho na elaboração de desenhos e, introduzindo o conceito de *Engenharia Simultânea*.

## **ABSTRACT**

In the industrial environment it is necessary to design and to manufacture parts in a short time, aiming the improvement of quality and cost reduction.

With this necessity, new methods to better manufacturing, showed up one of which is the Group Technology, which has as objective to group components that are going to be fabricated through their similarities in geometry or fabrication process, creating this way the so called part families.

The use of the part family concept, generated a change in the functional layout (traditional), where the grouping of machines by the type of process (turning, milling, drilling and etc.), was replaced by the so called line layout or in group, where the machines were grouped aiming the whole production of the parts of the family inside that cell of machines.

This quality improvement and cost reduction require radical changes in the factory behavior utilizing CAD systems in the project and CAM systems in the manufacturing.

Even with the efficiency of CAD and CAM systems, it is necessary to integrate them, and this integration can be done using the Manufacturing Features concept.



Two important factors of the use of fabrication features in the classification of rotational parts for the formation of family of parts, are the representation and the use of data during the design and the activities of manufacturing. The use of "features" associated to molding technics brings an improvement in the use of data with an excellent integration form.

The word feature means the representation of geometrical and technological characteristics in one form. They are pre-defined and have a limited number of elements which carry information regarding the project and manufacturing activities.

In this work, a software was developed in Autocad environment, and Autolisp Language, which has the objective to optimize the project and manufacturing, and to help the Cells Manufacturing formation; concepts of Group of Technology and Manufacturing Feature are used for the formation of family parts.

The software developed reached all purposes, through the creation of graphic models ( Features ) in a bidimensional space, allowing the standardization in the design of rotational parts, the reduction of work in design elaboration and the introduction of Simultaneous Engineering concepts.

---

## CAPÍTULO 1 - Introdução

---

### 1.1 - Contexto

Desde o início de sua existência o homem vem tentando melhorar sua qualidade de vida através do aprimoramento dos meios, dos métodos e equipamentos de trabalho.

Dentro dessa linha pode-se citar durante a evolução histórica, a revolução industrial na Inglaterra por volta de 1760 com o aperfeiçoamento da máquina a vapor, a evolução da siderurgia em 1860, a invenção do motor de combustão interna e outros inventos originando as chamadas indústrias de transformação.

No começo deste século o engenheiro F. W. Taylor iniciou o desenvolvimento e a implementação de uma nova filosofia que visava sistematizar e organizar tarefas semelhantes na manufatura de produtos industrializados, racionalizando assim a mão-de-obra e o tempo gasto na sua fabricação.

Na década de 60, em busca de uma melhor racionalização na área de manufatura, Burbidge [1] aperfeiçou a chamada Tecnologia de Grupo, que foi criada por Mitrofanov [2]. Esta tecnologia foi utilizada por países como Alemanha e Japão, totalmente

destruídos na Segunda Grande Guerra Mundial, com o objetivo de se reconstruírem economicamente através do desenvolvimento rápido de novos sistemas produtivos.

Com a necessidade de reconstrução e desenvolvimento, surgiram novos métodos de melhoramento da manufatura, entre os quais a filosofia de *Tecnologia de Grupo*, a qual visava o agrupamento de componentes a serem fabricados através da semelhança geométrica ou semelhança no processo de fabricação, formando as chamadas Famílias de Peças.

A partir da utilização do conceito de Famílias de Peças, houve uma mudança do chamado *layout funcional* (tradicional), onde as máquinas eram agrupadas pelo tipo de processo (torneamento, fresamento, furação e etc.), pelos chamados *layout em linha* ou em *grupo*, onde as máquinas eram agrupadas visando todo o processo de fabricação para confecção de cada família.

Já na década de 70, surgiu o chamado Sistema CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing) Projeto Auxiliado por Computador /Fabricação Assistida por Computador e algumas companhias de posse desses sistemas desenvolveram os chamados *Sistemas de Codificação e Classificação*, que visava a integração da Tecnologia de Grupo com os Sistemas CAD/CAM.

Estes sistemas abrangeram várias áreas de atuação como o projeto, materiais, ferramentas e etc. Pode-se observar na indústria numerosos exemplos práticos, tais como: os grupos de máquinas (célula), ferramental em grupo, programação e agrupamento de peças e etc..

Recentemente as indústrias manufatureiras avançadas, reconhecendo a importância da Tecnologia de Grupo como uma tecnologia científica sistemática, aplicam-

na em melhorias de sua produtividade de fabricação, e essa aplicabilidade tem se direcionado a fabricação integrada por computador.

Essas tendências têm estimulado um forte interesse das indústrias na aplicação da tecnologia de grupo que proporciona melhorias significativas na produtividade de fabricação e na fabricação auxiliada por computador, como por exemplo o planejamento do processo auxiliado por computador (CAPP).

Com a recente evolução dos computadores e sistemas CAD/CAM em conjunto com a Tecnologia de Grupo, iniciou-se o desenvolvimento nos EUA e países industrializados da Europa as chamadas "*Features de Fabricação*". Estas Features agregam informações tecnológicas s entidades geométricas de um sistema CAD, auxiliando assim a formação de famílias de peças segundo estes conceitos, objetivando um produto melhor projetado a um custo menor.

## 1.2 - Justificativa

Nos últimos anos, a Computação Gráfica teve um grande impulso e sua utilização já atinge as mais diversas áreas do conhecimento humano, constituindo-se de uma poderosa ferramenta, pois nela é usada a mais antiga forma de comunicação - a comunicação visual.

Já se tornou lugar comum dizer que um desenho vale por mil palavras, atualmente, vale por muito mais, pois o poder de alcance e a velocidade de compreensão gráfica é muito maior ao da leitura.

O desenho técnico tem sido, desde há muito, um dos principais integrantes nos projetos, pois é seu elo de ligação com a produção.

Com os avanços tecnológicos e com a necessidade de aumento de produção com melhor qualidade e menor custo, as empresas têm-se automatizado, através da adoção de computadores no processo de projeto e fabricação, isto é, o "Projeto Auxiliado por Computador" (CAD) e "Manufatura Auxiliada por Computador" (CAM).

Com a constante evolução dos sistemas CAD/CAM surgiu-se a necessidade de uma integração maior entre eles. O caminho para esta integração é a utilização do conceito de "Features" as quais agregam informações tecnológicas a entidades geométricas nos sistemas CAD.

### 1.3 - Objetivo

\*Desenvolver um aplicativo, para integração entre o projeto e a manufatura através de conceitos de Tecnologia de Grupo e Features de Fabricação.

\*Desenvolver uma interface com o usuário para escolha de grupos padronizados de features de fabricação, gerando o perfil completo de peças rotacionais.

\*Desenvolver uma Biblioteca de programas paramétricos desenvolvido a partir de programação paramétrica utilizando a linguagem Autolisp, para geração e posicionamento das features de fabricação, inserção de dados para codificação de peças e formação de famílias para o cálculo do tempo gasto na confecção e para a elaboração do roteiro de fabricação.

\*Desenvolver uma interface com o Módulo formador de Células de Manufatura: através das máquinas que serão utilizadas na confecção das peças e o cálculo do tempo gasto na sua manufatura.

## **1.4 - Conteúdo dos Demais Capítulos**

Este é um trabalho de pesquisa no desenvolvimento do Módulo SGCFE (Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação), do Sistema PPCM (Projeto e Planejamento de Células de Manufatura) e foi dividido em seis partes, cada uma das quais é composta de uma série de conceitos, apresentados em sequência de itens.

No primeiro capítulo faz-se uma introdução, apresentando um breve esclarecimento na familiarização e o contexto em que se enquadra o trabalho, a justificativa e o objetivo para sua realização.

No segundo capítulo enfoca-se os conceitos básicos da Tecnologia de Grupo, Células de Manufatura, seus objetivos, atuação, o tempo de implementação e seus benefícios nas diversas áreas de atuação.

No terceiro capítulo é descrito-se os conceitos básicos de Features de Fabricação, suas funções, área de atuação e a ligação com a de Tecnologia de Grupo.

No quarto capítulo apresenta-se o Sub-Módulo SGCFE, através do desenvolvimento de suas interfaces (menus) com o usuário, das Features de Fabricação e suas relações com os outros sub-módulos.

No quinto capítulo aplica-se o Sub-Módulo SGCFE através do projeto de algumas peças propostas, codificando e classificando-as segundo os conceitos de Tecnologia de Grupo e Features de fabricação, mostrando sua viabilidade, a comparação em termos de tempo gasto entre o sistema proposto e um sistema CAD e suas limitações.

Finalmente, no sexto capítulo descreve-se a conclusão do trabalho desenvolvido, possíveis melhorias para o futuro através de algumas técnicas, como: Inteligência Artificial, reconhecimento de forma e outras, e algumas sugestões para novos trabalhos.

O apêndice 1 contém as combinações possíveis do 8º, 9º e 10º dígitos do código da peça.

O apêndice 2 contém as combinações possíveis do 11º, 12º e 13º dígitos do código da peça.

O apêndice 3 contém os dados das máquinas.

O apêndice 4 contém as opções do 2º e 3º dígitos do código da peça.

O apêndice 5 contém as opções do 4º e 5º dígitos do código da peça.

---

## **CAPÍTULO 2 - Tecnologia de Grupo**

---

### **2.1 - Introdução**

Um dos objetivos no aumento da produtividade de fabricação é a econômica, e por esse motivo, as indústrias modernas estão se moldando a essa nova realidade, iniciando a implantação a Tecnologia de Grupo visando melhorias na produção.

Atualmente é crescente o potencial de utilização da Tecnologia de Grupo na racionalização de várias atividades de engenharia, tais como recuperação dos dados de projeto, seleção do processo, etc., também é fato que na fabricação base de lotes existe a necessidade de melhoramento no inventário em processo e carga efetiva de máquina, com objetivo de melhorar a produtividade.

De modo geral, o consumidor hoje é muito mais exigente que o da década de 50, desse modo, as indústrias começaram a mudar de uma estrutura de arquitetura de manufatura rígida , onde era oferecida uma baixa diversidade de produtos com produção em massa, para uma arquitetura flexível onde a produção é a base de lotes.

É nessa mudança conceitual do consumidor que grande parte das indústrias começam a implantar a Tecnologia de grupo, visando assim a melhoria da produtividade.



De acordo com Ham [3], estudos realizados por algumas universidades nos EUA, e entre elas a Universidade de Michigan, previram que aproximadamente 50 a 70% das indústrias utilizariam o conceito de Tecnologia de Grupo em seus parques industriais até a década de 90, e que algumas dessas indústrias estariam automatizadas até o final desse século.

Dessa forma, as recentes inovações tecnológicas, tais como o DNC, CNC, Centros de Usinagem, robôs industriais, microprocessadores, etc., conduzirão a sistemas de fabricação integrados por computador (CAM), garantindo assim a utilização da Tecnologia de Grupo integrada com a fabricação (ICAM).

Um elemento para o êxito da Tecnologia de Grupo é um bom sistema de codificação e classificação para peças, pois é uma parte integrante e tem sido usado como uma ferramenta essencial na formação de famílias de peças.

Esse sistema tem por finalidade codificar e classificar as peças, numa estrutura a base de dados e interligar o projeto a fabricação, além disso, a medida que a evolução do ICAM conduz o projeto e planejamento do processo regenerativos, os sistemas de classificação e codificação tornar-se-ão elemento importante na sua integração.

O desenvolvimento evolutivo da Tecnologia de Grupo continuará a influenciar os sistemas de fabricação, sendo assim, auxiliará não só ao sistema de fabricação convencional base de lotes como também ao sistema CAM.

## **2.2 - Conceituação**

É uma filosofia baseada num princípio organizacional. O seu conceito é simples e consiste em identificar e agrupar componentes com similaridade geométricas ou de processos de fabricação, a fim de obter vantagens dessas similaridades do projeto manufatura.

As idéias e conceitos dessa tecnologia são antigas, entretanto, só recentemente têm sido aplicadas de maneira coerente e organizada numa gama bastante grande de empresas.

A formação de famílias de peças se torna um requisito essencial para a aplicação dos conceitos de Tecnologia de Grupo integrado com auxílio do computador, e essa integração resulta num alto nível de automação industrial envolvendo a manufatura (CAM - Computer Aided Manufacturing, CAPP - Computer Aided Process Planing, Robôs) e projeto (CAD - Computer Aided Design); padronizando projeto e processo, aumentando a produtividade e reduzindo o tempo e custo de fabricação do produto.

## **2.3 - Métodos para Formação de Famílias de Peças**

### **2.3.1 - Generalidades**

Uma família de peças pode ser definida como um grupo de peças que têm alguma semelhança e similaridades especificadas, podendo ser semelhantes na forma geométrica, ou então partilharem dos mesmos requisitos durante o processo de fabricação.

No agrupamento das peças em famílias, que é a base da Tecnologia de Grupo, o número de peças e a frequência de fabricação deverão ser levados em consideração, pois quanto maior a similaridade de requisitos e frequência de lotes, melhor será a formação de famílias, auxiliando assim a formação de células de manufatura ou grupos de máquinas, a programação para o sequenciamento e carregamento de máquinas.

Existem três métodos para formação de famílias:

- a) Método visual;
- b) Análise do fluxo da produção;
- c) Sistemas de Classificação e Codificação.

### **2.3.2 - Método Visual**

O método consta de uma inspeção visual das peças fabricadas, agrupando-as em famílias de peças semelhantes através do processo ou pela semelhança geométrica. Este método torna-se ineficiente, quando se tem peças dissimilares geometricamente ou quando a quantidade de itens for muito diversificada.

### **2.3.3 - Análise do Fluxo da Produção ( A. F. P. )**

Este método foi desenvolvido por Burbidge [1], e analisa a sequência de operações e o percurso das peças através das máquinas e estações de trabalho dentro da fábrica.

É baseado em quatro fases:

- Análise do fluxo da fábrica (AFF);
- Análise de grupo (AG);
- Análise de linha (AL);
- Análise de ferramental (AF).

O método é manual e utiliza como informação principal o roteiro de fabricação das peças. Através da análise do roteiro são executadas as quatro fases, obtendo-se assim as famílias de peças, as células de manufatura, o layout e as famílias de ferramental.

#### 2.3.4 - Sistema de Classificação e Codificação ( S. C. C. )

Desde que a Tecnologia de Grupo tornou-se uma ferramenta importante para a produção, muitos sistemas de classificação e codificação foram desenvolvidos, porém nenhum deles é adotado universalmente, pois um sistema pode ser mais adequado uma companhia do que outra.

Basicamente o método consiste em codificar as peças, através de um sistema numérico, composto de dígitos, que definirão características geométricas e de processos de fabricação, possibilitando o agrupamento de peças similares nos códigos, formando assim as famílias de peças. O Sistema de Codificação e Classificação utiliza os desenhos das peças para a obtenção das informações básicas e informações de processo de fabricação da empresa.

Segundo Ham [3], existem três formas básicas de sistema de codificação e classificação para as aplicações correntes da Tecnologia de Grupo, que são:

- Estrutura Hierárquica (monocódigo);
- Estrutura do tipo dígito fixo (policódigo);
- Estrutura combinada (multicódigo).

O código Hierárquico ou monocódigo como é conhecido, é geralmente constituído de uma estrutura tipo árvore, na qual cada dígito tem um significado, sendo que o dígito posterior depende do dígito anterior na estrutura de codificação. Sua estrutura é compacta com poucos dígitos, mas pode conter uma enorme quantidade de informações.

É muito utilizado na recuperação de dados baseados no formato geométrico, dimensões, etc., e também exerce função relevante no auxílio ao projeto.

Já o código tipo fixo ou policódigo como é chamado, tem uma estrutura de códigos na qual cada posição do dígito representa uma informação e não está diretamente relacionada com os outros dígitos. Esse sistema é menos compacto que o hierárquico, entretanto necessita de um número maior de dígitos e é mais adaptável para aplicações voltadas para a produção, ferramental, operações e etc.

Na prática a maior parte dos sistemas de codificação e classificação são híbridos ou multicódigos, isto é, são a combinação do tipo hierárquico com o de dígito fixo, onde um código é um ou mais símbolos ao qual foi dado um determinado arranjo e significado.

Um bom sistema de codificação e classificação é baseado na manutenção de um balanceamento entre a quantidade de informação necessária e o número de dígitos

exigidos para o processamento dessa informação, dessa forma, um sistema de codificação e classificação bem projetado deve satisfazer vários requisitos básicos, proporcionando e facilitando a implantação da Tecnologia de Grupo e sua aplicação em diversas áreas da companhia.

Um sistema de codificação e classificação voltado para aplicações da Tecnologia de Grupo, nos beneficia em:

- Formação de famílias de peças e células de máquinas;
- Recuperação efetiva desenhos e processos;
- Racionalização e redução do custo de projeto;
- Padronização do projeto de produto;
- Estatísticas de peças seguras e confiáveis;
- Estimativa acurada do custo desde o projeto até a produção;
- Racionalização no projeto, ferramental, planejamento e programação da produção;
- Padronização do projeto, ferramental e planejamento do processo;
- Melhoria da programação CN, e uso efetivo de máquinas e centros de usinagem.

Todavia se o sistema de codificação e classificação não for bem estruturado de acordo com as necessidades da empresa, ele torna-se-á um enorme problema, não obtendo os resultados esperados.

## **2.4 - Tecnologia de Grupo na Área de Métodos e Processos**

Uma das aplicações do conceito de Tecnologia de Grupo são os Sistemas de Planejamento de Processo Auxiliado por Computador. Os sistemas CAPP do tipo Variante são utilizados pelos planejadores de processos para elaborar o roteiro de fabricação de uma peça nova a partir do roteiro-padrão de fabricação de uma família

de peças qual a nova peça seja similar ( ou uma variação, daí o termo "variante"). Esta similaridade é estabelecida com base em um sistema de Codificação e Classificação, que permite associar um determinado código s características de projeto e manufatura da nova peça, e pesquisar e recuperar na base de dados do sistema uma família de peças cujo código se aproxime aquele. Com base no código da família de peças correspondente é então pesquisado e recuperado o correspondente roteiro-padrão de fabricação, que é modificado de maneira conveniente para obter-se o roteiro de fabricação da nova peça. Posteriormente este novo roteiro é armazenado na base de dados do sistema, para auxiliar a elaboração do roteiro de eventuais novas peças.

Para a elaboração e o armazenamento dos roteiros-padrão das famílias no sistema, o processista se utiliza de sua experiência pessoal, dos roteiros de fabricação elaborados anteriormente, de manuais de usinagem, de ensaios de usinabilidade e de especificações técnicas de máquinas-operatrizes, ferramentas de corte e dispositivos de fixação. Esta atividade é necessária toda a vez que é necessário se criar o roteiro-padrão de fabricação de uma família de peças, ou mesmo modificar-se qualquer roteiro já existente (seja de uma família quanto de uma peça pertencente ou não a uma família). Porém, esta tarefa pode tornar-se lenta e sujeita a erros quando se necessita executá-la com frequência, uma vez que é tradicionalmente executada de maneira manual (a pesquisa, a consulta, a seleção e a inclusão das informações no roteiro).

As funções que um sistema típico de Planejamento de Processo do tipo variante deve automatizar são:

- Pesquisa e recuperação dos roteiros de fabricação existentes (seja para cada peça cadastrada, seja o roteiro-padrão de cada família), baseado no código S.C.C. da nova peça e no código da família.

-Edição da folha de processos de modo automatizado, permitindo a modificação de qualquer informação nela contida;

Para cada operação, teremos a seleção de:

- Descrição comumente utilizada;
- Ferramentas de corte utilizadas (material, tipo);
- Máquina-operatriz;
- Dispositivo de fixação;
- Parâmetros de corte recomendados (velocidade, avanço, profundidade por passe, número de passes);
- Sobremetal para as operações intermediárias.

De modo interativo, orientado pelo sistema, mas com a tomada final de decisões realizada pelo planejador de processos;

Dependendo dos tipos de peças fabricadas o sistema pode ser aplicado a peças de revolução, ou prismáticas ou a ambos os tipos.

As vantagens deste tipo de sistema são as seguintes:

- Redução do tempo de elaboração dos roteiros de fabricação, devido automatização das tarefas de pesquisa, consulta, seleção, inclusão e modificação das informações necessárias, bem como da redução ou mesmo eliminação da duplicidade de roteiros;
- Otimização da utilização dos recursos físicos existentes no chão-de-fábrica (máquinas, ferramentas de corte, dispositivos de fixação);



## **2.5 - Racionalização do Projeto e a Recuperação de Dados de Projeto**

No projeto onde se utiliza o conceito de Tecnologia de Grupo, é indispensável o emprego de um sistema de codificação e classificação na padronização e redução do tempo de projeto. Além do sistema oferecer um método sistemático e eficiente no armazenamento de informações, pode também contar com o auxílio de uma base de dados computacional na recuperação de dados de projeto como: desenho, especificações, dados geométricos, materiais, etc..

O sistema de recuperação de dados de projetos baseados no agrupamento em famílias proporciona as seguintes características importantes que auxiliam significativamente a racionalização do projeto:

- agrupamento de peças em famílias para a racionalização de projeto;
- recuperação de informações existentes de projeto para aplicações novas, modificações e referências;
- padronização de especificações, características e materiais dos projetos;
- eliminação de desenhos duplicados;
- melhor estimativa de custo.

## **2.6 - Influência da Tecnologia de Grupo na Simplificação**

O conceito de Tecnologia de Grupo não é criação recente, desde o começo de século vem sendo pesquisado e desenvolvido em países industrializados. Isto se fez necessário pois o consumidor, cada vez mais exigente, obriga a indústria a diversificar seus produtos e buscar novos métodos de simplificação estrutural. O conceito de tecnologia de grupo apesar de antigo só agora está sendo aplicado de maneira coerente e organizada.

A Tecnologia de Grupo é um conceito simples e consiste em identificar e agrupar componentes com similaridade geométricas ou em processos de fabricação, obtendo vantagens dessas similaridades no projeto, planejamento e controle de produção, na fabricação, na administração, etc., isto é, desde o projeto até o produto acabado.

Dessa forma as inovações tecnológicas conduzem a sistemas de fabricação integrados por computador, garantindo a utilização da tecnologia de grupo integrada com a fabricação. Para que se tenha êxito na utilização da tecnologia de grupo é necessário um bom sistema de codificação e classificação para peças, pois é a base para a formação de famílias de peças.

A formação de famílias de peças traz benefícios desde o projeto até a manufatura, auxiliando a formação de células de manufatura, a programação para o sequenciamento e carregamento de máquinas.

A medida que se utiliza a Tecnologia de Grupo, torna-se aparente as vantagens como método de simplificação estrutural em diversas áreas de atuação como:

#### **2.6.1 -Simplificação no Projeto**

A partir de um sistema de codificação e classificação bem projetados é possível:

- obter dados efetivos de projetos e um sistema de recuperação eficientes;
- intensificar a padronização de projetos funcionais, evitando a duplicação e diversidade;

- obter informação completa e precisa na formação de famílias através de códigos;
- facilitar a integração de um projeto assistido por computador generativo;
- disponibilidade de dados para avaliação da capacidade da fabricação, análise de valores na engenharia de métodos.

A partir da formação de famílias de peças é possível:

- desenvolvimento de um arquivo de peças compostas que assistirá no projeto e desenvolvimento de componentes compostos;
- identificação de peças para a compra, fabricação ou montagem;
- facilidade de incorporação de mudanças no produto.

A racionalização do projeto resultante da aplicação da Tecnologia de Grupo reverte em significativa economia de tempo e custo de projeto, especialmente de projetos de novas peças.

#### **2.6.2 - Simplificação no Planejamento e Controle de Produção**

Para que haja uma simplificação do planejamento e controle de produção é necessário um sistema de codificação e classificação bem projetado que permitirá uma recuperação rápida e confiável dos processos de fabricação.

Assim, é possível com a simplificação :

- obter um efetivo projeto do ferramental de grupo para o conjunto de peças, para a programação da CN e etc., através de processos padronizados para famílias de peças;

- informação básica para planejamento computadorizado do processo, através de arquivos de família;

- através da programação:

- a) simplificar a programação da produção;

- b) reduzir o tempo total de produção, com o cumprimento das datas de entrega.

- redução do inventário em processo, pois o transporte entre máquinas e o tempo de espera é reduzido, além de redução do investimento no trabalho em processamento;

- maior eficiência no carregamento de máquina, através da formação de famílias de peças e grupos/células de máquinas;

- otimização da mão-de-obra.

Assim, o controle de produção pode ser simplificado e efetivamente executado, reduzindo tempo e controlando a qualidade, melhorando, assim, a posição de competitividade da indústria no mercado além de um melhor balanceamento dos estoques.

### **2.6.3 - Simplificação na Fabricação**

Um sistema de classificação e codificação e/ou análise de fluxo de produção permitirá a formação de células de máquinas para a fabricação das famílias de peças que resultará em:

- redução do tempo de processamento da peça;

- melhoria do layout da fábrica, com a utilização racional do espaço;

- redução no tempo de preparação da máquina (set up);

- redução do transporte e tempo de espera entre processos;

- redução do custo de ferramental;

- torna economicamente possível a utilização de equipamentos sofisticados, através da otimização da carga da máquina.

Além da codificação e classificação e/ou análise de fluxo, a programação por famílias de peças para máquinas CN reduz o custo operacional.

Dessa forma, a tecnologia de grupo permite maior eficiência do sistema de fabricação multi-estações com centros de usinagem com CN e robos industriais, podendo operar com êxito integrados com computador.

#### 2.6.4 - Simplificação na Administração

Na parte administrativa a tecnologia de grupo permite um fluxo adequado de trabalho e o estabelecimento de centro de custos originando uma carga eficiente de homem e máquina. Permite também a cooperação mais efetiva entre as áreas resultando em maior produtividade.

Como possibilita o conhecimento das operações pelo trabalhador, a qualidade e eficiência aumentam, bem como a satisfação pessoal.

O trabalho de supervisão é facilitado, pois há conhecimento imediato do estado do trabalho da célula, ensumos custos indiretos são reduzidos com a otimização da mão-de-obra e recursos.

Portanto, a Tecnologia de Grupo, apesar do alto custo e falta do pessoal qualificado que podem estar envolvidos na implantação, é hoje um dos métodos mais eficientes para a simplificação estrutural, pois permite:

- a racionalização de procedimentos semelhantes reduzindo tempo de transporte e mudanças de atividades similares;
- a otimização através da padronização de atividades semelhantes, evitando esforços desnecessários;
- redução do tempo de pesquisa de informação, através de armazenamento e recuperação de informações semelhantes;
- redução de custo e aumento da eficiência da mão-de-obra e máquinas;
- flexibilidade maior na inovação de produtos.

## **2.7 - Ferramental Utilizando os Conceitos de Tecnologia de Grupo**

No projeto do ferramental de grupo o conceito de Tecnologia de Grupo é análogo ao utilizado no projeto de produto.

Já em sua utilização, o objetivo é que cada dispositivo ou uma família de ferramentas seja capaz de processar, em uma só preparação, todas as peças da família ou a maior parte, gerando assim, benefícios em economias de tempo de preparação de máquinas (setup), de processamento da operação, etc..

Nas máquinas automáticas o ferramental de grupo é aplicado através de códigos associados as famílias de peças. Dessa maneira para usinagem de um componente de uma dada família são pré-montadas as ferramentas e dado o número de código o que corresponde a família de peças.

## 2.8 - Tipos de Layout de Chão de Fábrica

Existem basicamente três tipos de layout: o funcional, em linha e em grupo.

No layout funcional as máquinas são agrupadas pelos processos de fabricação. Nesse layout não é praticado a Tecnologia de Grupo, já que nele as máquinas são agrupadas pelo processo de fabricação (torneamento, fresamento, furação e etc.).

No layout em linha e em grupo, as máquinas são agrupadas visando o processamento completo de uma família de peças. A diferença entre eles é que no layout em linha a diversificação de produtos manufaturados é pequena e é utilizado para produção em massa, e no layout em grupo a diversificação é grande e a produção é base de lotes.

Para determinação do layout da célula pode-se utilizar um sistema de codificação e classificação com o auxílio do computador ou método manual através da técnica da análise do fluxo da produção desenvolvida por Burbidge.

Um fator que pode interferir na determinação do layout da célula é a carga de máquina, em horas, para cada máquina do grupo.

Assim, na prática, a Tecnologia de Grupo faz um esforço para maximizar a utilização das máquinas do grupo através:

- a) da ampliação de uma família de peças básicas pela adição de peças de um tipo similar, ou fundindo duas ou mais famílias;
- b) usinando duas ou mais famílias de peças na mesma célula de máquinas.

Embora o layout em grupo tenha aspectos vantajosos na aplicação da Tecnologia de Grupo, em determinados casos poderá ocorrer problemas como o balanceamento da utilização das máquinas e da mão de obra ou em encontrar pessoal adequado para a supervisão.

## **2.9 - Benefícios Econômicos**

Os benefícios econômicos que podem ser obtidos com a implantação da Tecnologia de Grupo incluem um projeto mais efetivo, menores estoques, simplificação do planejamento e controle da produção, sequenciamento e carregamento, redução do tempo de preparação e ferramental bem como do inventário em processo e tempo total de produção, otimização do uso das máquinas, etc., entretanto como o custo de manutenção do sistema é considerável, é necessário um período de tempo para que haja retorno do investimento feito, como pode ser visto na figura 2.1.



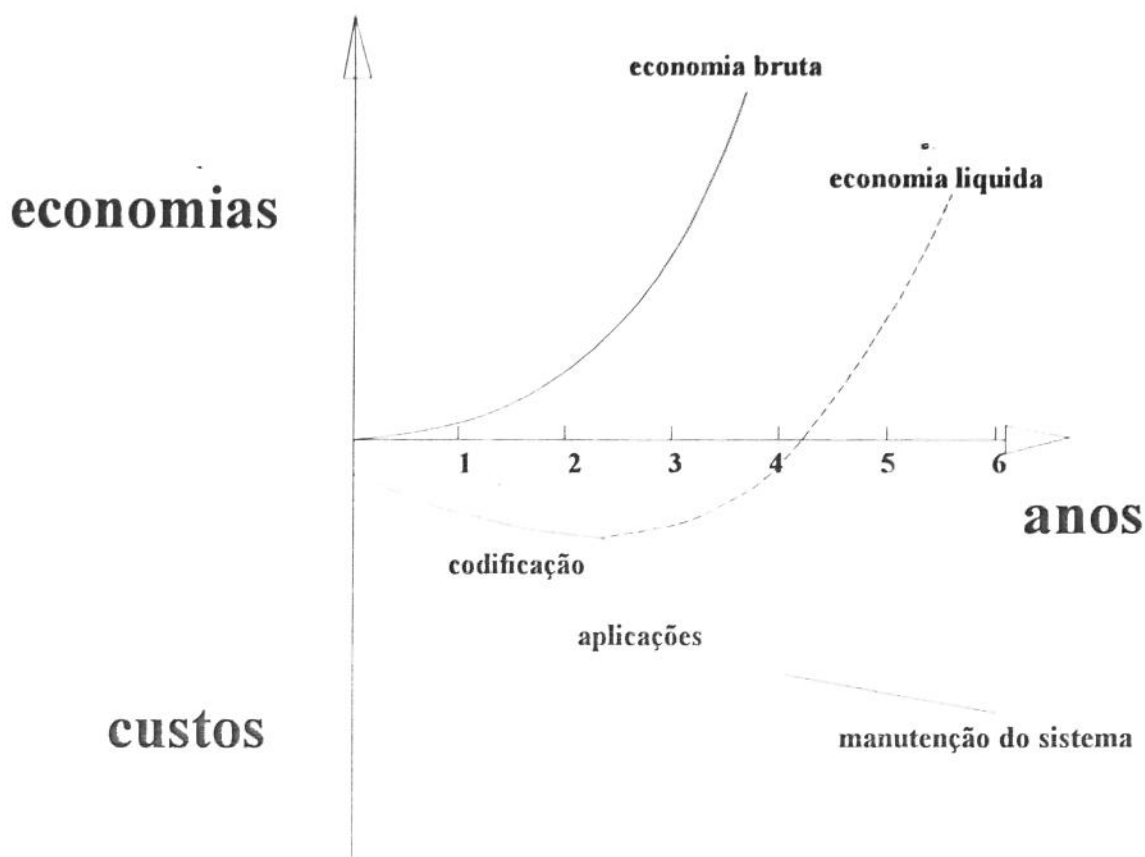


Figura 2.1 - Exemplo de economias de custos, gastos e período de tempo para a implantação da Tecnologia de Grupo, [3].

## 2.10 - COMENTÁRIOS

Neste capítulo conceituou-se a Tecnologia de Grupo no contexto manufatureiro, o surgimento, as diversas áreas de atuação, os benefícios econômicos tanto a nível de qualidade como a nível de padronização do produto.

No próximo capítulo conceituará "Feature de Fabricação", seu significado, sua importância e áreas de atuação e sua correlação com a Tecnologia de Grupo, que é a base do trabalho desenvolvido.

---

## **CAPÍTULO 3 - Conceitos Básicos no Modelamento Geométrico de Sistemas CAD ( Projeto Auxiliado por Computador )**

---

### **3.1 - Computação Gráfica**

A ISO (International Standards Organization) define a Computação Gráfica como sendo um conjunto de métodos e técnicas de converter dados para um dispositivo gráfico, via computador [4], e como tal, está ligada desde sua origem a métodos que permitem a visualização de informações armazenadas na memória do computador.

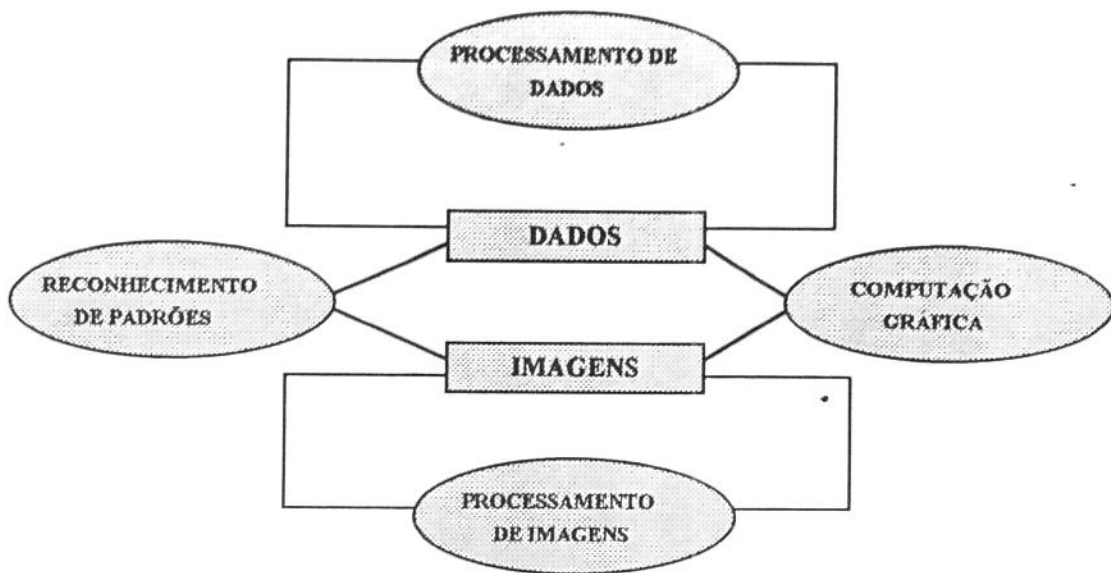
Não existindo, praticamente limitações na origem ou natureza dos dados, a Computação Gráfica é utilizada por pesquisadores e usuários das mais diversas áreas do conhecimento humano. Essa utilização é importante sempre que se fizer necessária uma representação visual envolvendo:

- objetos;
- ações;
- relações;
- conceitos.

O grande número de aplicações das técnicas de Computação Gráfica, faz com que seja confundida com áreas próximas.

O diagrama da figura 3.1 mostra o correto posicionamento da Computação Gráfica em relação a algumas áreas, e em relação à área de Processamento de Dados Tradicional e é composto dos seguintes módulos:

- a) Processamento de Dados Tradicional - o computador recebe dados, processa e devolve dados da mesma natureza.
- b) Computação Gráfica - o computador recebe dados de qualquer natureza, processa e devolve os dados transformados em imagens, através de um dispositivo de saída gráfica.
- c) Processamento Digital de Imagens - o computador recebe uma imagem origem, processa e devolve outra imagem.
- d) Reconhecimento de Padrões - suas técnicas permitem obter a partir de uma imagem informações geométricas e tipológicas sobre os modelos de origem.



**Figura 3.1 - Diagrama de Posicionamento da Computação Gráfica em relação a áreas próximas**

As aplicações da Computação Gráfica se dividem em três grandes áreas [5]:

- Projeto e Produção Auxiliado por Computador;
- Visualização de Dados;
- Interação Homem-Máquina.

Na área de Projeto e Produção Auxiliado por Computador (CAD/CAM), a Computação Gráfica permite a representação e simulação de modelos em fase de projeto, possibilitando visualizar e experimentar soluções que ainda não foram realizadas fisicamente. Além disso, na fase de fabricação, com o auxílio da Computação Gráfica, a produção pode ser automatizada, inclusive, em alguns casos, a modelagem e simulação do produto final.

Na área de Visualização de dados, o Computador é transformado em uma ferramenta que possibilita a apresentação rápida e qualitativa de dados complexos. Pode-se representar desde conceitos que fogem da realidade do espaço físico (visualização de dados multidimensionais), até fenômenos que vão além da percepção visual humana (aplicações na medicina como a tomografia computadorizada).

A utilização de Computação Gráfica no campo científico sofreu grande impulso nos últimos anos, dando origem a uma nova área chamada de Visualização Científica, tornando-se indispensável em diversas áreas da Ciência Pura e Aplicada.

Mesmo que alguém queira permanecer alheio à tecnologia de Computação Gráfica, essa determinação é praticamente impossível se essa pessoa é um usuário de computador ou de algum dispositivo digital. Essa afirmação se justifica pelo crescente uso de técnicas na interação Homem-Máquina. Cada vez mais técnicas oriundas dessa área têm mostrado ser a solução mais efetiva para a comunicação do homem com o computador.

### **3.2 - Modelamento geométrico**

O uso do computador no processo de projeto tem, de acordo com Tozzi [6], se limitado ao desenho, permanecendo o conjunto de desenhos bidimensionais que representam um objeto tridimensional através de projeções ou planos de corte, como a forma de modelamento da maioria dos produtos manufaturáveis. Embora o modelamento a partir de desenhos permita a representação de qualquer objeto tridimensional, apresenta inconvenientes como: necessidade de pessoas treinadas para a sua produção e

interpretação; grande quantidade de cortes para peças complexas; possibilidade de desenhos incorretos que não representam a forma desejada, e informações limitadas sobre as características físicas do objeto de projeto.

Introduzindo estas técnicas de modelamento no processo de projeto, tem-se por objetivo sanar as falhas acima citadas e permitir:

- a análise das propriedades dependentes da forma dos objetos;
- determinação, a partir da forma definida, das formas deriváveis desta, necessárias ao processo de fabricação e inspeção do produto final.

Visando estes objetivos, vários são os modelos propostos para a representação geométrica de superfícies ou sólidos, sendo os seguintes os mais comumente usados:

- superfícies esculpidas;
- "wire-frame";
- "constructive solid geometry" (CGS);
- "boundary models";
- "finite element meshes";
- varredura ("sweep");

Cada um destes modelos ou representações possuem características peculiares em função das quais as propriedades do objeto podem ser obtidas com menor ou maior esforço. A escolha do modelo mais adequado a cada caso é função da aplicação e das formas a serem descritas.

### 3.2.1 - Superfícies Esculpidas

Para a representação de formas (superfícies) que não possuam uma representação analítica como superfícies de carrocerias de automóveis, cascos de navios e aeronaves são usadas principalmente as superfícies esculpidas[24]. Um exemplo desta superfície é mostrado na figura 3.2.

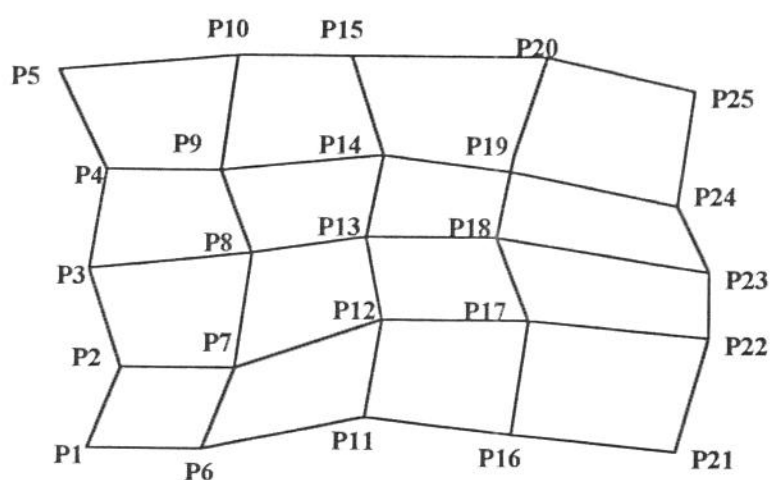
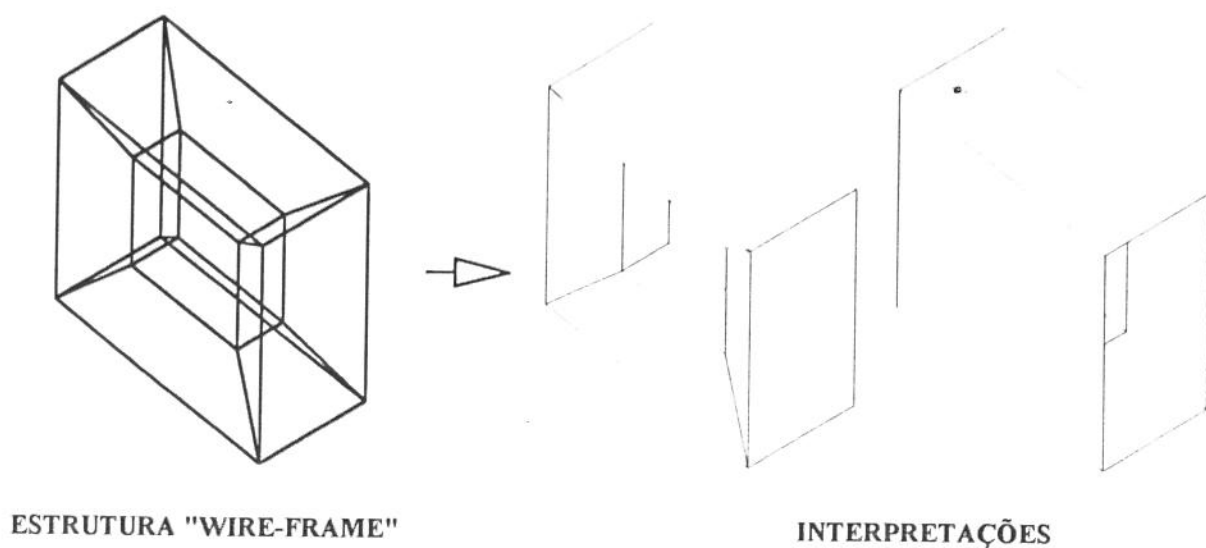


Figura 3.2 - exemplo de superfície esculpida

### 3.2.2 - Wire-Frames ( arame )

Neste modelo o objeto é representado por suas arestas. Para muitas aplicações a representação do objeto por suas arestas é suficiente; porém, para algumas situações esta representação apresenta inconsistência, como mostra a figura 3.2 com a mesma representação "wire-frame" correspondendo a diferentes objetos.



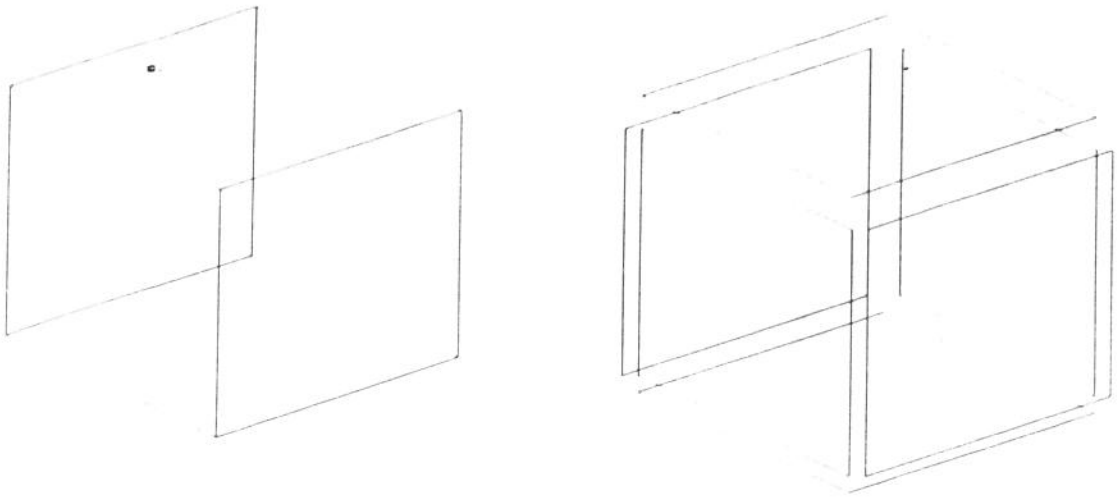
**Figura 3.3 - Estrutura "Wire-Frame" e algumas possíveis intepetações**

A representação por "wire-frame", além do inconveniente da ambiguidade, não favorece a automatização na eliminação de linhas escondidas, cálculo de massa, e outras propriedades relacionadas com o objeto.

### **3.2.3 - Representação por Contorno**

A representação de um objeto por seu contorno é obtida pela descrição de suas faces. Cada face é descrita pela superfície sobre a qual ela se encontra e pelo conjunto de bordas que limitam esta superfície. Cada borda, por sua vez, é representada pela curva que a contém e pelos pontos que a limitam. A figura 3.4 mostra a representação de um cubo pelo seu contorno.





**Figura 3.4 - Representação de um cubo pelo seu contorno [6]**

Num sistema de representação por contorno o conceito de face deve ser definido pelo projetista; os dois esquemas mais usuais para definição de faces são [5]:

#### **a) Triangularização**

Corresponde ao esquema usado na figura 3.5; neste esquema:

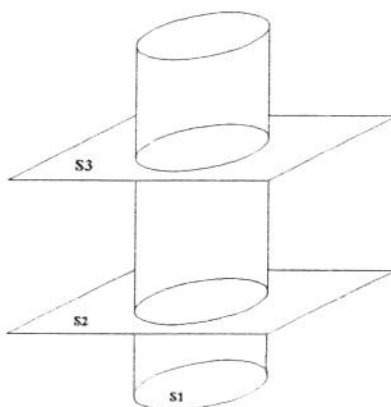
1. cada face deve ter precisamente 3 bordas;
2. cada borda deve ter precisamente 2 vértices;
3. cada borda deve pertencer a um número par de faces;
4. cada vértice numa face deve pertencer a duas bordas da face;
5. cada tripla de coordenada dos vértices deve representar um ponto distinto no espaço;
6. as bordas devem ser disjuntas ou possuir interseção num vértice comum;
7. as faces devem ser disjuntas ou possuir interseção numa borda ou vértice comum.

8. a união das bordas numa face deve formar um conjunto conexo;
9. todos os vértices de uma face devem estar num mesmo plano.

### 3.2.4 -Representação por "Constructive Solid Geometry" (CSG)

Nesta representação, segundo Tozzi [6], os objetos são modelados através de conjuntos de pontos denominados semi-espacos que podem ser combinados através dos operadores booleanos união, interseção e diferença.

Os semi-espacos podem ser especificados pela enumeração de seus pontos, ou por uma função  $F(x,y,z)$  que possui valores positivos fora do semi-espaco, valores negativos no seu interior e valor zero no contorno. Semi-espacos podem ser gerados pela combinação de outros semi-espacos, como mostra a figura 3.6 onde o semi-espaco correspondente ao cilindro é formado pela combinação de 3 semi-espacos:

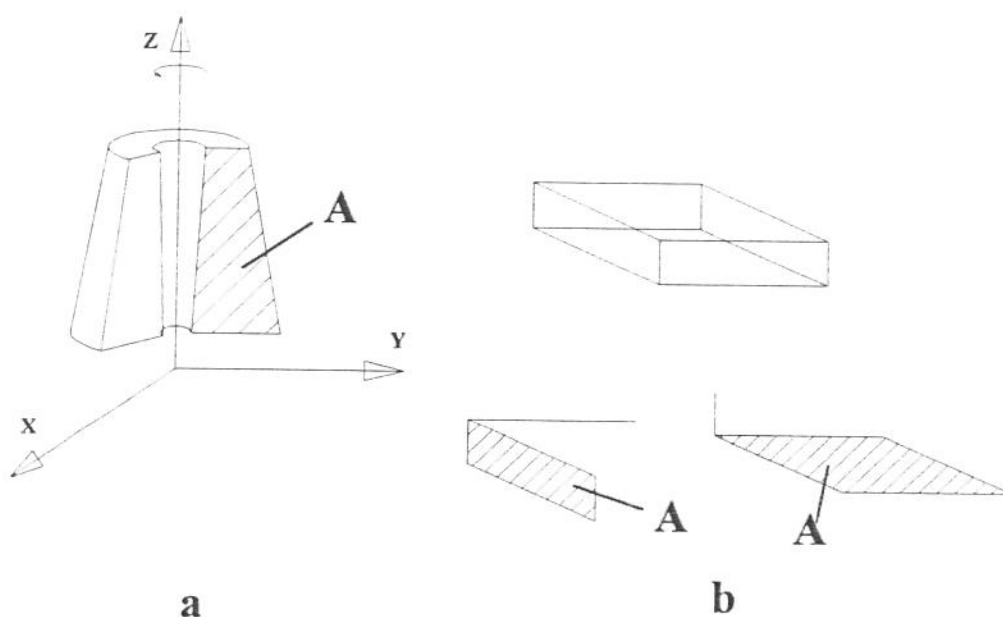


**Figura 3.6 - Um cilindro representado pela interseção de 3 semi-espacos [6]**

### 3.2.5 -Representação por Varredura ("sweep representation")

As representações tridimensionais, de acordo com Tozzi [6], podem ser obtidas a partir de representação bidimensionais, denominadas perfis, rotacionadas em torno de um eixo, gerando superfícies de revolução, ou transladadas ao longo de uma trajetória numa operação denominada extrusão.

As técnicas convencionais de representação por varredura requerem que as superfícies utilizadas sejam planas e, no caso de superfícies de revolução, que a mesma seja rotacionada ao longo de um arco de circunferência; entretanto, alguns modeladores não impõem estas restrições aumentando o potencial descritivo do modelo. A figura 3.7 mostra a geração de objetos 3D por extrusão e rotação.



**Figura 3.7 - Descrição de objetos por varredura [6]**

a) rotação e b) extrusão

### 3.3 - Estudos das Características de Features Aplicados à Manufatura

#### 3.3.1 - Generalidades

Dois fatores importantes na classificação de peças rotacionais para formação de famílias de peças são a representação e o manuseio de dados usados durante o projeto e as atividades de manufatura. Dessa forma o uso de "Features" associadas as técnicas de modelagem traz uma melhoria no manuseio dos dados, com uma excelente forma de integração, alguns tipos de features são mostradas nas figuras 3.8 e 3.9.

Durante as atividades de projeto é possível representar o modelo sólido do desenho geométrico, mas não é possível representar nenhuma informação tecnológica, tais como: tolerância, material, processo de manufatura, etc.. A resposta pode ser conseguida através do uso de um elemento chamado "feature" que pode ser incorporado a esta informação.

A palavra Feature significa a representação das características geométricas e tecnologias em uma forma única. Elas são pré-definidas e contém um número limitado de elementos os quais carregam informações relativas ao projeto e as atividades de manufatura.

Neste capítulo tem-se a visão de algumas considerações gerais de features no contexto de trabalhos como elo de ligação entre o projeto e a manufatura. Alguns detalhes a mais sobre features pode ser encontrado em Shaw [7] e Gao [8].

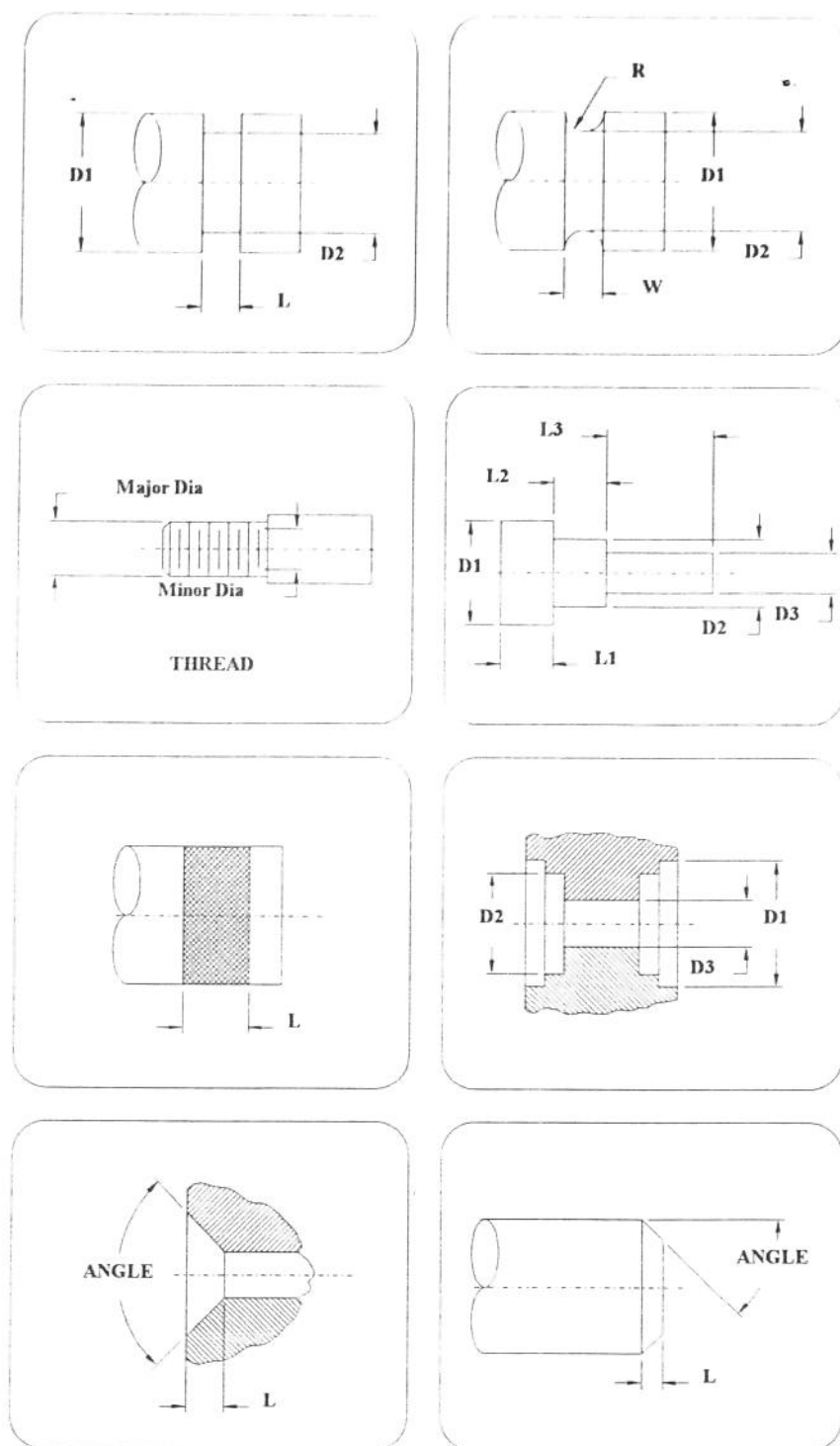


Figura 3.8 - Exemplos de Features Rotacionais. [26]

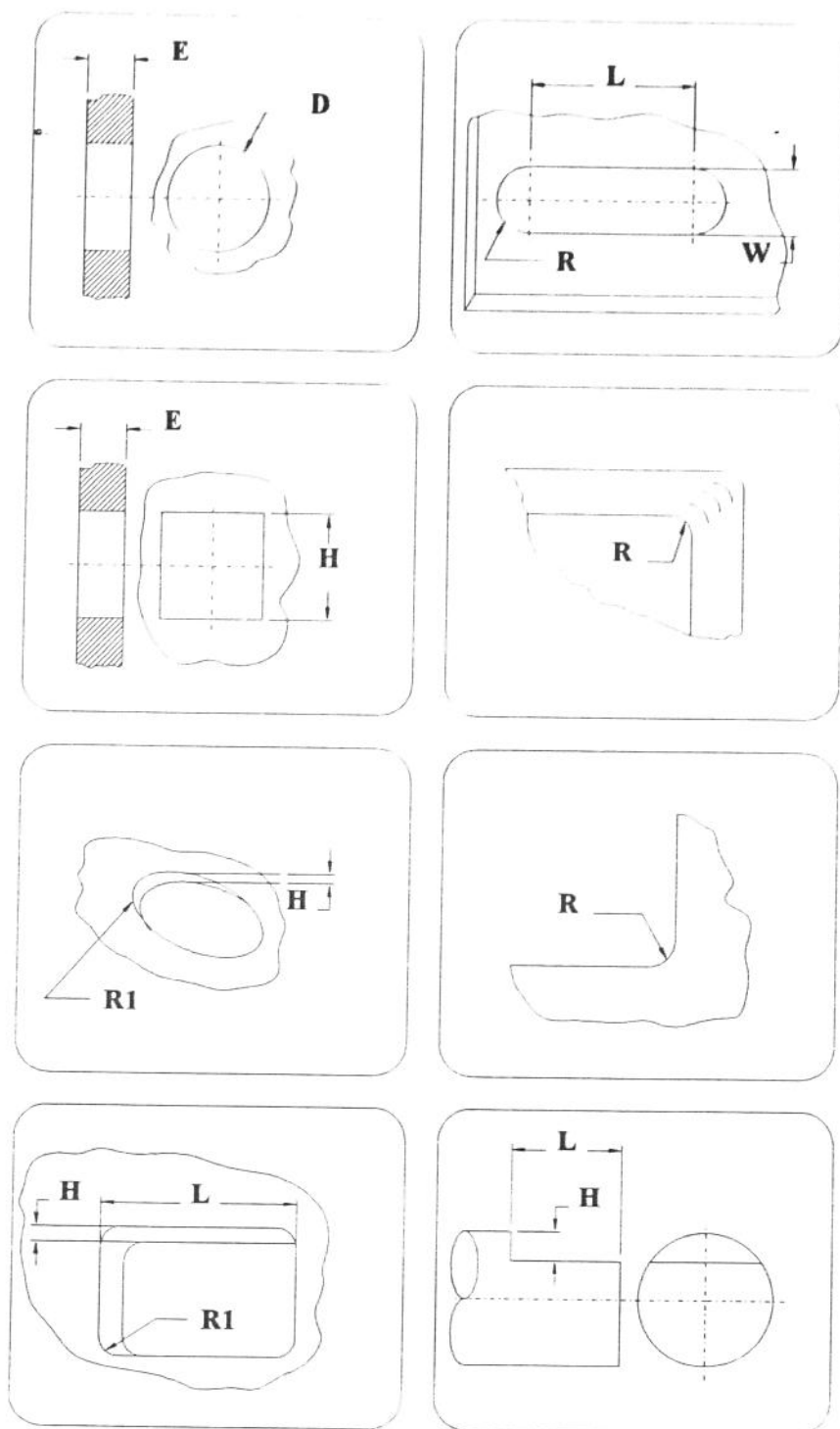


Figura 3.9 - Exemplos de Features Prismáticas. [26]

### 3.3.2 - Identificação e Classificação Geral das features

Diversos estudos têm mostrado que o uso de features pode ser usado em várias áreas, Shah [9] e Cunningham [10]. Todavia um dos estudos mais significantes na formação e identificação de features, segundo Butterfield [11], foi realizado por John Deere para o Sistema CAM-I. De acordo com Varvakis [12] as features também podem ser usadas em várias aplicações/situações como por exemplo: a identificação de features na usinagem e no processo de fabricação definido anteriormente.

Nestes trabalhos citados, as features eram definidas em termos de forma genérica, parâmetros dimensionais e atributos.

Na manipulação das features existem dificuldades de seu reconhecimento se suas definições (regras) não forem bem claras e o processo de fabricação não for bem definido. Para se ter êxito na elaboração de features é necessário um bom esquema de definição e classificação.

Alguns bons trabalhos apresentados nesta área são:

-Pratt [13], apresentou um esquema contendo 5 dígitos, mas é considerado somente a formação de features.

-Gyndy [14], apresentou uma estrutura hierárquica, para formação de features baseada nas próprias características geométricas.

-Alting e Zhang's [15], revisão de sistemas de planejamento e processo auxiliado por computador.

-Shah e Rogers [16], forma de integração de CAD e CAM através de tecnologia de features.

-Jared [17], Joshi e Chang [18] e Woodward [19], discutiram diferentes formas de reconhecimento de features.

### **3.3.3 - Benefícios das Features**

Na sequência, apresenta-se os benefícios do uso de features, segundo alguns trabalhos:

"Usuários podem expressar facilmente o projeto através de features manipuláveis, eliminando passos intermediários" [20].

"O banco de dados das features tem um funcionamento semelhante a um banco de dados heurísticos"[20].

"Feature pode conter informações que auxiliarão na programação de máquinas CN, processo de fabricação, etc."[21].



Seria importante acrescentar que as features são elementos perfeitos no uso de modelamento de um produto em um ambiente de fabricação, isto é, seguindo uma perfeita integração de um sistema computacional de manufatura.

### **3.3.5 - Método Utilizado para Análise e Reconhecimento de Forma Geométrica**

#### **a) Reconhecimento e Extração de Features**

O modelador geométrico, durante as atividades de projeto, guarda dados relativos as entidades (vértices, faces, etc.). Estas informações determinam parâmetros que irão direcionar a formação das features.

O programa de reconhecimento e extração automática de features, identificam e extraem dados pré-definidos, formando assim as famílias de peças.

O método pode ser dividido em quatro categorias:

- wire-frame;
- por contorno;
- CSG;
- varredura.

Todos os meios citados acima já foram explicados no capítulo anterior.

Neste trabalho optaremos pelo método "wire-frame" e "contorno", devido a geometria da peça ser de revolução e não necessitar a utilização de um sólido (3D) para a identificação e extração de dados.

## **b) Observação Geral**

Features têm sido associadas e usadas numa série de trabalhos de pesquisa, e é usada no reconhecimento de seus significados, como elemento chave de integração entre a manufatura e o projeto e entre o processo de fabricação e a manufatura.

No presente as features estão em constante evolução e muitos trabalhos estão sendo feitos no sentido de melhorar seu entendimento.

## **3.4 - Engenharia Simultânea**

Com o desenvolvimento acelerado tanto a nível de software como de hardware é possível, segundo Rosa [22], a aplicação de estratégias mais confiáveis durante o desenvolvimento de produtos, onde no passado não era possível.

Então privilegiando-se deste desenvolvimento surgiu o conceito de Engenharia Simultânea, onde é possível o desenvolvimento de um produto através de seus processos de concepção realizados simultaneamente, como: projeto de produto, projeto ferramental, manufatura, processo, gerenciamento, etc, obtendo como resultado um projeto mais

preciso, com menos erros de concepção, com um menor tempo de desenvolvimento a um custo mais baixo.

A Engenharia Simultânea tem sido considerada, segundo Costa [23], a solução ideal para reduzir o prazo do desenvolvimento de novos produtos, melhorando a qualidade do produto com um número menor de pessoas envolvidas no processo e sua implementação tem sido apoiada por uma ferramenta básica, os softwares de CAE/CADD/CAM.

O uso de softwares CAE/CADD/CAM, tem direcionado nos dias de hoje a tomada de uma estratégia de integração durante o processo de desenvolvimento e fabricação. A esta integração auxilia o desenvolvimento do CIM (Computer Integrated Manufacturing).

O objetivo de um ambiente CIM, de acordo com Costa [23], é a criação de uma integração a nível computacional nas diversas atividades do processo de obtenção do produto numa empresa. Já na Engenharia Simultânea o objetivo é de criar condições para diferentes áreas de conhecimento e atividades venham interagir durante o processo de desenvolvimento do produto.

### **3.5 - COMENTÁRIOS**

Neste capítulo descreveu-se a importância da computação gráfica no contexto da engenharia e outras áreas de atuação, as técnicas de modelamento geométrico em sistemas CAD, caracterização das "Features" aplicadas ao projeto e a manufatura e os princípios dos conceitos da Engenharia Simultânea.

No próximo capítulo aplicar-se-á as técnicas e métodos descritos neste capítulo para o desenvolvimento do sistema SGCFF ( Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação).

---

## **CAPÍTULO 4 - Desenvolvimento de Features de Fabricação**

---

### **4.1 - Introdução**

O objetivo deste desenvolvimento foi a criação de um módulo chamado "Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação" o qual faz parte do Sistema PPCM, "Planejamento e Projeto de Células de Manufatura", que pretende sistematizar via computador uma metodologia para a definição de Células de Manufatura baseada nos conceitos de Tecnologia de Grupo e Features de fabricação.

Esta estruturação foi desenvolvida e é mostrada na figura 4.1. Pode-se ver os seguintes módulos: Módulo SGCFE (Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação), o Módulo Editor de Roteiro de fabricação, o Módulo Formador de Células de Manufatura e o Módulo Determinador de LayOut.

No Módulo SGCFE gera-se o perfil da peça, codifica e a classifica em famílias de peças, segundo os conceitos de Tecnologia de Grupo e Features de Fabricação.

Através desta classificação o Módulo Editor de Roteiros de Fabricação, interpreta o código gerado pelo Módulo SGCFE e forma o roteiro resumido de fabricação da peça

projetada, contendo o tempo total gasto na fabricação, o tempo gasto em cada processo e as máquinas por onde passará a peça.

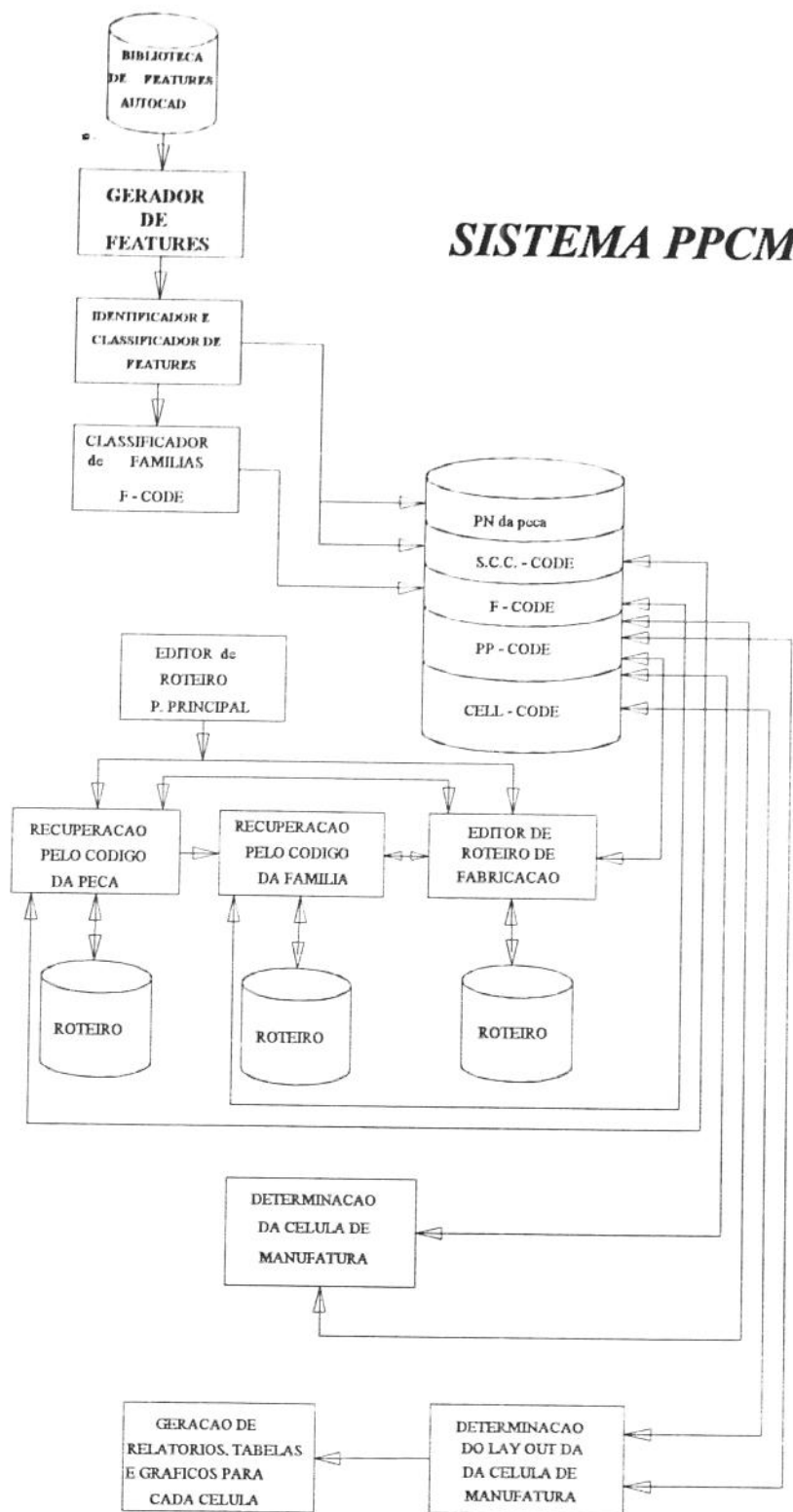
Com o código da peça, da família e o roteiro de fabricação, o Módulo Formador de Células de Manufatura, associará a peça em uma célula já existente ou criará uma nova caso seja necessário.

Os conceitos fundamentais nos quais se baseia o sistema é a Tecnologia de Grupo e Features de Fabricação, através dos conceitos de famílias de peças, roteiros-padrão das famílias (Planejamento de Processo do tipo Variante), features de fabricação e células de manufatura.

A cada família é associado um roteiro-padrão de fabricação, que será posteriormente modificado para geração do roteiro de fabricação das peças pertencentes aquela família.

Com base nos roteiros de fabricação das peças, é então definida a formação das células de manufatura através da matriz máquina x peça.

De acordo com as células obtidas e a sequência de máquinas visitadas pelas peças, é definido o fluxo das peças em cada célula, possibilitando a elaboração do correspondente layout.



**Figura 4.1 -Estrutura do Sistema PPCM**  
(Projeto e Planejamento de Célula de Manufatura)

## **4.2 - Escolha do Sistema CAD**

O sistema CAD escolhido para confecção do trabalho foi o Autocad versão 12, devido ao seu custo ser relativamente baixo com relação aos outros, ser um modelador geométrico muito prático, acessível com larga utilização em micro-computadores.

Segundo Censi [24], o Autocad é atualmente o software gráfico mais utilizado em todo o mundo, possuindo versões específicas para micro-computadores do tipo IBM - PC, Macintosh e Workstations, sendo disponível para uma série de sistemas operacionais. Isto permite ao usuário, incrementar seu sistema CAD, naturalmente, sem troca de software ou de equipamentos.

Para Thomas [25], a principal razão para que o Autocad seja considerado o padrão para as aplicações de CAD em PCs é sua versatilidade, devido a sua facilidade de se modificar para atender as necessidades de desenhistas e projetistas de qualquer área.

### **4.2.1 - Escolha da Linguagem de Programação**

Com a escolha do software Autocad, escolheu-se também a linguagem Autolisp, pois é uma linguagem específica do Autocad, utilizada para escrever instruções a serem executadas pelo mesmo; essas instruções são chamadas Rotinas Lisp e são armazenadas em arquivos formato ASCII. Esses arquivos podem assumir qualquer nome válido para o DOS.



Como toda linguagem de programação, oferece ferramentas gerais a fim de estruturar o fluxo de programas, manipular seus dados e criar dados de entrada e saída entre o computador e seus periféricos.

Além disso, tem funções específicas para o Autocad, permitindo acesso aos dados das entidades dos desenhos e sua atualização; acesso a tabelas de blocos, camadas, vistas, estilos, UCSs, divisões de tabelas e tipos de linhas, e controle sobre a tela gráfica e a entrada de dispositivos.

Desse modo, otimizam a performance do Autocad, pois possuem várias aplicações, incluindo a criação de comandos novos e exclusivos para o aplicativo, a inserção de funções para desenhar e calcular, ativada pelo usuário através de menus, e o desenvolvimento de aplicações que automaticamente executam desenhos e análise de gráficos.

Como Vantagens da linguagem Autolisp, pode-se citar:

- Como o Autolisp é a comunicação direta entre o programador e o Autocad, tem-se acesso as entidades do desenho, as tabelas de referência e a transferência de dados de e para o Autocad. Ao utilizá-las nas macros de menus, grava-se dados em variáveis, processa-se os dados e os envia de volta ao Autocad. Os pontos, as distâncias e outros valores podem ser armazenados, calculados, comparados e utilizados nos desenhos;
- Pode-se controlar o ambiente do desenho por intermédio das variáveis de sistema armazenando-as, mostrando o status do desenho, alterando e restabelecendo definições;
- Modifica-se definições do sistema de maneira transparente durante os comandos para aumentar a sensibilidade;

-Tem-se acesso a dados de entidades podendo extraí-los;

-Utiliza-se os dados em programas modificando, inclusive, entidades de maneira transparente;

-As rotinas Lisp facilitam muito na produção de desenhos complexos, eliminando-se nomes desnecessários e a repetição de digitações pelo usuário.

#### 4.3 - Escolha do Hardware

Como o projeto foi idealizado visando atender as pequenas e médias empresas, o hardware e o software utilizados não poderiam ter um custo elevado, o qual foram da ordem de 5000 dolares. A compra do equipamento e do software foram realizadas em junho de 1992, então, hoje o mesmo equipamento teria um valor inferior ao pago na época da compra.

O equipamento e o software adquiridos são:

- Micro PC-AT 386 DX com:

4 Mb de RAM

80 M de Winchester

2 drives (1.44 e 1.2 M)

coprocessador aritmético

monitor super VGA

- Ploter A3 Hudson
- Impressora Epson LX 1001
- Mouse Logitec
- Software Autocad Versão 12

#### **4.4 - Features de Fabricação**

##### **4.4.1 - Definição de Features**

Features são entidades geométricas (linhas, arcos, etc.), contendo informações tecnológicas (atributos) incorporadas, auxiliando assim a classificação segundo os conceitos de Tecnologia de Grupo. Elas significam a representação das características geométricas e tecnologias em uma forma única, são pré-definidas e contém um número limitado de elementos os quais carregam informações relativas ao projeto e as atividades de manufatura. Dessa forma o uso de "Features" associadas as técnicas de modelagem, propicia uma melhoria no manuseio dos dados, com uma excelente forma de integração.

Por isso, são dois os fatores importantes do uso de "Features" na classificação de peças rotacionais utilizando-se dos conceitos de Tecnologia de Grupo para formação de famílias de peças; a representação e o manuseio de dados usados durante o projeto e as atividades de manufatura.

#### **4.4.2 - Classificação das Features**

Um dos estudos mais significante dos conceitos de "Features" foi conduzido por John Deere, que demonstrou que elas podem ser usadas em várias aplicações/situações, como por exemplo: a identificação de features de usinagem e ou processos alternativos na obtenção do produto.

Existem dois tipos de features: as features simples e as compostas.

##### **4.4.2.1 - Features Simples**

As Features Simples são entidades geométricas isoladas (line, arco, etc.) que carregam características tecnológicas (tolerância, acabamento superficial, tratamento térmico, etc.) referentes aos processos de fabricação, mas não indicam um perfil completo, como mostra a figura 4.2.

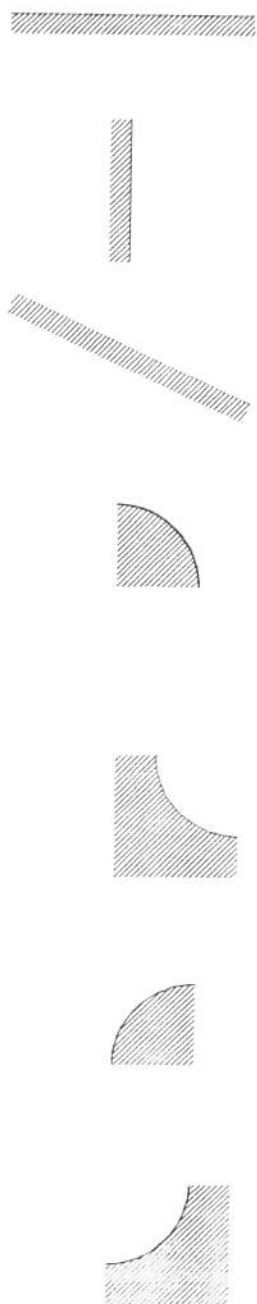
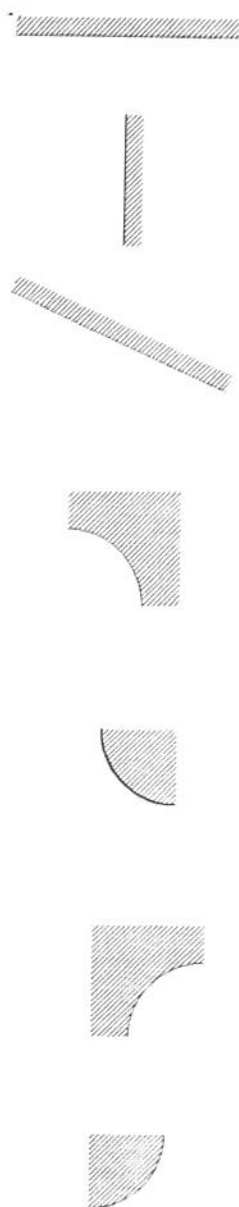


Figura 4.2a - externas

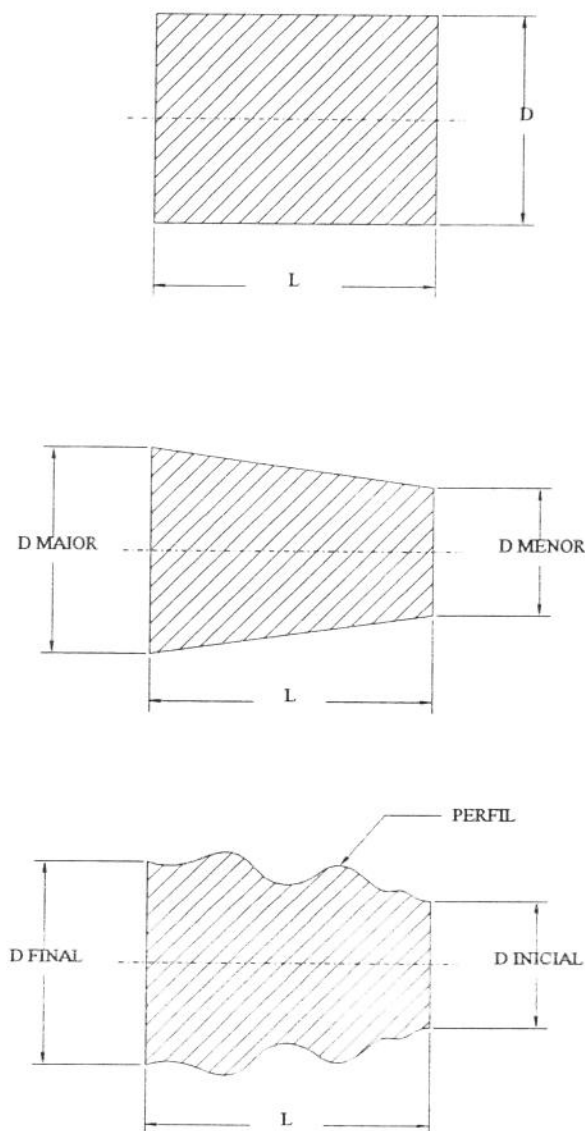


**Figura 4.2b - internas**

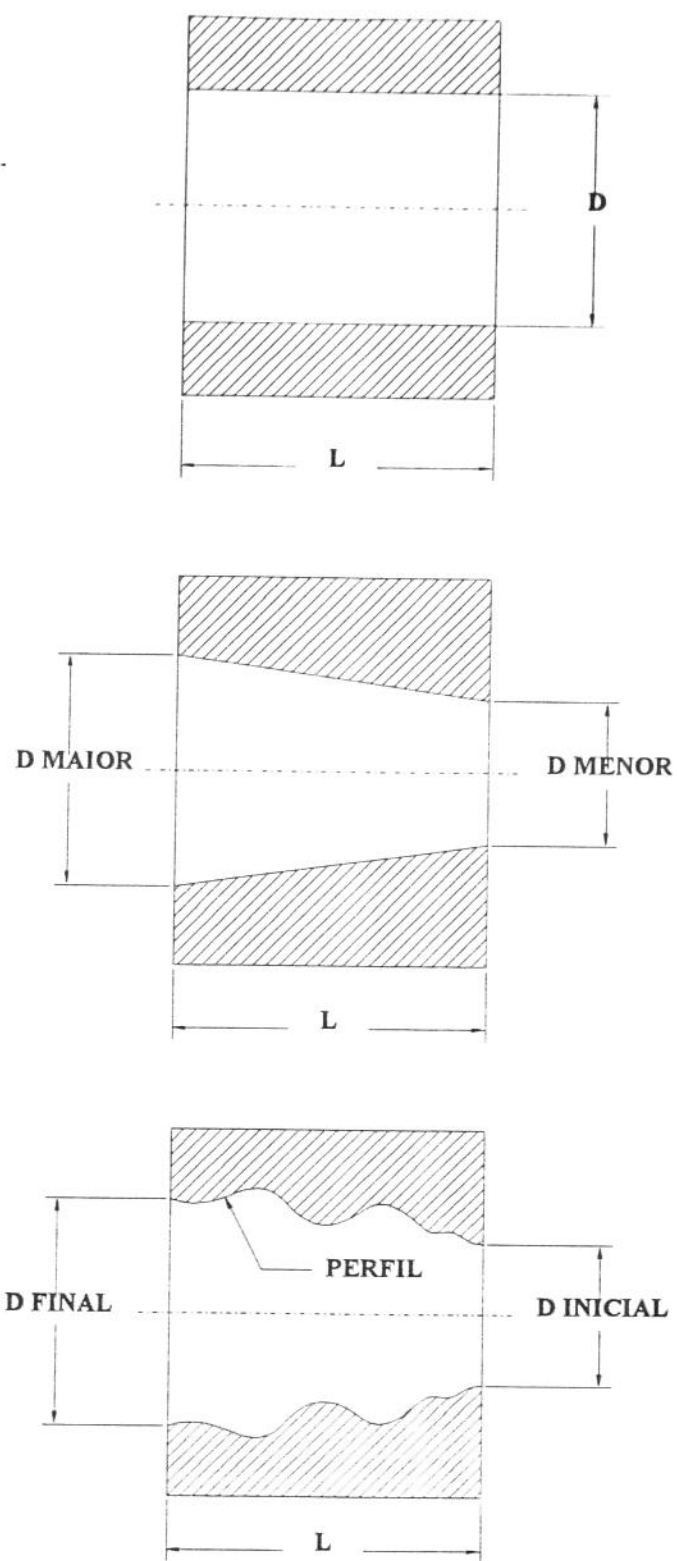
**Figura 4.2 - Exemplos de Features Simples, Varvakis [12] - (a) externas (b) internas**

#### 4.4.2.2 - Features Compostas

Quando se deseja obter um perfil completo são necessárias duas ou mais features simples, isto é, as Features Compostas são um conjunto de features simples associadas, representando um perfil completo, na figura 4.3 são mostradas algumas features compostas desenvolvidas para o sistema SGCF.



**Figura 4.3a - externas**



**Figura 4.3b - internas**

**Figura 4.3 - Exemplos de Features Compostas (a) externas (b) internas**



As features mostradas nos itens 4.4.2.1 e 4.4.2.2 carregam informações tecnológicas (tolerância, material, etc.) que irão determinar a classificação das peças rotacionais em famílias.

Features têm sido associadas e utilizadas em alguns trabalhos de pesquisa, e são usadas no reconhecimento de seus significados, como elemento chave de integração entre a manufatura e o projeto e entre o processo de fabricação e a manufatura. Atualmente elas estão em constante evolução e muitos trabalhos estão sendo feitos no sentido de melhorar o seu entendimento.

#### **4.5 - Estrutura do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação**

O Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação SGCFF, como descrito anteriormente, é um módulo do sistema PPCM, para o Planejamento e Projeto de Células de Manufatura. É composto de quatro sub-módulos, o Gerador de Features, o Identificador de Features, o Codificador e o Formador de Famílias, como mostra a figura 4.4.

O Sistema SGCFF consiste em gerar o perfil de peças rotacionais através de funções novas desenvolvidas no Autocad chamadas de "Features", classificá-las segundo os conceitos de Tecnologia de Grupo, gerando um código composto de 13 dígitos, o qual auxiliará na formação de células de manufatura pelo "Módulo Formador de Células de Manufatura" do Sistema PPCM.

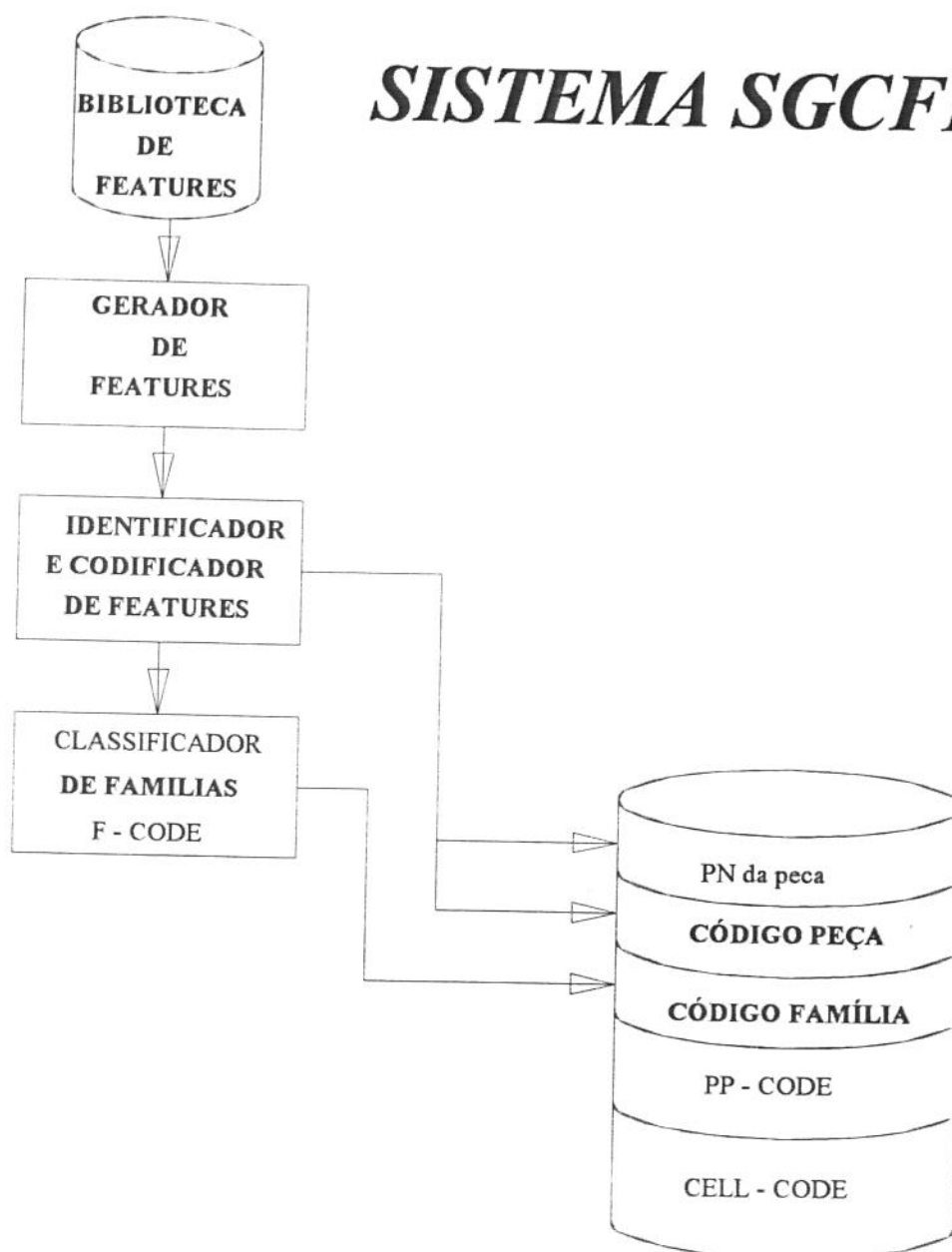


Figura 4.4 - Estrutura do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação

#### 4.5.1 - Descrição dos Sub-Módulos

##### 4.5.1.1 - Sub-Módulo Gerador de Features

O Módulo Gerador de Features é composto de uma biblioteca de programas paramétricos que geram os desenhos automaticamente, determinando o perfil completo de peças rotacionais sob a orientação do projetista, tais como: diâmetro, comprimento, processo de fabricação, etc., como mostra o esquema de funcionamento do sub-módulo Gerador de Features na figura 4.5.

Durante a construção de cada "Feature" é armazenada em um banco de dados dentro do próprio Autocad informações relativas a esta.

Estas informações em conjunto com outras referentes de outras "Features" além de constituírem o perfil completo da peça, darão dados necessários para que o sub-módulo Identificador consiga reconhecer quais "Features" foram utilizadas na confecção da peça.

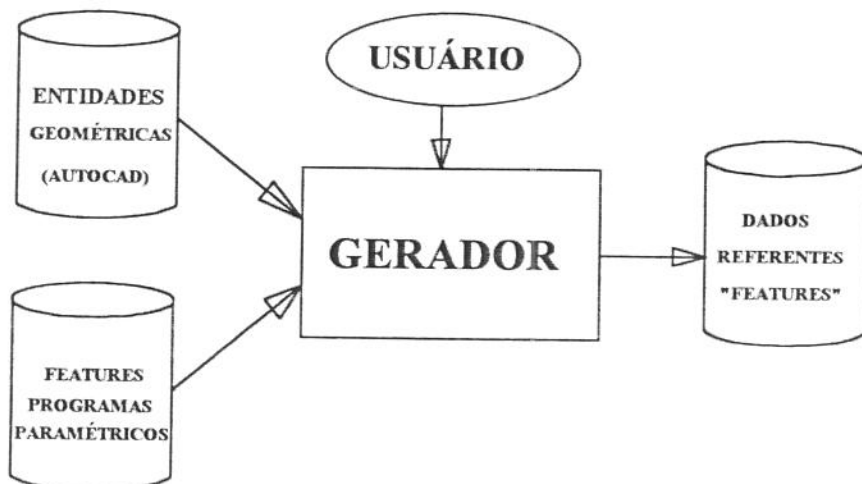


Figura 4.5 - Esquema do Sub-Módulo Gerador de Features

#### 4.5.1.2 - Sub-Módulo Identificador de Features

Durante o processo de projeto o sub-módulo Gerador de Features armazena informações relativas as features utilizadas na construção do perfil da peça num banco de dados, como mostra a figura 4.6.

Com estas informações o sub-módulo Identificador, como o próprio nome diz, irá identificar as Features utilizadas na confecção da peça, e processará e armazenará novos dados em um outro banco de dados.

Estes últimos dados serão utilizados no processamento do sub-módulo Codificador para codificar a peça gerada obedecendo os conceitos de Tecnologia de Grupo.

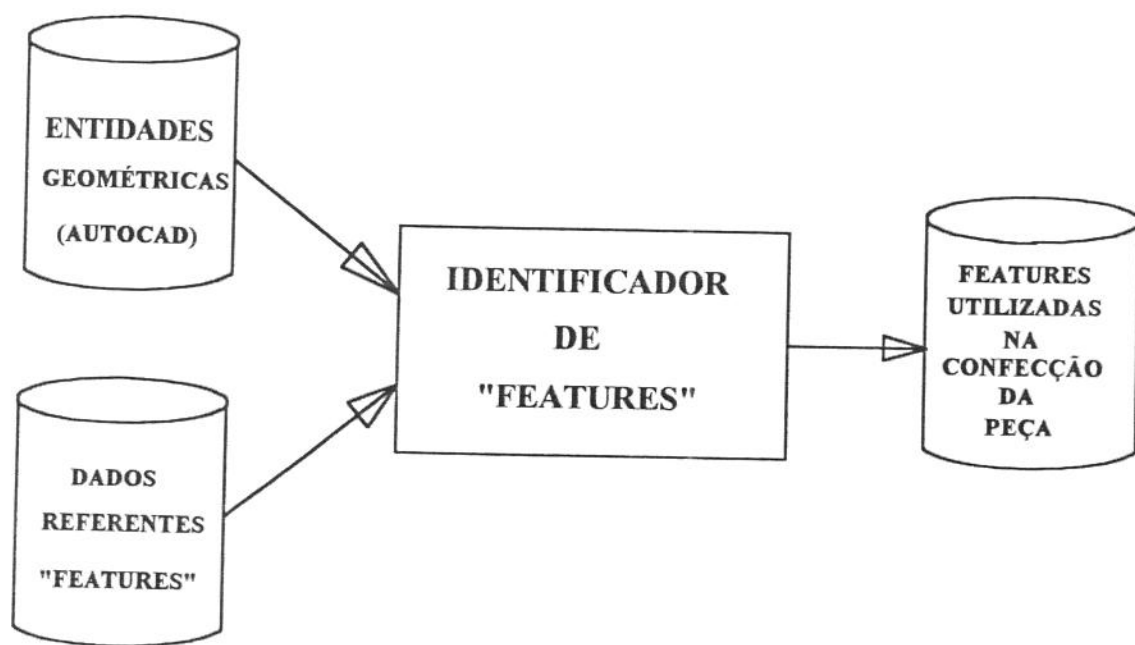


Figura 4.6 - Esquema do Sub-Módulo Identificador

#### 4.5.1.3 - Sub-Módulo Codificador

O Sub-módulo Codificador pesquisa no banco de dados, alimentado pelo sub-módulo Identificador, informações referentes aos tipos de Features utilizadas na confecção da peça e codificá-las segundo os conceitos de Tecnologia de Grupo, como mostra a figura 4.7.

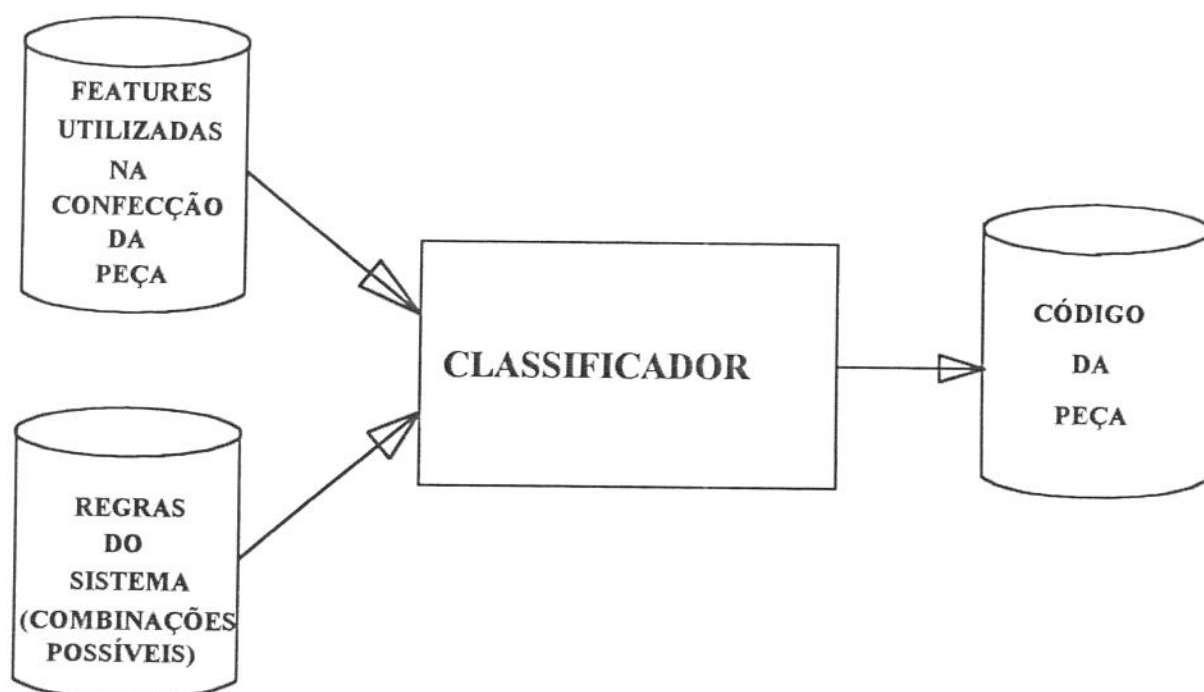


Figura 4.7 - Estrutura do Sub-Módulo Classificador

O sub-módulo Codificador é composto de 13 dígitos, como mostra a figura 4.8 e é descrito o significado de cada dígito a seguir:

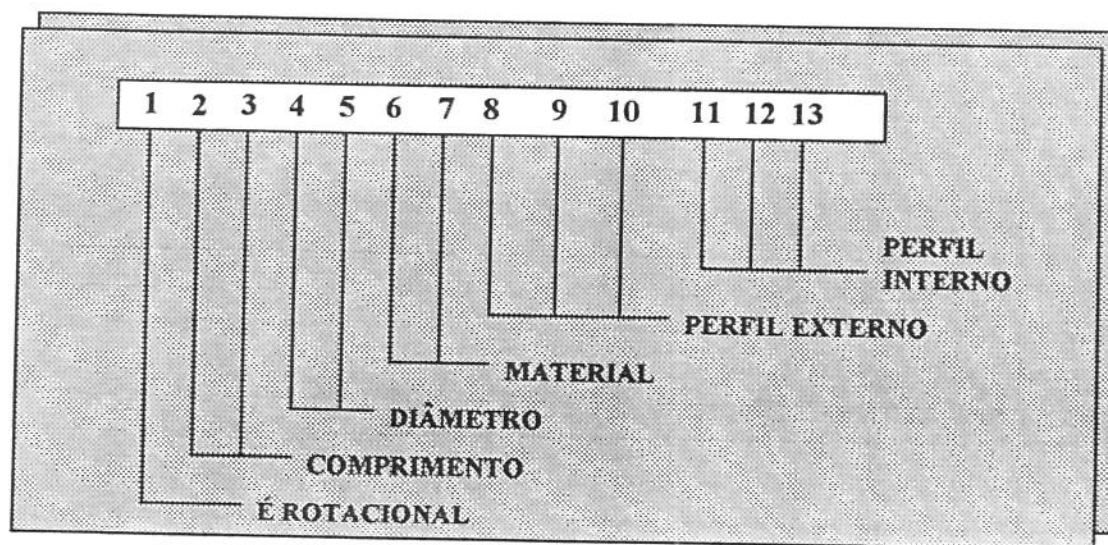
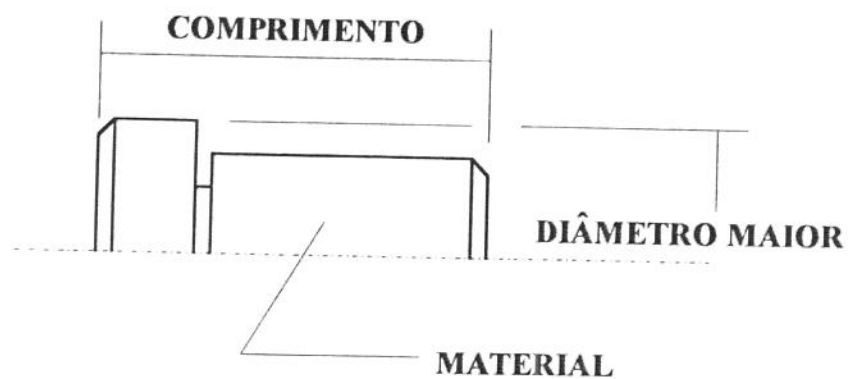


Figura 4.8 - Estrutura do Sub-Módulo Codificador

O primeiro dígito significa se o componente a ser fabricado é rotacional ou não. Se a resposta for positiva, isto é, "sim" o seu valor será "1" (um), caso contrário será "0" (zero). A resposta "sim" ou "não" será dada pelo projetista.

Ex. O componente é rotacional?

Não = 0

Sim = 1

O segundo e terceiro dígitos significam o comprimento total do componente, isto é, será a soma dos comprimentos horizontais "L" de todas as features utilizadas para a fabricação do componente.

Dígito	Variações do Comprimento Total
--------	--------------------------------

00	$00 < L \leq 20 \text{ mm}$
01	$20 < L \leq 25 \text{ mm}$
02	$25 < L \leq 30 \text{ mm}$
03	$30 < L \leq 35 \text{ mm}$
04	$35 < L \leq 40 \text{ mm}$
05	$40 < L \leq 45 \text{ mm}$
06	$45 < L \leq 50 \text{ mm}$
07	$50 < L \leq 55 \text{ mm}$
08	$55 < L \leq 60 \text{ mm}$
09	$60 < L \leq 65 \text{ mm}$
10	$65 < L \leq 70 \text{ mm}$
11	$70 < L \leq 75 \text{ mm}$
12	$75 < L \leq 80 \text{ mm}$

13	$80 < L \leq 85 \text{ mm}$
14	$85 < L \leq 90 \text{ mm}$
15	$90 < L \leq 95 \text{ mm}$
16	$95 < L \leq 100 \text{ mm}$
17	$100 < L \leq 110 \text{ mm}$
18	$110 < L \leq 120 \text{ mm}$
" "	" "
" "	" "
99	$L \leq 920 \text{ mm}$

Ex. Supondo que o componente a ser construído tem um comprimento total de 78 mm, o segundo e terceiro dígitos serão "1" e "2" respectivamente e a composição do 2º e 3º dígitos pode ser encontradas no apêndice 4.

O quarto e quinto dígitos significam o maior diâmetro que o componente a ser construído terá, isto é, será a comparação entre as features, e a qual possuir um diâmetro maior será utilizada para determinar os dígitos.

<b>Dígito</b>	<b>Variações do Diâmetro Maior</b>
00	$00 < D \leq 10 \text{ mm}$
01	$10 < D \leq 15 \text{ mm}$
02	$15 < D \leq 20 \text{ mm}$
03	$20 < D \leq 25 \text{ mm}$
04	$25 < D \leq 30 \text{ mm}$
05	$30 < D \leq 35 \text{ mm}$
06	$35 < D \leq 40 \text{ mm}$
07	$40 < D \leq 45 \text{ mm}$



08	$45 < D \leq 50 \text{ mm}$
09	$50 < D \leq 55 \text{ mm}$
10	$55 < D \leq 60 \text{ mm}$
11	$60 < D \leq 65 \text{ mm}$
12	$65 < D \leq 70 \text{ mm}$
13	$70 < D \leq 75 \text{ mm}$
14	$75 < D \leq 80 \text{ mm}$
15	$80 < D \leq 85 \text{ mm}$
16	$85 < D \leq 90 \text{ mm}$
17	$90 < D \leq 95 \text{ mm}$
18	$95 < D \leq 100 \text{ mm}$
19	$100 < D \leq 105 \text{ mm}$
" "	" "
" "	" "
" "	" "
99	$D < 505 \text{ mm}$

Ex. Supondo que o componente a ser construído terá o seu maior diâmetro de 58 mm, o quarto e quinto dígitos serão "1" e "0" respectivamente e a composição do 4º e 5º dígitos podem ser encontradas no apêndice 5.

O sexto e sétimo dígitos determinam o material em que o componente será construído. Estes dígitos são importantes porque é através deles que o sistema terá um parâmetro a mais no cálculo do tempo gasto durante sua confecção. A seguir é mostrado a composição e um exemplo do sexto e sétimo dígitos.

- 00 - Aço Carbono
- 10 - Aço Inox
- 20 - Ferro Fundido
- 30 - Bronze
- 40 - Latão
- 50 - Titânio
- 60 - Plástico
- 70 - Fibra de Vidro
- 80 - Alumínio
- 90 - Outros

Ex. Se o componente a ser manufaturado for de "latão", o sexto e sétimo dígitos serão "4" e "0" respectivamente.

Se por exemplo tivermos vários tipos de latão, existirá um campo que poderá variar de "40" a "49", aumentando assim o campo de aplicação de diversos materiais.

O oitavo, nono e décimo dígitos representam a união das features que comporão a superfície externa do componente a ser manufaturado. Esta composição só é possível através da imposição do sistema durante a fase de projeto do componente. A seguir é mostrado uma parte da composição do 8º, 9º e 10º dígitos.

- 000 - SEM USINAGEM EXTERNA
- 001 - SERRAR
- 002 - FACEAMENTO SEM FURO DE CENTRO
- 003 - FACEAMENTO COM FURO DE CENTRO
- 004
- " "
- " "
- 010 - TORNEAMENTO CILÍNDRICO EXTERNO
- 011 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA EXTERNA
- 012 - TORNEAMENTO E ROSCAMENTO EXTERNO
- 013 - TORNEAMENTO CÔNICO EXTERNO
- 014 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CÔNICA EXTERNA
- 015 - TORNEAMENTO DE SUPERFÍCIE DE FORMA EXTERNA
- 016
- " "
- " "
- 020 - FRESAMENTO (RASGO DE CHAVETA)
- 021 - FRESAMENTO (ENGRENAGEM)
- 022
- " "
- " "
- 030 - FURAÇÃO RADIAL
- 031 - FURAÇÃO AXIAL
- 032
- " "
- " "
- 040 - BROCHAMENTO EXTERNO
- " "
- " "
- 099

Todas as combinações possíveis para determinação do 8º, 9º e 10º estão contidas no banco de dados do sistema e são apresentadas no apêndice 1, e sua aplicação no capítulo 5 através de alguns exemplos propostos.

O décimo primeiro, décimo segundo e décimo terceiro dígitos representam a união das features que comporão a superfície interna do componente a ser manufaturado. Esta

composição só é possível através da imposição do sistema durante a fase de projeto do componente. A seguir é mostrado uma parte da composição do 11º, 12º e 13º dígitos.

000 - SEM USINAGEM INTERNA  
001 - FURAÇÃO  
002  
" "  
" "  
010 - TORNEAMENTO CILÍNDRICO INTERNO  
011 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA INTERNA  
012 - TORNEAMENTO E ROSCAMENTO INTERNO  
013 - TORNEAMENTO CÔNICO INTERNO  
014 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CÔNICA INTERNA  
015 - TORNEAMENTO DE SUPERFÍCIE DE FORMA INTERNA  
016-  
017-  
018-  
019-  
" "  
" "  
" "  
040 - BROCHAMENTO INTERNO  
"  
"  
099

As combinações possíveis para formação do perfil interno pode ser vista no apêndice 2 e sua aplicação no capítulo 5 através de alguns exemplos:

Após a geração dos treze dígitos, estes são armazenados em uma parte do banco de dados do sistema, a que será pesquisada pelo sub-módulo "Formador de Famílias" para formar as famílias de peças.

#### 4.5.1.4 - Sub-Módulo formador de Famílias

O sub-módulo Formador de Famílias busca no banco de dados gerado pelo sub-módulo Codificador o código da peça, interpreta-o e pesquisa no banco de dados de máquinas, mostrado no apêndice 3, existente no Sistema SGCFF, associando-os com o código da peça, formando ou enquadrando a peça em uma família. A estrutura do sub-módulo pode ser vista na figura 4.9.

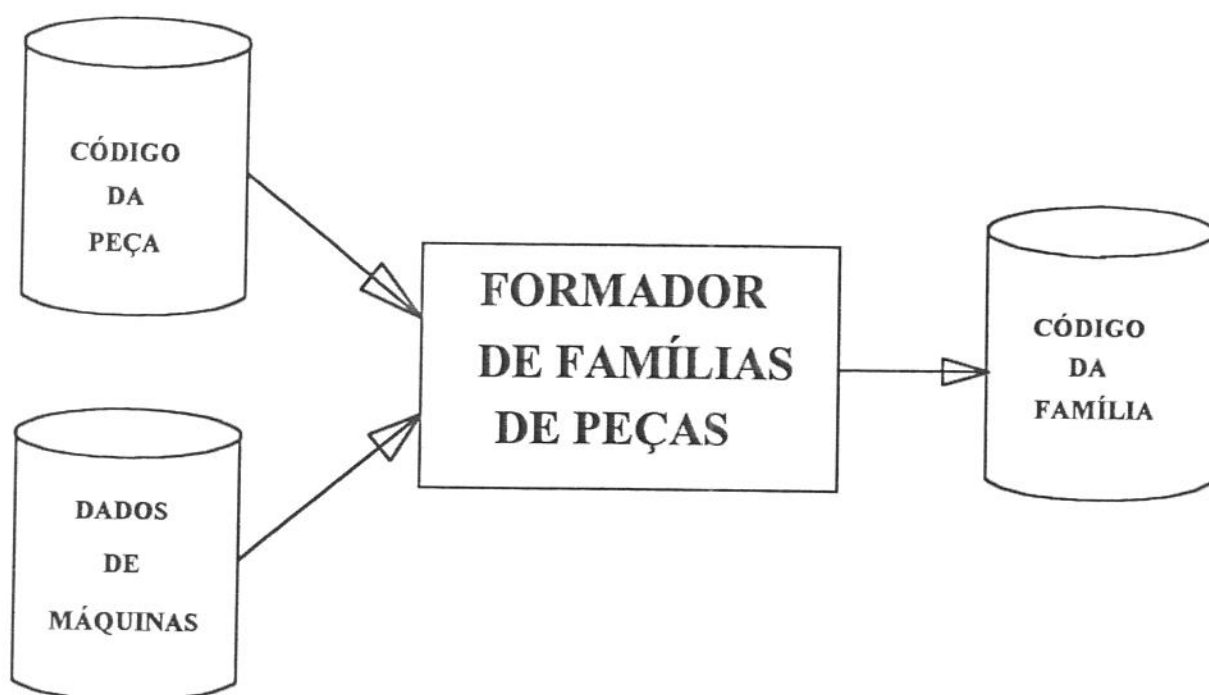


Figura 4.9 - Estrutura do Sub-Módulo Formador de Famílias

#### 4.5.1.4.1 - Regras para Formação das Famílias de Peças

Os meios para determinação das famílias de peças são baseadas nos dados de máquinas existente numa parte do banco de dados do sistema, e comparados com as dimensões e tipo de processo da peça projetada, portanto as regras são funções da capacidade e tipos de processo das máquinas existentes na fábrica.

No trabalho os dados de máquinas colocados no banco de dados são hipotéticos e são apresentados no apêndice 3.

O sub-módulo "*Formador de Famílias de Peças*" é composto de 11 dígitos, como mostra a figura 4.10 e as regras para formação das famílias de peças são apresentadas a seguir:

O primeiro dígito significa se o componente a ser fabricado é rotacional ou não. A resposta é obtida através do primeiro dígito do código da peça, isto é, se o valor for "1" será rotacional, caso contrário o valor será "0".

O segundo dígito significa os limites de comprimentos possíveis em milímetros que as máquinas do sistema comportam. É a verificação da dimensão máxima do comprimento da peça com a capacidade da máquina de modo automático e suas opções são mostradas a seguir:

Dígito	Comprimentos possíveis em mm
0	$L \leq 100 \text{ mm}$
1	$L \leq 200 \text{ mm}$
2	$L \leq 280 \text{ mm}$

3	L <= 920 mm
4	L <= 950 mm
5	L <= 1000 mm
6	L <= 2000 mm
7	L <= 3000 mm
8	não disponível
9	" "

Ex. Supondo que o componente a ser construído tem um comprimento total de 178 mm, o segundo dígito terá o valor "1".

O terceiro dígito significa os limites de diâmetros possíveis em milímetros que as máquinas do sistema comportam. É a verificação da diâmetro máximo da peça com a capacidade da máquina de modo automático e suas opções são mostradas a seguir:

Dígito	Diâmetros possíveis em mm
0	D <= 25 mm
1	D <= 55 mm
2	D <= 60 mm
3	D <= 76 mm
4	D <= 80 mm
5	D <= 325 mm
6	D <= 515 mm
7	D <= 650 mm
8	não disponível
9	" "

Ex. Supondo que o componente a ser construído tem um diâmetro máximo de 58 mm, o terceiro dígito terá o valor "2".

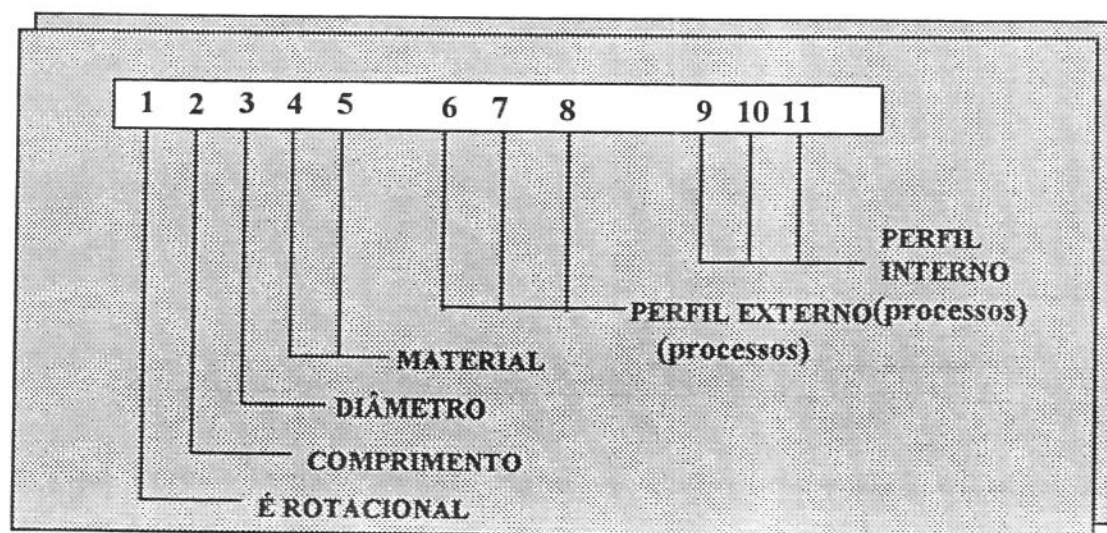
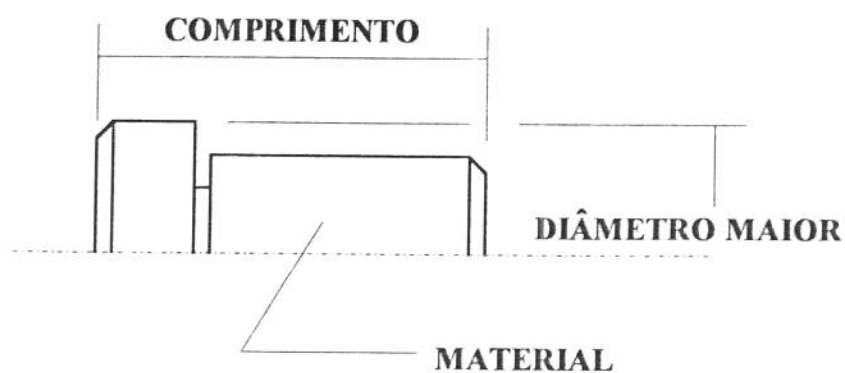


Figura 4.10 - Estrutura do Sub-Módulo Formador de Famílias de Peças



O quarto e quinto dígitos determinam o material em que o componente será construído e a seguir é mostrado sua composição:

- 00 - Aço Carbono
- 10 - Aço Inox
- 20 - Ferro Fundido
- 30 - Bronze
- 40 - Latão
- 50 - Titânio
- 60 - Plástico
- 70 - Fibra de Vidro
- 80 - Alumínio
- 90 - Outros

Ex. Se o componente a ser manufaturado for de "latão", o quarto e quinto dígitos serão "4" e "0" respectivamente.

Se por exemplo existir vários tipos de latão, o campo poderá variar de "40" a "49", aumentando assim o campo de aplicação de diversos materiais.

O sexto, sétimo e oitavo dígitos representam a união das features que comporão a superfície externa do componente a ser manufaturado. Esta composição é fornecida pelo 8º, 9º e 10º dígitos do código da peça com os mesmos dígitos.

O nono, décimo e décimo primeiro dígitos seguem a mesma linha de raciocínio dos três anteriores, só que representam a união das features que comporão a superfície interna

do componente a ser manufaturado. Esta composição é fornecida pelo 11º, 12º e 13º dígitos do código da peça, também com os mesmos dígitos.

#### **4.6 - Funções desenvolvidas para o Sistema SGCFF**

##### **4.6.1 - Interfaces ( Menus ) - AUTOCAD**

A interface entre o usuário e o CAD são os menus, pois são eles que mostram ao usuário as opções existentes no aplicativo. Após a escolha de uma delas, o menu se incumbem de ativar o aplicativo para o cumprimento da ordem dada pelo usuário.

No Autocad existem seis tipos diferentes de menu que são:

- SCREEN - Para menus de tela;
- POP - Para menus de barra e superposição;
- ICON - Para menus de ilustrações ( figuras ou ícones);
- BUTTONS - Para menus de botões;
- TABLET - Para menus de mesa;
- AUX - Para menus auxiliar de botões.

Os menus BUTTONS, TABLET E AUX não serão explicados uma vez que não foram utilizados no desenvolvimento do trabalho.

#### 4.6.1.1 - Menu Screen ( *menu de tela* )

O menu SCREEN, também chamado menu de tela, é um menu do Autocad localizado verticalmente do lado direito da tela do "display", como mostra a figura 4.11. O seu acionamento, quando o Autocad estiver em atividade, pode ser através do mouse ou por teclado na falta do mouse.

O usuário quando utilizar esse menu deverá saber o significado de cada palavra existente, pois, será através delas que ele indicará ao Autocad a opção desejada.

No menu SCREEN estão contidas todas as funções (opções) do aplicativo Autocad.

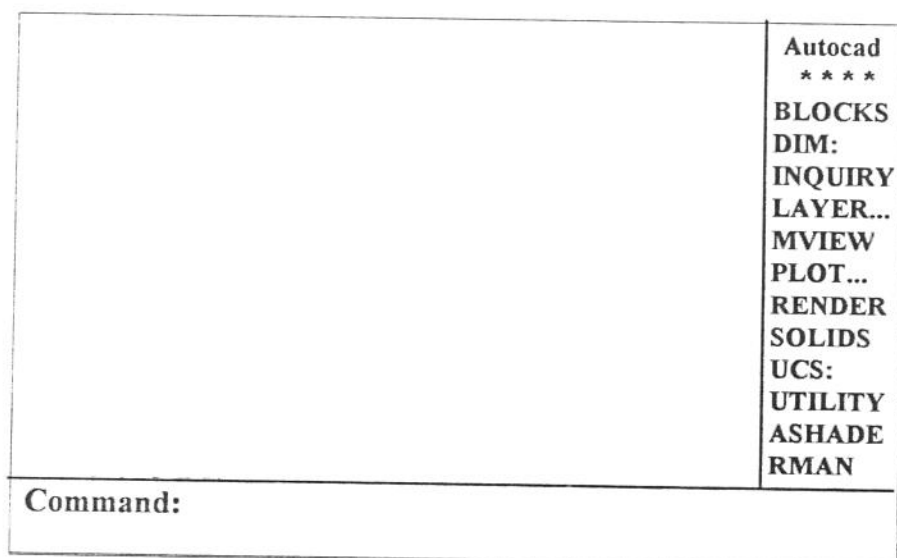


Figura 4.11 - Menu SCREEN do Autocad

#### 4.6.1.2 - Menu Pulldown ( *menu de barra e superposição* )

O menu Pulldown, também chamado menu de barra, é um menu do Autocad localizado horizontalmente na parte superior da tela do display, como mostra a figura 4.12. Só é acionado por intermédio do mouse e nele estão contidos somente as funções mais importantes, otimizando assim o tempo do usuário.

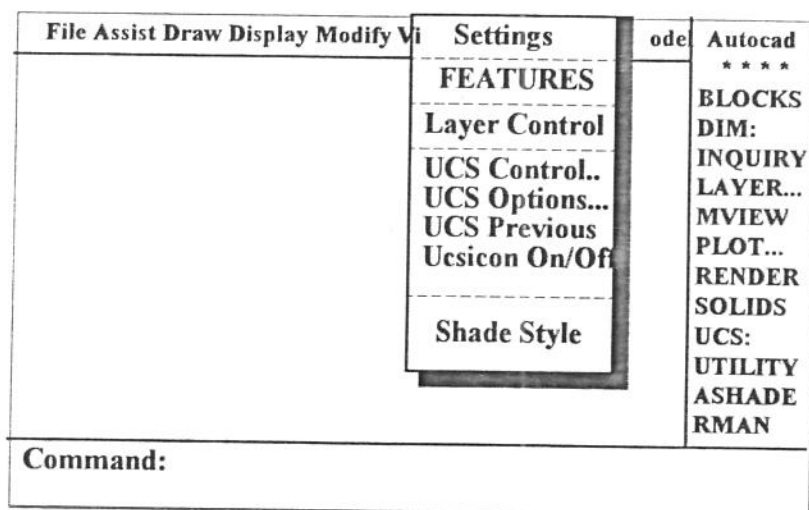


Figura 4.12 - Menu Pulldown do Sistema SGCF

#### 4.6.1.3 - Menu Icon ( *menu de ícones - ilustração* )

O menu de ícones, também chamado de menu de ilustração, é um menu feito por slides, como mostra a figura 4.13. Seu acionamento será efetuado através do menu pulldown ou por intermédio de um programa em linguagem Autolisp.

Este menu requer que o usuário conheça o significado das figuras existentes, pois, ele consiste em várias imagens que simbolizam as funções (opções). Geralmente este menu é mais simples de se entender do que os outros, já que o desenho é mais facilmente entendido do que as palavras.

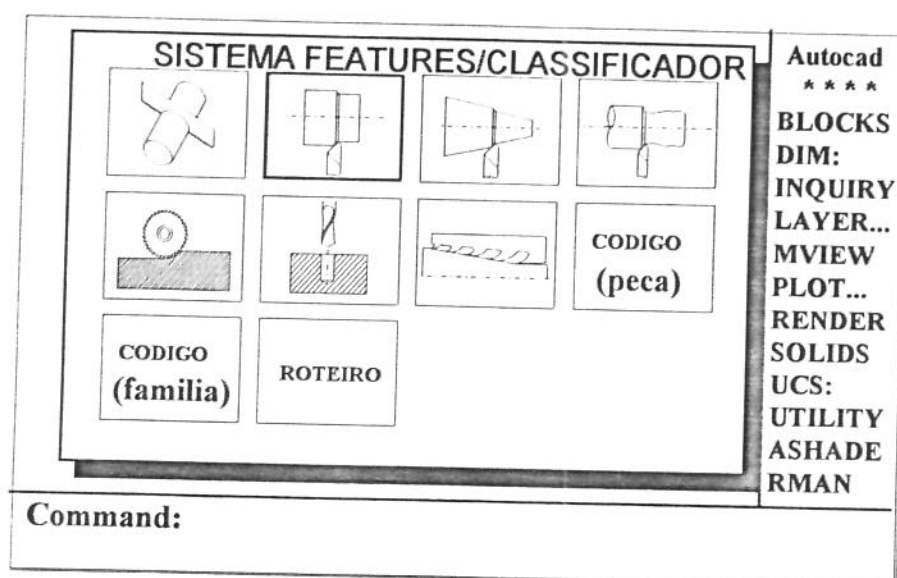


Figura 4.13 - Menu de Ícones do Sistema SGCF

#### 4.6.2 - Explosão dos Menus de Ícones do Sistema SGCF

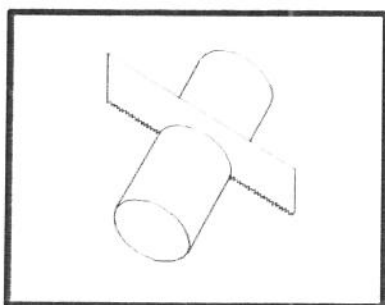
##### 4.6.2.1 - Ícone de Serrar

Este ícone, como mostra a figura 4.14, significa que a materia prima (barra cilíndrica) em que será construído a peça deverá ser serrada um pouco maior que o comprimento final. Suas interações com o usuário são as seguintes perguntas:

*Qual é o diâmetro da barra?*

*Qual é o comprimento a ser serrado?*

As respostas fornecidas pelo usuário serão armazenadas num banco de dados do sistema, que posteriormente serão utilizadas para o cálculo do tempo total gasto na confecção da peça.



**Figura 4.14 - Ícone de Serrar do sistema SGCF**

#### **4.6.2.2 - Ícones para o Processo de Torneamento Cilíndrico**

O ícone de torneamento cilíndrico significa que o usuário deseja efetuar um torneamento cilíndrico numa parte ou em toda peça a ser confeccionada. É um menu hierárquico, pois após o seu acionamento, aparecerá um outro menu de ícones, como mostra a figura 4.15, com as seguintes opções: torneamento cilíndrico externo e interno, retificação cilíndrica externa e interna e roscamento interno e externo.

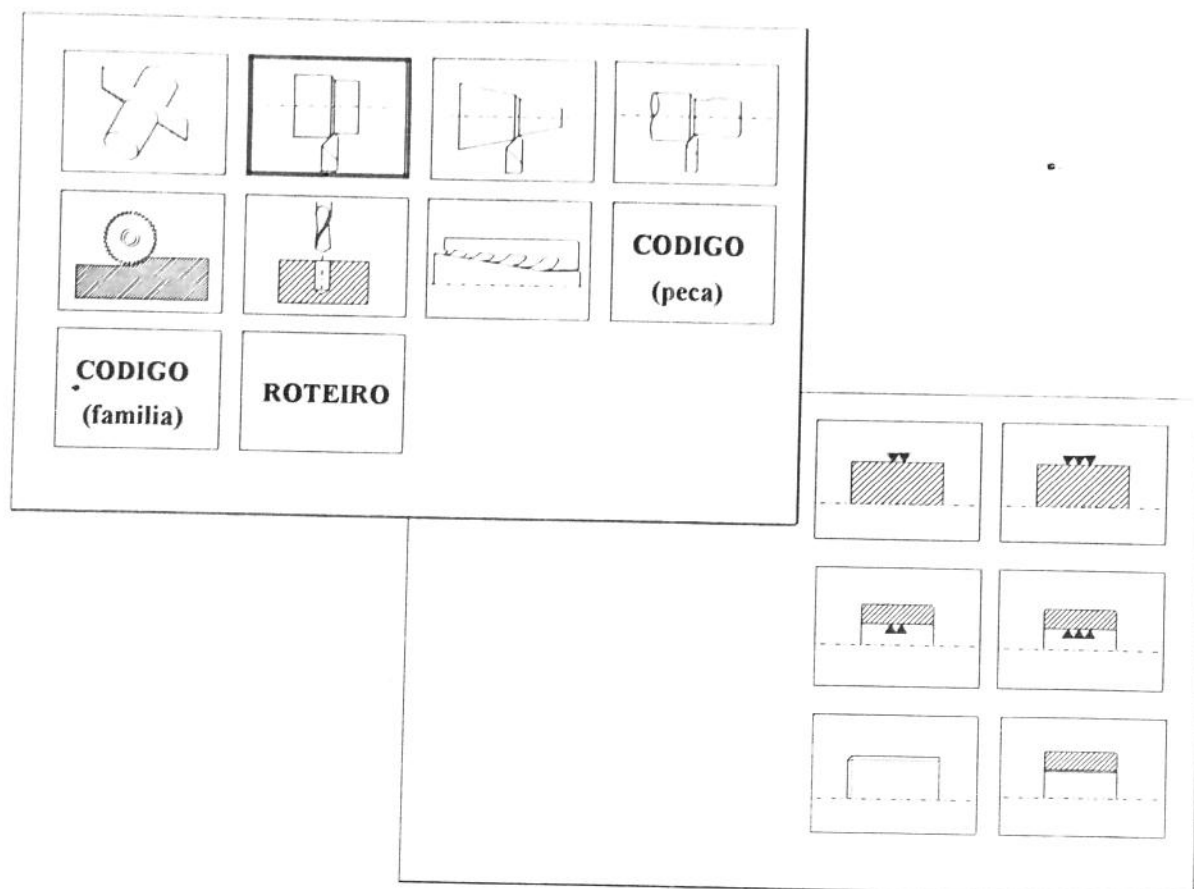


Figura 4.15 - Menu hierárquico de ícones de torneamento cilíndrico

Suas interações com o usuário são:

*Qual é o valor do diâmetro?*

*Qual é o valor do comprimento?*

*Indique a origem da feature! (será sempre no final da feature executada anteriormente.*

O usuário terá nesta função seis opções, como mostradas na figura 4.15. Após a escolha de uma delas o sistema interagirá com o usuário, e a exemplo das funções do

menu anterior as informações serão armazenadas no banco de dados do sistema, e posteriormente serão utilizadas na elaboração do roteiro de fabricação e cálculo do tempo gasto na usinagem.

#### 4.6.2.3 - Ícones para o Processo de Torneamento Cônico

A exemplo do ícone de torneamento cilíndrico, o de torneamento cônico tem o mesmo número de funções, a mesma hierarquia, isto é, após a sua escolha pelo usuário o sistema abrirá um novo menu de ícones, como mostra a figura 4.16, e terá as seguintes interações com o usuário:

*Entre com a distância entre diâmetros?*

*Indique a origem da feature?*

*Entre com o ângulo (graus)?* indica a conicidade do corpo cônico a ser torneado.

As informações fornecidas pelo usuário também serão armazenadas num banco de dados do sistema, para futuramente calcular o tempo gasto na usinagem e na elaboração do roteiro de fabricação.



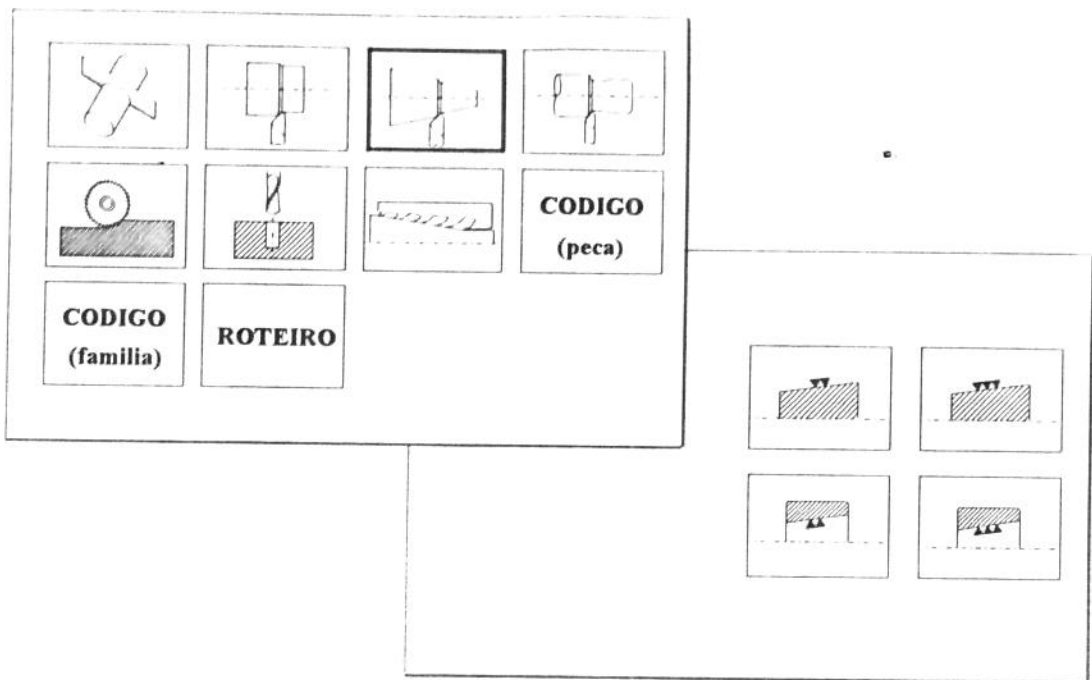


Figura 4.16 - Menu hierárquico de ícones de torneamento cônico

#### 4.6.2.4 - Ícones para o Processo de Torneamento de Forma

O ícone para torneamento de forma, como mostra a figura 4.17, significa que o usuário poderá executar qualquer torneamento que não seja nem cilíndrico ou cônico. Após a sua escolha o usuário terá dez opções que são: torneamento de superfície de forma externa e internamente e quatro tipos de arredondamentos, tanto externa como internamente. A sua interação com o usuário será:

*Indique o começo do arco?*

*Entre com o raio do arco?*

*entre com o ângulo do arco?*

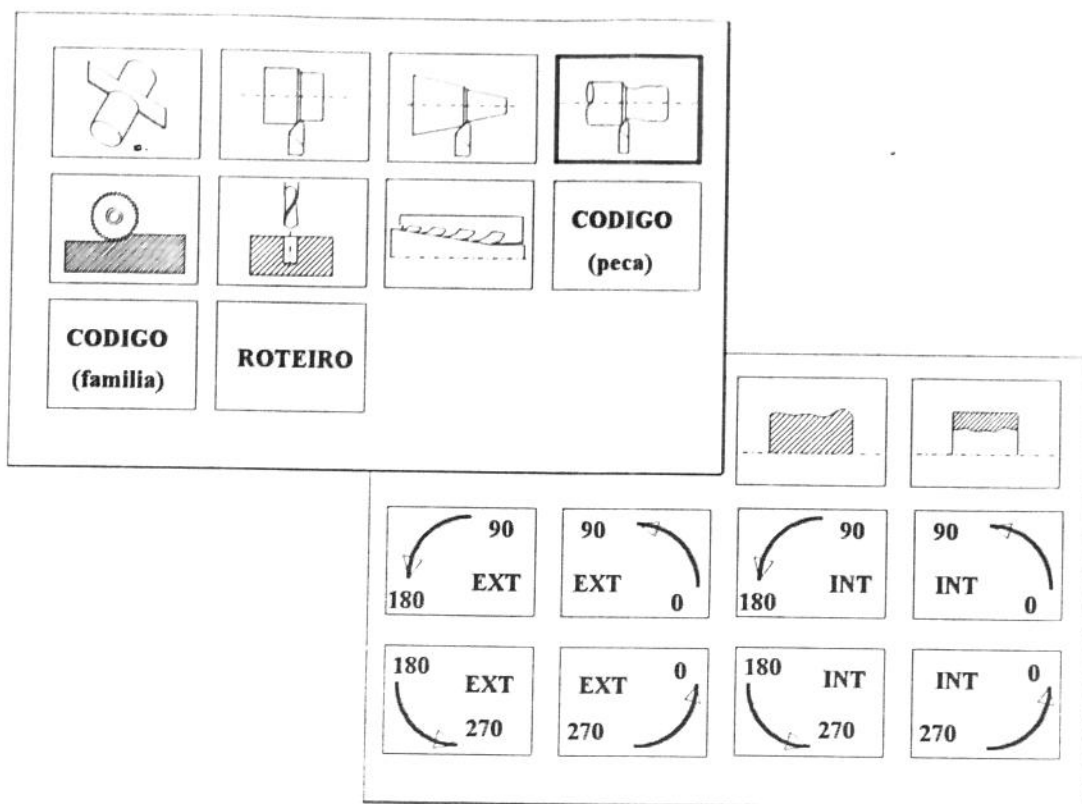


Figura 4.17 - Menu hierárquico de ícones para torneamento de forma

#### 4.6.2.5 - Ícones para o Processo de Fresamento

O ícone para fresamento, como mostra a figura 4.18, significa que o usuário após efetuada as operações de torneamento poderá realizar operações de fresamento. Até o momento o sistema possui duas funções de fresamento: fresamento de um tipo de rasgo de chave e fresamento de um tipo de engrenagem.

Futuramente estas funções poderão ser expandidas para vários tipos de rasgo de chave e engrenagens. Sua interações com o usuário são:

a) Para rasgo de chaveta

*Indique a superfície que será feito o rasgo de chaveta?*

*Qual é a largura do rasgo?*

*Qual é a profundidade do rasgo?*

*Qual o comprimento do rasgo?*

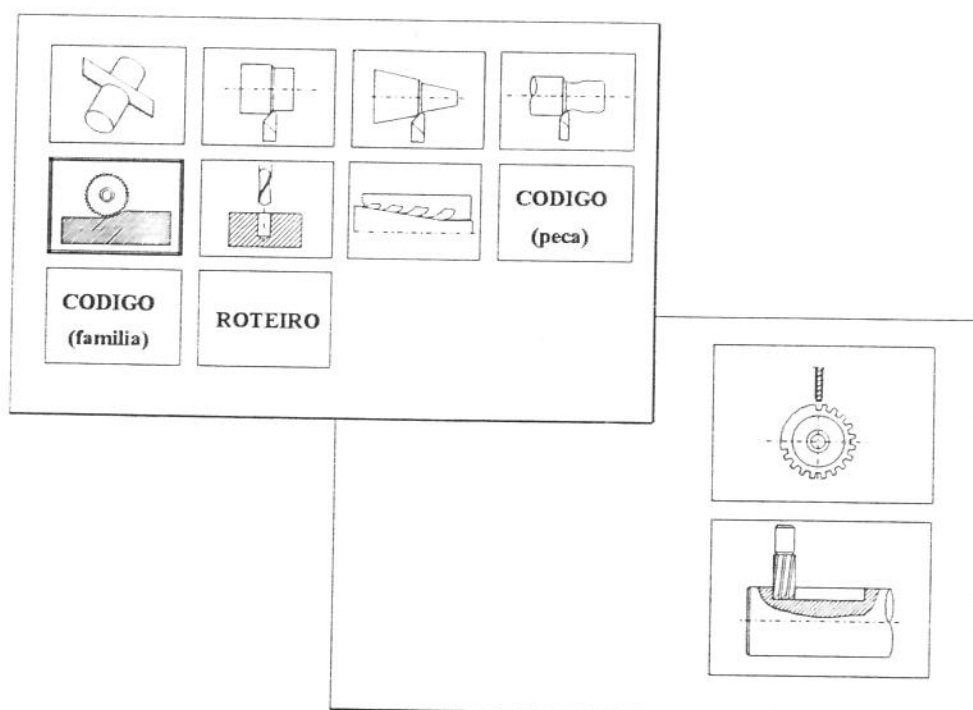


Figura 4.18 - Menu hierárquico de ícones para fresamento

#### b) Para fresamento de engrenagem

*Indique a superfície a ser fresada?*

*Qual é o número de dentes a ser fresado?*

*Qual é a espessura da engrenagem?*

Como nos menus anteriores as informações fornecidas pelo usuário serão armazenadas também no banco de dados do sistema para cálculo do tempo de usinagem e a elaboração do roteiro de fabricação.

#### 4.6.2.6 - Ícones para o Processo de Furação

O menu de ícones para o processo de furação, como mostra a figura 4.19, significa que o usuário poderá realizar operações de furação na peça se desejar. É um menu hierárquico, possui duas funções definidas a furação axial e a furação radial. Só é possível realizar furações paralelas ou perpendiculares ao eixo. No futuro poder-se-a implementá-la oferecendo novas opções, tais como, furações com ângulos diferentes de 0 e 90 graus. Suas interações com o usuário são:

##### a) Para furação axial

*Qual é o diâmetro do furo?*

*O furo é passante sim [s] ou não [n]?*

*Qual a profundidade?*

*Quantos furos são?*

*São furos eqüidistantes sim [s] ou não [n]?*

*Qual é a distância do centro da peça até o centro dos furos?*

b) Para furação radial

*Indique a superfície a ser furada?*

*Qual é o diâmetro do furo?*

*O furo é passante (sim/não)?*

*Qual é a profundidade?*

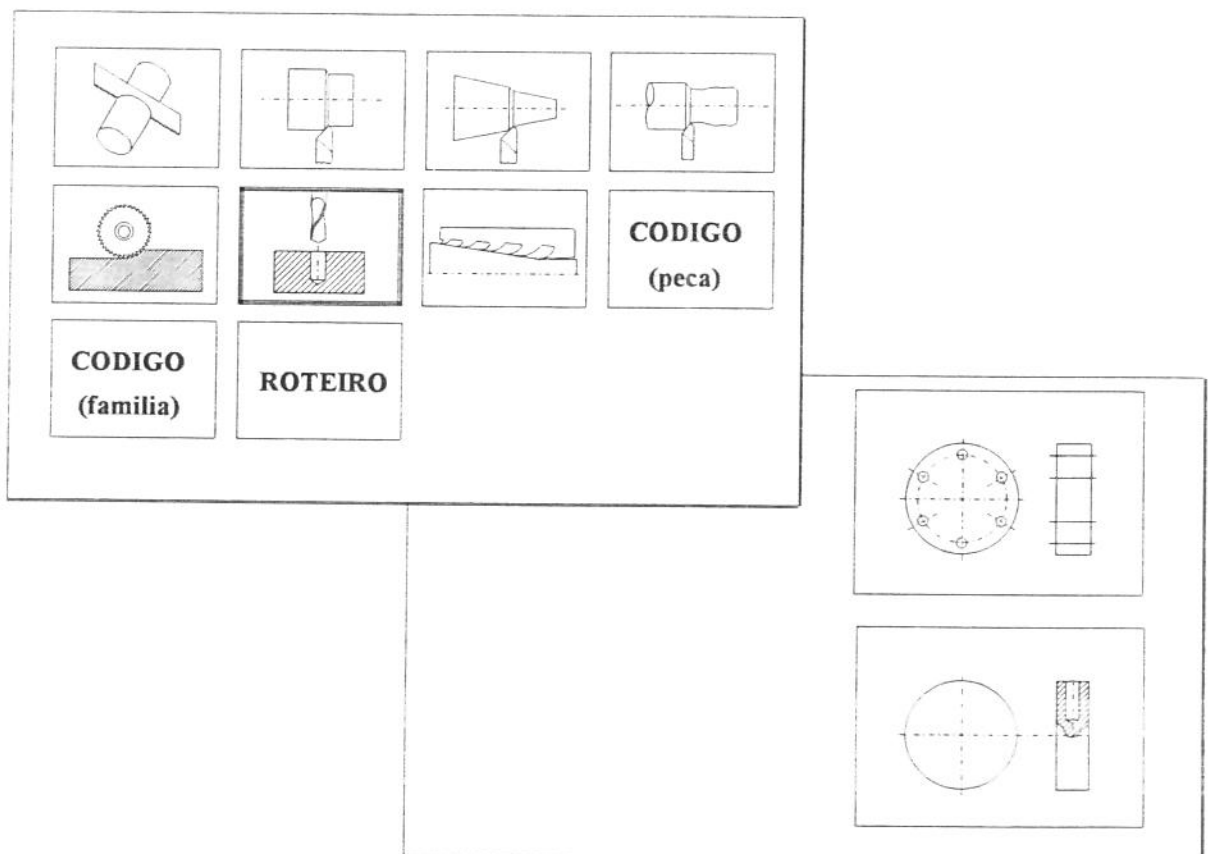


Figura - 4.19 - Menu hierárquico do processo de furação

Como nos menus anteriores, as informações fornecidas pelo usuário serão armazenadas no banco de dados do sistema, e mais tarde utilizadas na formação do roteiro de fabricação e o cálculo do tempo gasto na usinagem.

#### **4.6.2.7 - Ícone para o Processo de Brochamento**

O menu de ícone para o processo de brochamento, como mostra a figura 4.20, significa que o usuário poderá utilizar o processo de brochamento caso haja necessidade na confecção da peça. É um menu hierárquico com as funções de usinagem de rasgo de chaveta externo e interno, mas no futuro poderá ser expandido para mais tipos de brochamento, caso haja interesse. Suas interações com o usuário são:

*Qual é o comprimento do rasgo?*

*Qual é a profundidade do rasgo?*

*Qual é a largura do rasgo?*

*Indique a origem do rasgo!*

As informações fornecidas pelo usuário também irão compor o roteiro de fabricação e o cálculo do tempo gasto no processo de brochamento.

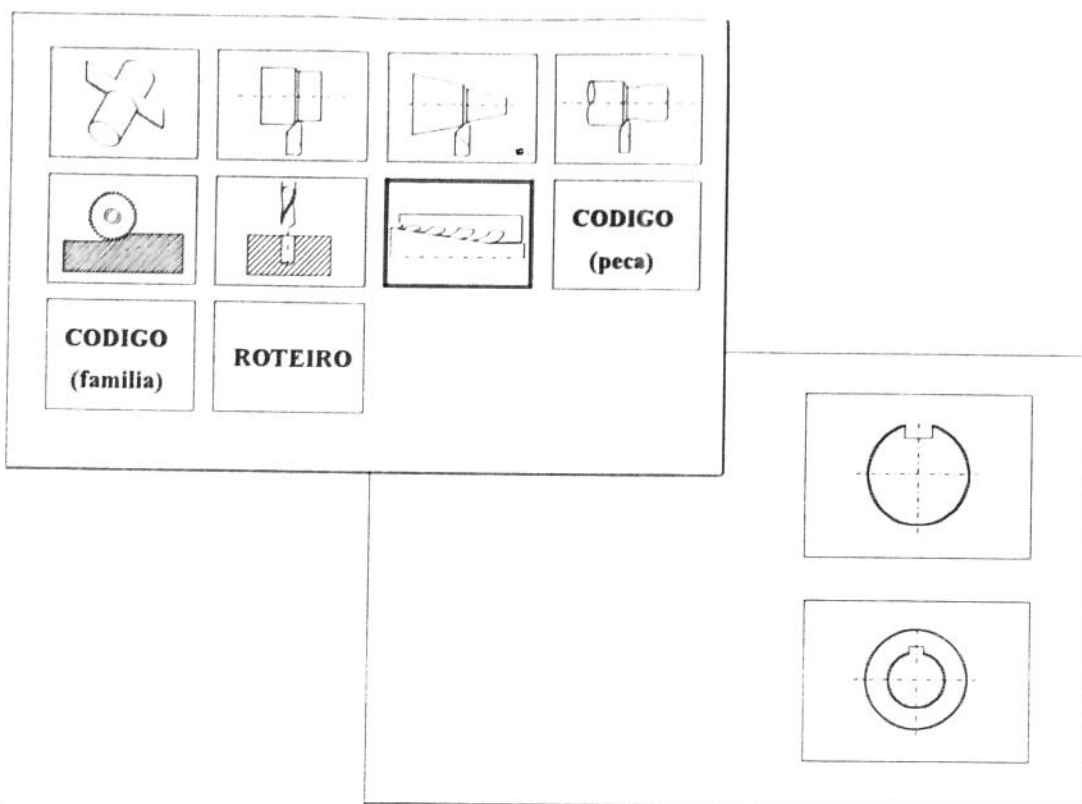


Figura 4.20 - Menu hierárquico de ícone para o processo de brochamento

#### 4.6.2.8 - Ícone para o Código da Peça

O ícone "código da peça", como mostrado na figura 4.21, é uma função do Sistema SGCFF que codificará a peça recém projetada segundo os conceitos de Tecnologia de Grupo e as features de fabricação pré-definidas, as quais estão interligadas.

As regras para a codificação já forma descritas no item 4.5, e portanto, cada peça (desenho) terá o seu próprio código, podendo duas ou mais peças diferentes geometricamente terem o mesmo código.

Não há interação com o usuário, pois nesta função o sistema SGCFE codificará a peça recém projetada automaticamente.

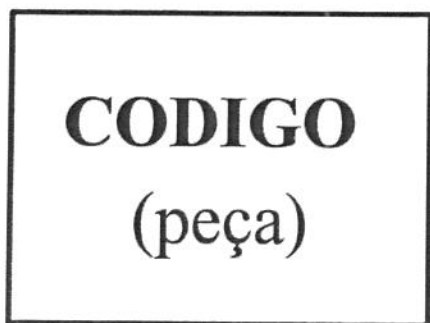


Figura 4.21 - Menu de ícone para codificação de peças rotacionais

#### 4.6.2.9 - Ícone para a Formação de Famílias de Peças

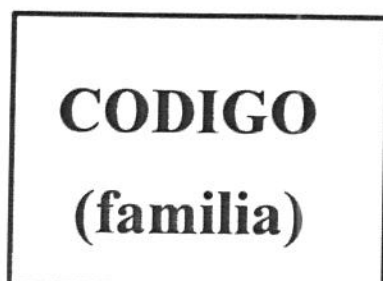
O ícone "código da família", mostrado na figura 4.22, é uma função do sistema SGCFE que classificará a peça recém projetada em famílias de peças.

Esta classificação será feita comparando-se os dados de máquinas do sistema (diâmetro máximo, comprimento máximo, precisão da máquina, etc.) com o código gerado no ícone código da peça e os processos de fabricação. Os dados das máquinas são apresentados no apêndice 3.

O sistema resultará , sob a orientação do usuário, a inclusão da peça recém projetada numa família já existente ou a geração de uma nova. No futuro poderá ser criado um módulo a mais desta função, que analise determinados parâmetros mostrando a



viabilidade de criar ou não uma nova família através de parâmetros como: perspectiva de mercado, compra de novas máquinas, tercerização, etc..

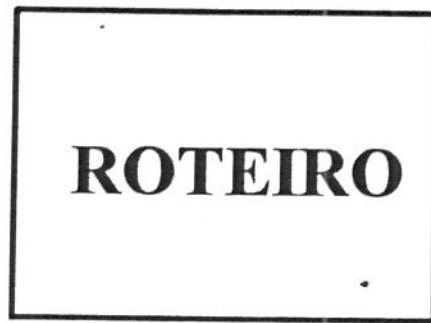


**Figura 4.22** - Menu de ícone para formação de famílias de peças

#### **4.6.2.10 - Ícone para a Formação do Roteiro de Fabricação**

A medida que o usuário projeta a peça através das features de fabricação, o sistema vai armazenando em ordem de construção, as informações em um banco de dados do sistema SGCF. Estes dados serão mais tarde utilizados na elaboração do roteiro de fabricação, através da concatenação de strings pré-definidas. Esta função faz parte do Sub-Módulo Editor de Roteiro de Fabricação.

A função roteiro, mostrado na figura 4.23, além de elaborar o roteiro de fabricação também calculará o tempo total gasto na confecção da peça, estimando assim um melhor planejamento do controle de produção.



**Figura 4.23 - Menu de ícone para formação do roteiro de fabricação**

#### **4.7 - COMENTÁRIOS**

No corrente capítulo descreveu-se detalhadamente a estrutura do sistema SGCFF, seu funcionamento, o desenvolvimento das "*Features de Fabricação*" e suas definições, as funções do sistema, a escolha da plataforma de trabalho e a descrição de cada sub-módulo do sistema.

No próximo capítulo utilizar-se o sistema em algumas peças validando assim a aplicabilidade do sistema.

---

## **CAPÍTULO 5 - Aplicações do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação**

---

### **5.1 - Introdução**

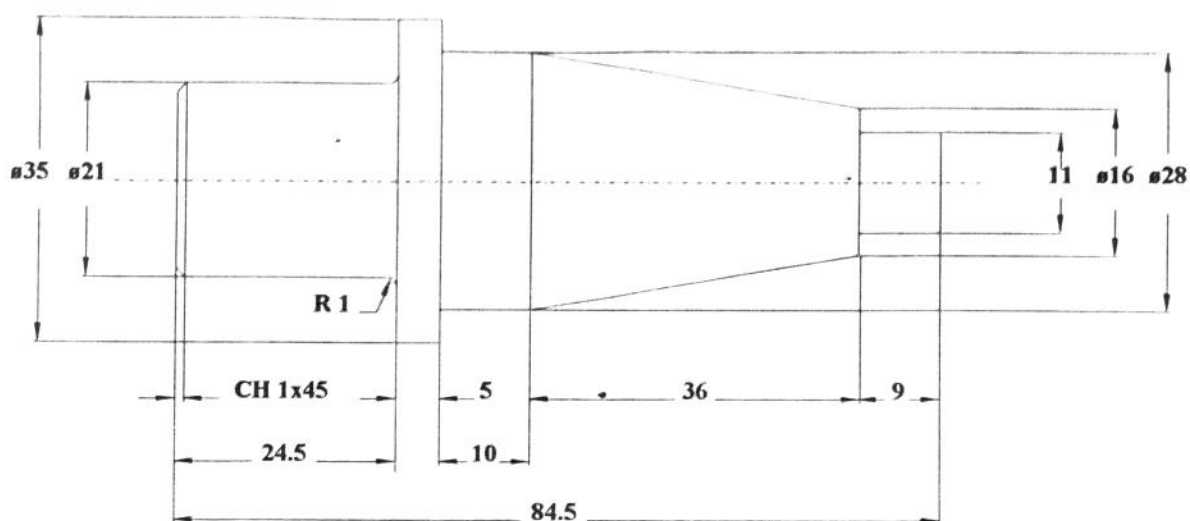
Neste capítulo são feitas simulações do Sistema SGCFE demonstrando sua aplicabilidade, levando-se em conta dados hipotéticos de máquinas, de peças; suas vantagens e desvantagens.

### **5.2 - Seleção de Peças para Teste do Sistema**

Para a aplicação do sistema SGCFE selecionou-se alguns tipos de peças que são mostrados nas figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.

Na figura 5.1 escolheu-se um pino posicionador de corpo cônico, feito de aço SAE 1045, é uma peça rotacional composta de quatro corpos cilíndricos escalonados e um corpo cônico.

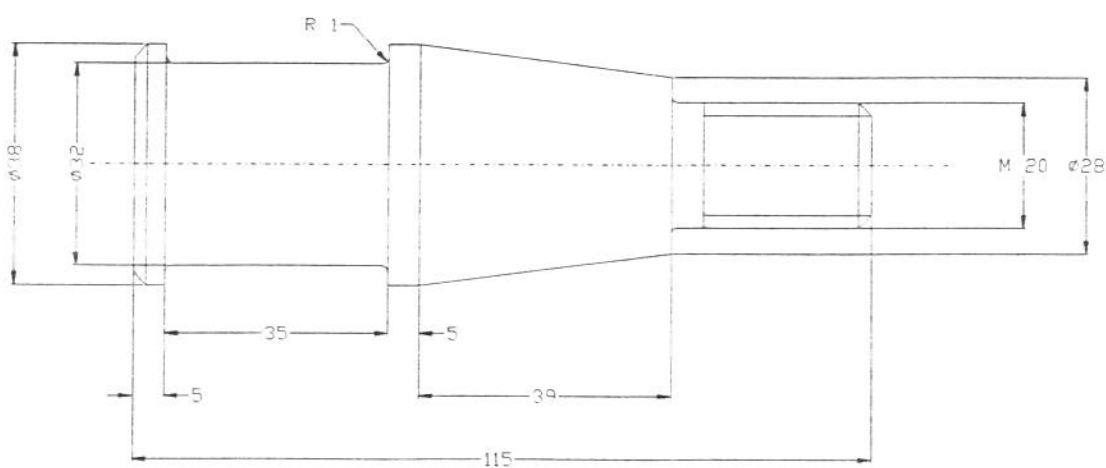
Para a confecção da peça são necessários os processos de serrar e o de torneamento (faceamento, cilíndrico e cônico). A peça não possui nenhuma restrição que necessite um outro processo de fabricação.



**Figura 5.1 - Pino Posicionador**

Para a figura 5.2 escolheu-se também um pino posicionador de corpo cônico com ponta roscada, feito de aço inox. É uma peça rotacional composta de três corpos cilíndricos escalonados, dois corpos cônicos e um corpo com rosca.

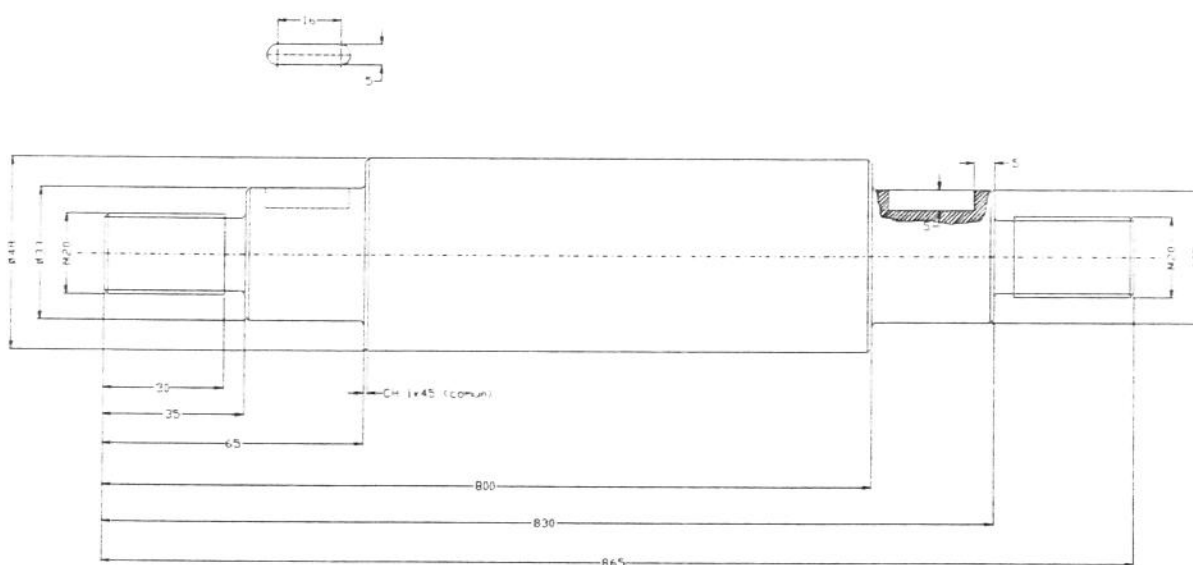
Para a fabricação da peça são necessários os processos de serrar e o de torneamento (faceamento, cilíndrico, cônico e roscamento). A peça da figura 5.2 também não possui nenhuma restrição que necessite um outro processo de fabricação.



**Figura 5.2 - Pino posicionador de corpo cônico com ponta roscada**

Na figura 5.3 escolheu-se um eixo para cortadeira de cana-de-açúcar. O eixo é feito de aço SAE 1045 e é composto de cinco corpos cilíndricos escalonados, com as pontas roscadas e dois rasgos de chaveta nos dois corpos intermediários.

Para a fabricação da peça da figura 5.3 são necessários os processos de serrar, de furação de centro, de torneamento (faceamento, cilíndrico e roscamento) e o de fresamento para rasgo de chaveta.



**Figura 5.3 - Eixo para cortadeira de cana-de açúcar**

Na figura 5.4 escolheu-se uma engrenagem de dentes retos. A engrenagem é composta de uma superfície cilíndrica externa, que contém os dentes da engrenagem e uma superfície interna contendo um torneamento cilíndrico e um rasgo de chaveta.

Para a obtenção da engrenagem são necessários os processos de serrar, torneamento (faceamento, cilíndrico), furação, torneamento interno, brochamento para o rasgo de chaveta e fresamento para os dentes da engrenagem.

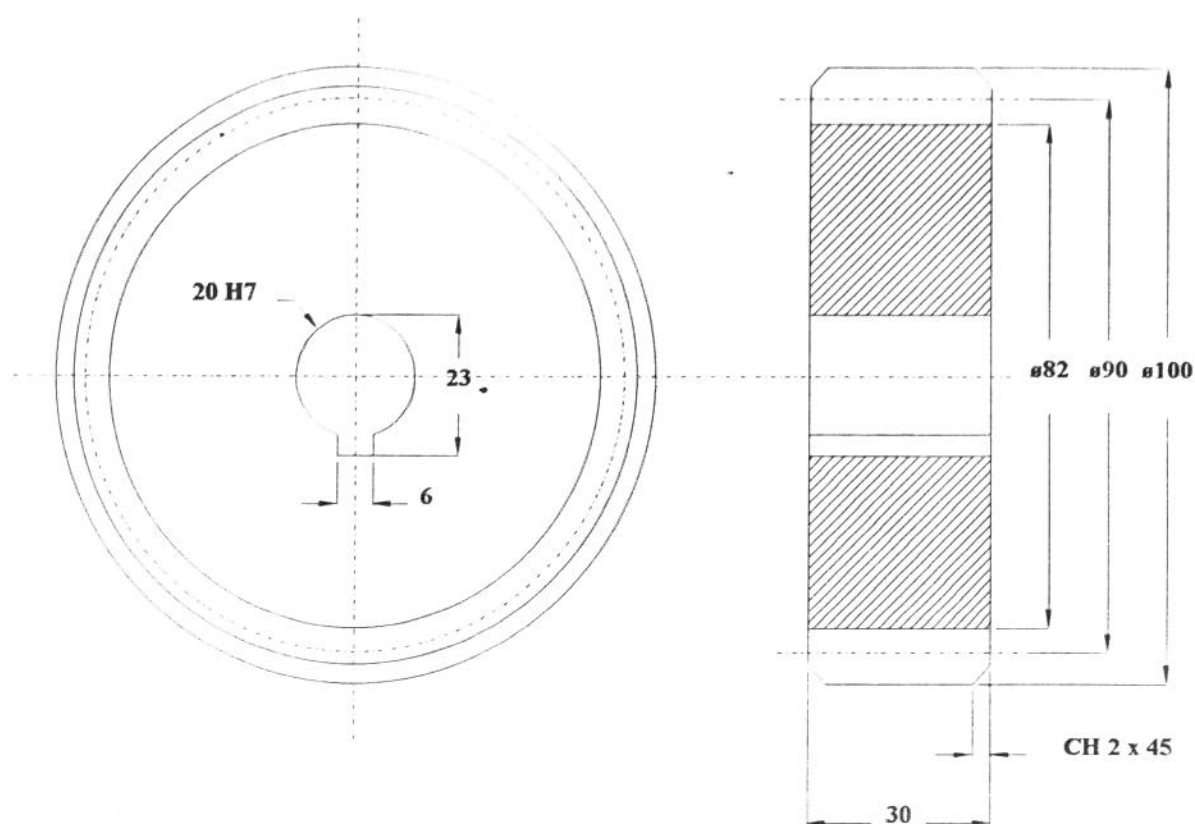


Figura 5.4 - Engrenagem de dentes retos.

### 5.3 - Teste do Sistema na Geração do Perfil das Peças

O primeiro passo é ativar o Sistema SGCFF, que apresentará na tela gráfica a linha de centro e o ponto *zero peça*, como mostrado na figura 5.5, e na sequência aparecerá o menu principal de ícones do sistema (figura 4.13) para construção das Features.



Figura 5.5 - Primeiro passo (acionamento do sistema)

No segundo passo, constrói-se o primeiro corpo cilíndrico através da função torneamento cilíndrico simples. O sistema interagirá com o usuário com as seguintes perguntas:

*Qual é o valor do diâmetro?* **21 mm**

*Qual é o valor do comprimento?* **24.5 mm**

*Indique a origem da feature!* **Indique o zero peça**

Então, o sistema com os dados fornecidos pelo usuário contruirá o primeiro perfil, como mostra a figura 5.6.



Figura 5.6 - Segundo passo (primeiro perfil)

No terceiro passo é construído o outro corpo cilindro através das mesmas interações utilizadas no passo anterior. As respostas fornecidas pelo usuário serão: 35 mm para o diâmetro, 5 mm para o comprimento e a origem será o final da feature anterior. O segundo perfil construído é mostrado na figura 5.7.

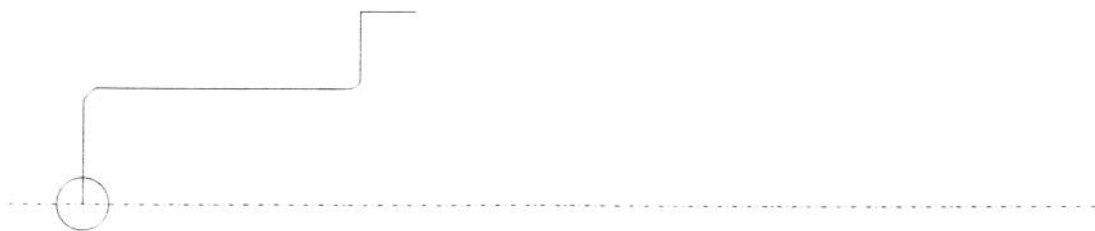


Figura 5.7 - Terceiro passo (segundo perfil)

O quarto passo é idêntico aos dois passos anteriores e suas interações com o usuário são: 28 mm para o diâmetro, 10 mm para o comprimento e a origem da feature será o final da segunda feature. O perfil gerado é mostrado na figura 5.8.



Figura 5.8 - Quarto passo (terceiro perfil)

No quinto passo será feito um torneamento cônico através da função torneamento cônico e o sistema interagirá com o usuário com as seguintes perguntas:

*Entre com a distância entre diâmetros? 36 mm*

*Indique a origem da feature? o final da feature anterior*

*Entre com o ângulo em (graus)? -18.434949°*

E como resultado teremos o perfil mostrado na figura 5.9.

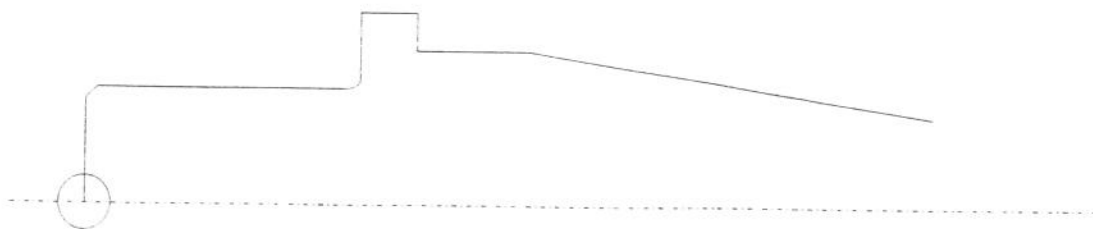


Figura 5.9 - Quinto passo (quarto perfil)



#### 5.4 - Geração do Código da Peça

**CÓDIGO DA PEÇA - 1130500137000**

[00] - Indica que o material da peça é aço;

[137] - Indica que os processos de fabricação empregados na confecção da peça são:

Serrar, o torneamento externo (cilindrico, faceamento e cônico);

[000] - Indica que não há usinagem interna.

## 5.5 - Resultados da Aplicação do Sistema para as Demais Peças

O procedimento para criação do perfil e código para as demais peças rotacionais propostas é o mesmo ao da figura 5.1. Então no próximo item são mostradas os perfis completos gerados das peças propostas, seus códigos e o significado de cada dígito.

### 5.5.1 - Perfil, Código e Significado de Cada Dígito das Peças Propostas

O perfil da peça da figura 5.2 é mostrado na figura 5.11 e seu código da peça é:

***CÓDIGO DA PEÇA - 1 1 8 0 6 1 0 2 6 3 0 0 0***

O significado de cada dígito é:

[1] - Indica que a peça é rotacional;

[18] - Indica que a peça possui um comprimento total entre 110 e 120 mm;

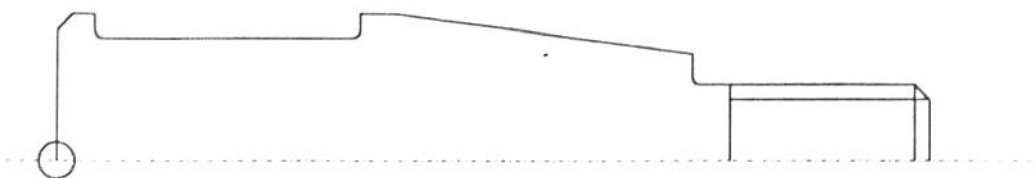
[06] - Indica que a peça possui um diâmetro máximo entre 35 e 40 mm;

[10] - Indica que o material da peça é aço inox;

[263] - Indica que a peça para ser confeccionada deverá passar pelos seguintes

processos: Serrar, torneamento (faceamento, cilíndrico, cônico e roscamento);

[000] - Indica que não possui nenhuma usinagem interna na peça.



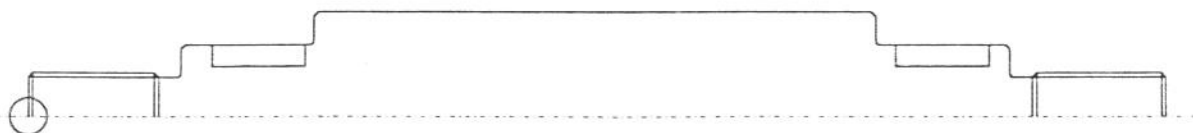
**Figura 5.11 - Perfil completo da peça da figura 5.2.**

Utilizando-se da mesma linha de raciocínio para o eixo para cortadeira de cana-de-açúcar da figura 5.3, como mostra a figura 5.12, obtendo-se o seguinte código:

### ***CÓDIGO DA PEÇA - 1 9 3 0 8 0 0 2 7 4 0 0 0***

O significado de cada dígito é:

- [1] - Indica que a peça é rotacional;
- [93] - Indica que o comprimento total da peça está entre 860 e 870 mm;
- [08] - Indica que o maior diâmetro da peça está entre 45 e 50 mm;
- [00] - Indica que o material da peça é aço carbono;
- [274] - Indica que para confeccionar a peça são necessários os seguintes processos de fabricação: Serrar, torneamento (faceamento c/ furo de centro, cilíndrico e roscamento) e fresamento para rasgo de chaveta;
- [000] - Indica que não possui nenhuma usinagem interna na peça.



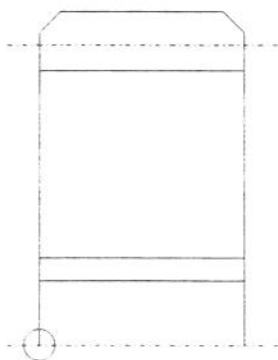
**Figura 5.12 - Perfil completo da peça da figura 5.3**

Com os mesmos procedimentos utilizados nas peças anteriores são adotados para a engrenagem de dentes retos da figura 5.4. O perfil completo é mostrado na figura 5.13 e o código da peça será:

### ***CÓDIGO DA PEÇA - 1 0 2 1 8 2 0 1 4 1 1 1 2***

O significado de cada dígito é:

- [1] - Indica que a peça é rotacional;
- [02] - Indica que o comprimento total da peça está entre 25 e 30 mm;
- [18] - Indica que o maior diâmetro da peça está entre 95 e 100 mm;
- [20] - Indica que o material da peça é de ferro fundido;
- [141] - Indica que para confeccionar externamente a peça são necessários os seguintes processos de fabricação: Serrar, torneamento (faceamento e cilíndrico) e fresamento para os dentes da engrenagem;
- [112] - Indica que para confeccionar a peça internamente serão necessários os seguintes processos de fabricação: Furação, torneamento interno cilíndrico e brochamento.



**Figura 5.13 - Perfil completo da peça da figura 5.4.**

### 5.5.2 - Código da Família de Peças

O código da família é formado automaticamente pelo sistema. É função das dimensões máximas da peça, dos processos de fabricação necessários na sua confecção e os dados de capacidade das máquinas existentes no banco de dados do sistema. O código da família para a peça da figura 5.1 é mostrado a seguir:

#### ***CÓDIGO DA FAMÍLIA - 1 0 1 1 0 2 6 3 0 0 0***

O significado de cada dígito é:

- [1] - Indica que a peça é rotacional;
- [0] - Indica que a peça pode ter comprimento máximo de 100 mm;
- [1] - Indica que a peça pode ter um diâmetro máximo de 55 mm;
- [10] - Indica que o material da peça é aço inox;
- [263] - Indica que a peça para ser confeccionada deverá passar pelos seguintes processos: Serrar, torneamento (faceamento, cilíndrico, cônico e roscamento);
- [000] - Indica que não possui nenhuma usinagem interna na peça.

Para a peça da figura 5.2 o código da família é:

#### ***CÓDIGO DA FAMÍLIA - 1 1 1 0 0 1 3 7 0 0 0***

O significado de cada dígito é:

- [1] - Indica que a peça é rotacional;
- [1] - Indica que a peça pode ter comprimento máximo de 200 mm;
- [1] - Indica que a peça pode ter um diâmetro máximo de 55 mm;

[00] - Indica que o material da peça é aço carbono;

[137] - Indica que os processos de fabricação empregados na confecção da peça são:

Serrar, o torneamento externo (cilindrico, faceamento e cônico);

[000] - Indica que não há usinagem interna.

Para a peça da figura 5.3 o código da família é:

***CÓDIGO DA FAMÍLIA - 1 3 1 0 0 2 7 4 0 0 0***

O significado de cada dígito é:

[1] - Indica que a peça é rotacional;

[3] - Indica que o comprimento máximo que a peça pode ter é de 920 mm;

[1] - Indica que o maior diâmetro que a peça pode ter é de 55 mm;

[00] - Indica que o material da peça é aço carbono;

[274] - Indica que para confeccionar a peça são necessários os seguintes processos de

fabricação: Serrar, torneamento (faceamento c/ furo de centro, cilíndrico e

roscamento) e fresamento para rasgo de chaveta;

[000] - Indica que não possui nenhuma usinagem interna na peça.

Para a peça da figura 5.4 o código da família é:

***CÓDIGO DA FAMÍLIA - 1 0 5 2 0 1 4 1 1 1 2***

O significado de cada dígito é:

[1] - Indica que a peça é rotacional;

[0] - Indica que o comprimento máximo que a peça pode ter é de 100 mm;

[5] - Indica que o maior diâmetro que a peça pode ter é de 325 mm;

- [20] - Indica que o material da peça é de ferro fundido;
- [141] - Indica que para confeccionar externamente a peça são necessários os seguintes processos de fabricação: Serrar, torneamento (faceamento e cilíndrico) e fresamento para os dentes da engrenagem;
- [112] - Indica que para confeccionar a peça internamente serão necessários os seguintes processo de fabricação: Furação, torneamento interno cilíndrico e brochamento.

## 5.6 - Vantagens do Sistema SGCFF

Este sistema, dentro do projeto global "Planejamento e Projeto de Células de Manufatura", é uma excelente ferramenta para a integração das atividades de projeto e planejamento do processo. A partir deste módulo (SGCFF), pode-se viabilizar a obtenção do roteiro de fabricação padrão de forma automática, já que as features contemplam características e atributos de processo de fabricação.

Testes realizados num micro PC-AT 386 DX, utilizando-se um usuário de média experiência em projetos industriais, mostrou que o ganho em horas trabalhadas foi da ordem de 87%, isto é, somente no que se refere ao desenho, não incluindo a codificação e a classificação.

Pode-se, ressaltar ainda outras vantagens, tais como:

- oferece melhor qualidade nos projetos de peças rotacionais;
- aumenta sensivelmente a produtividade na área de projeto;
- é prático e de fácil manuseio;
- evita consultas externas a normas, agilizando o trabalho;
- não sobrecarrega o sistema por ser de pequeno porte;

- permite a padronização do projeto industrial;
- é executado dentro do Autocad, pois este é um software de baixo custo, muito difundido na área comercial e de fácil familiarização;
- sua plataforma é o PC-AT, de custo acessível as pequenas e médias empresas.

## **5.7 - Limitações do Sistema SGCFF**

O sistema, no estágio atual de desenvolvimento, tem algumas limitações, tais como:

- não executa a cotação do perfil da peça construída, mas caso haja interesse poderá ser desenvolvido;
- qualquer mudança no perfil da peça após concluído o projeto deste, vai requer um novo projeto do perfil. Esta limitação é amenizada, devido a maior rapidez de obtenção do perfil pelo sistema (item 5.6).
- o sistema não permite a codificação e classificação de peças anteriormente projetados no sistema Autocad convencional. Este fato, poderá ser resolvido, utilizando-se dos conceitos de reconhecimento de forma (item 6).

## **5.8 - Comentários**

Cabe ressaltar que no estágio atual do SGCFF, a forma inicial da matéria prima foi considerada como sendo uma barra cilíndrica. Outros blanques diferentes deste poderão ser agregados ao sistema oportunamente.



O desenvolvimento dos menus e da programação paramétrica demandou um trabalho exaustivo, tanto a nível de pesquisa bibliográfica quanto do próprio desenvolvimento, já que há um número reduzido de informações disponíveis em bibliografia. Assim, aprendeu-se na prática através de experiências realizadas com o software desenvolvido. Além disso, a cultura de programação em CAD é muito pequena no país.

Neste capítulo demonstrou-se a aplicabilidade do Sistema SGCFE através de quatro exemplos, gerando-se os perfis completos das peças, codificando e classificando-as em famílias de peças, segundo as regras impostas pelo sistema, comentou-se também suas vantagens e limitações. No próximo capítulo, faz-se a conclusão do trabalho e propostas para novos trabalhos.

---

## **CAPÍTULO 6 - Conclusão e Propostas de Trabalhos Futuros**

---

### **6.1. Conclusão**

A utilização dos conceitos de features de fabricação, estado da arte na área de automação no nível de engenharia, permitiu o tratamento com novos conceitos de Computação Gráfica, manipulação e utilização de um sistema CAD (Autocad) e sua linguagem de programação (AutoLisp) e, finalmente, o desenvolvimento do Sistema Gerador e Classificador de Features de Fabricação (SGCFF).

O aplicativo desenvolvido (SGCFF), permite a otimização de projetos de peças rotacionais, fornecendo subsídios para a formação de Células de Manufatura, através da criação de famílias de peças.

O SGCFF tem a grande vantagem de gerar automaticamente o código da peça e o da família. O código da peça contempla as características geométricas (tipos de perfis e dimensões máximas) e de processos (torneamento, brochamento, fresamento, etc.), além de atributos (tolerâncias dimensionais e geométricas). O código da família de peças, baseia-se no mesmo princípio do anterior. No entanto, para a formação de

família de peças, o código de famílias contempla as capacidades das máquinas existentes e as compara com os dígitos referentes as dimensões do código da peça.

O SGCFF mostrou-se com um desempenho superior na elaboração de projetos de peças rotacionais, quando comparado com sistema AutoCAD convencional. Nos testes realizados, obteve-se um ganho em horas trabalhadas da ordem de 87%. O usuário, utilizando-se do SGCFF, construindo os perfis das peças com um maior grau de detalhamento, o ganho será ainda maior, mesmo fazendo-se a cotação manualmente no sistema AutoCAD.

Com a utilização do SGCFF, evita-se erros humanos na codificação e classificação, além de se evitar consultas externas a normas e manuais, agilizando o trabalho do projetista.

O SGCFF é prático e de fácil manuseio, podendo ser utilizado por projetistas que não tenham grande experiência na área.

O SGCFF é adequado à pequena e média empresa, devido a custo relativamente baixo e acessível, tanto a nível de software (AutoCAD) quanto a de plataforma (PC AT).

O SGCFF permite a integração entre as áreas de projeto e de planejamento de processo, sendo este um fato relevante no desenvolvimento do sistema. Isto vem de encontro aos conceitos de Engenharia Simultânea.

## 6.2. Propostas de Trabalhos Futuros

O SGCFF possui algumas limitações, relatadas no item 5.7. Algumas delas serão alvo de futuros desenvolvimentos, propostos na sequência.

- O desenvolvimento de um sistema que acoplado ao SGCFF analise uma geometria já existente (gerada por um sistema CAD convencional) e reconhecendo-a, permita a codificação e formação de famílias pelo SGCFF.
- Desenvolvimento de um sistema que trabalhe em conjunto com o SGCFF para geração, análise, codificação e classificação de peças prismáticas.
- Desenvolvimento de uma nova função dentro no sistema SGCFF que gere automaticamente programas para máquinas de Comando Numérico.
- Desenvolvimento de técnicas de Inteligência Artificial que possibilite a mudança do perfil das peças, sem comprometer a estrutura dos códigos (peça e família).
- Desenvolvimento de um sistema de planejamento de processo (CAPP), acoplado ao SGCFF para peças prismáticas.

## **7 - Referências Bibliográficas e Bibliografia Consultada**

### **7.1 - Referências Bibliográficas**

- [1] - BURBIDGE, Jonh L. Production planning. London, Heinemann, 1971.
  
- [2] - MITROFANOV, S.P.-Scentific Principles of Group Technology National Lending Library for Science and Technology, 1966 - 185 pg.
  
- [3] - HAM, I.. Group Technology applications for higher manufacturing Productivity. Departamento de Engenharia Mecânica da USP, São Carlos, 1980. (Apostila do curso sobre Tecnologia de Grupo ministrado pelo Dr. Ham).
  
- [4] - CUNHA, G.J. e outros. Computação Gráfica e Suas Aplicações em CAD. Ed. Atlas, 1987.
  
- [5] - NEWMAN, William M.; SPROULL, Robert F.. Pricinples of Interactive Computer Graphícs. 2 ed.. Ed. Mcgraw Hill, 1987.
  
- [6] - TOZZI, Clésio Luis. PAC: Projeto Auxiliado por Computador. Campinas, Ed. Papirus, 1986.
  
- [7] - SHAW, J.J., A Scheme for CDA-CAPP Iintegration Through Group Technology; Internal Report - GE coporation; 1986

- [8] - GAO, X., and CASE, K., 1991, Process capability modelling: A review report of feature representation methodologies (Department of Manufacturing Engineering, Loughborough University of Technology, UK).
  
- [9] - SHAH, J.J et al.; A Framework for Manufacturability Evaluation in a Feature Base CAD System; Depto. of Mech. Eng., Arizona State University.
  
- [10] - CUNNINGHAM, J.J., DIXON, J.R.; Design With Features: The Origin of The Features; in: Computer in Engineering; 1988.
  
- [11] - BUTTERFIELD, W.R., et al.; Part features for Process Planning; in; CAM-I Documentation C-85-PPP-03; 1985.
  
- [12] - VARVAKIS, G.J., 1991, Manufacturing code generation for rotational parts in a feature-based product modelling environment. Ph. thesis (department of Manufacturing Engineering, Loughborough University of Technology, UK).
  
- [13] - PRATT, M.J., 1988, Synthesis of an optimal approach to form feature modelling. Proceeding of the 1988 ASME International computers in Engineering Conference and Exhibition, San Francisco, CA, USA, 1, 263-274.
  
- [14] - GINDY, N.N.Z., 1989, A hierarchical structure for form features. International Journal of Production Research, 27(12), 2089-2103.

- [15] - ALTING, L. and ZHANG, H., 1989, Computer aided process planning; the state-of-the-art survey. *International Journal of production Research*, 27(4), 553-583.
  
- [16] - SHAH, J.J., and ROGERS, M.T., 1990, Feature basead modelling shell: design and impleentation. *Computer in Engineering Journal*, January 1990, 255-261.
  
- [17] - JARED, G.E.M., 1989. The Feature Recognition Batle-Latest form the Front (Departament of Applied Computing and Mathematics, Cranfield Institute of Technology, UK).
  
- [18] - JOSHI, S., and CHANG, T.C., 1990, Feature extraction and feature basead design approaches in the development of design interface for process planning. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1, 1-15.
  
- [19] - WOODWARK, J.R., 1988, Some speculations on the feature recognition. UKSC Report 186 (IBM, Winchester, UK).
  
- [20] - CHANG, T.C., WYSK, R.A.; *An IntroductionAutomatedProcessPlanning System*; 1985; Prentice Hall.
  
- [21] - SHAH, J. J., et al.; *Current Status of Features Technology*; CAM-I Report R-88-GM-04.1; 1988.
  
- [22] - ROSA, E., e outros. *Uma Base para a Implantação dos Conceitos de Engenharia Simultânea em Um ambiente Computacional*. 1994, CICOMGRAF - Congresso Internacional de Computação Gráfica. São Paulo, Brasil.

- [23] - COSTA, P.C.. Engenharia Simultânea e Workgroup Computing. 1994, CICOMGRAF - Congresso Internacional de Computação Gráfica. São Paulo, Brasil.
- [24] - CENSI, A.L.C. e LADEIRA, M..C., Autocad: Release 11. São Paulo, Livros Érica Editora Ltda, 1992, 410 pg..
- [25] - THOMAS, R.M., Autocad Avançado, versão 12: Terceira edição. Rio de Janeiro, Ed. Campus Ltda, 1994, 498 pg..
- [26] - CRANFIELD, Inst. of Technology, 1991, Solid Modeller - Macroplanner Interfacing (Task 110), report D11. England.

## 7.2 - Bibliografia Consultada

- BATOCCHIO, Antonio. Planejamento do Processo e de Célula de Manufatura. Departamento de Engenharia de Fabricação da UNICAMP, Campinas, 1992. (Apostila do Curso Tópicos em Tecnologia Mecânica).
- BATOCCHIO, Antonio. Codificação interativa de peças usando computador e tecnologia de grupo. Departamento de Engenharia Mecânica da USP, São Carlos, 1986. (Tese de mestrado)
- CHANDRASEKHARAN, M.P. and RAJAGOPALAN, R. Modroc: an extension of rank order clustering for group technology. Int.J.Prod.Res.. 1986, vol.24,n.5, 1221-1233.



FLYNN, Barbara B. and JACOBS, F. Robert. A simulation comparison of group technology with traditional job shop manufacturing. *Int.J.Prod. Res.* 1986, vol.24,n 5, 1171-1192.

KIMBLER, D.L. and AGEE, M.H.. Implications of Group Technology in Automated standard Data Systems. *Comput & Index E.* 1982, vol.6,n.1, 19-24.

KING, J.R. and NAKORNCHAI, V.. Machine-component group technology: review and extension. *Int.J.Prod.Res.* 1982,vol.20, n.2,117-133.

RATHMILL, K.; SACKETT, P.J. and LITTLEFIELD,T. The Implementation of NC Plant in Functional and Celular Groupings.*Proc Instn Mech Engrs*, vol.195,1981.

TUFFENTSAMMER, K. and ARNDT,G. . The influence of NC on the Concept of Group Technology.*Annals of the CIRP*, vol. 32/1/1983.

WILLEY, P.C.T. and DALE, B.G.. Group Technology - some factors which influence its sucess. *CME*, september 1979.

## **APÊNDICE 1**

### **8º, 9º e 10º DÍGITOS (SUPERFÍCIE EXTERNA)**

- 000 - SEM USINAGEM EXTERNA
- 001 - SERRAR
- 002 - FACEAMENTO SEM FURO DE CENTRO
- 003 - FACEAMENTO COM FURO DE CENTRO
- 004
- " "
- " "
- 010 - TORNEAMENTO CILÍNDRICO EXTERNO
- 011 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA EXTERNA
- 012 - TORNEAMENTO E ROSCAMENTO EXTERNO
- 013 - TORNEAMENTO CÔNICO EXTERNO
- 014 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CÔNICA EXTERNA
- 015 - TORNEAMENTO DE SUPERFÍCIE DE FORMA EXTERNA
- 016
- " "
- " "
- 020 - FRESAMENTO (RASGO DE CHAVETA)
- 021 - FRESAMENTO (ENGRENAGEM)
- 022
- " "
- " "
- 030 - FURAÇÃO RADIAL
- 031 - FURAÇÃO AXIAL
- 032
- " "
- " "
- 040 - BROCHAMENTO EXTERNO
- 041 -
- " "
- 099

## COMBINAÇÕES POSSÍVEIS

dig - combinações

100 - (001, 002)  
101 - (001, 003)  
102 - (001, 010)  
103 - (001, 011)  
104 - (001, 012)  
105 - (001, 013)  
106 - (001, 014)  
107 - (001, 015)  
108 - (001, 020)  
109 - (001, 021)  
110 - (001, 030)  
111 - (001, 031)  
112 - (001, 040)  
113 - (001, 002, 010)  
114 - (001, 002, 011)  
115 - (001, 002, 012)  
116 - (001, 002, 013)  
117 - (001, 002, 014)  
118 - (001, 002, 015)  
119 - (001, 002, 020)  
120 - (001, 002, 021)  
121 - (001, 002, 030)  
122 - (001, 002, 031)  
123 - (001, 002, 040)  
124 - (001, 003, 010)  
125 - (001, 003, 011)  
126 - (001, 003, 012)  
127 - (001, 003, 013)  
128 - (001, 003, 014)  
129 - (001, 003, 015)  
130 - (001, 003, 020)  
131 - (001, 003, 021)  
132 - (001, 003, 030)  
133 - (001, 003, 031)  
134 - (001, 003, 040)  
135 - (001, 002, 010, 011)  
136 - (001, 002, 010, 012)  
137 - (001, 002, 010, 013)  
138 - (001, 002, 010, 014)  
139 - (001, 002, 010, 015)  
140 - (001, 002, 010, 020)  
141 - (001, 002, 010, 021)  
142 - (001, 002, 010, 030)  
143 - (001, 002, 010, 031)

144 - (001, 002, 010, 040)  
145 - (001, 003, 010, 011)  
146 - (001, 003, 010, 012)  
147 - (001, 003, 010, 013)  
148 - (001, 003, 010, 014)  
149 - (001, 003, 010, 015)  
150 - (001, 003, 010, 020)  
151 - (001, 003, 010, 021)  
152 - (001, 003, 010, 030)  
153 - (001, 003, 010, 031)  
154 - (001, 003, 010, 040)  
155 - (001, 002, 011, 012)  
156 - (001, 002, 011, 013)  
157 - (001, 002, 011, 014)  
158 - (001, 002, 011, 015)  
159 - (001, 002, 011, 020)  
160 - (001, 002, 011, 021)  
161 - (001, 002, 011, 030)  
162 - (001, 002, 011, 031)  
163 - (001, 002, 011, 040)  
164 - (001, 003, 011, 012)  
165 - (001, 003, 011, 013)  
166 - (001, 003, 011, 014)  
167 - (001, 003, 011, 015)  
168 - (001, 003, 011, 020)  
169 - (001, 003, 011, 021)  
170 - (001, 003, 011, 030)  
171 - (001, 003, 011, 031)  
172 - (001, 003, 011, 040)  
173 - (001, 002, 012, 013)  
174 - (001, 002, 012, 014)  
175 - (001, 002, 012, 015)  
176 - (001, 002, 012, 020)  
177 - (001, 002, 012, 021)  
178 - (001, 002, 012, 030)  
179 - (001, 002, 012, 031)  
180 - (001, 002, 012, 040)  
181 - (001, 003, 012, 013)  
182 - (001, 003, 012, 014)  
183 - (001, 003, 012, 015)  
184 - (001, 003, 012, 020)  
185 - (001, 003, 012, 021)  
186 - (001, 003, 012, 030)  
187 - (001, 003, 012, 031)  
188 - (001, 003, 012, 040)  
189 - (001, 002, 013, 014)  
190 - (001, 002, 013, 015)

191 - (001, 002, 013, 020)  
192 - (001, 002, 013, 021)  
193 - (001, 002, 013, 030)  
194 - (001, 002, 013, 031)  
195 - (001, 002, 013, 040)  
196 - (001, 003, 013, 014)  
197 - (001, 003, 013, 015)  
198 - (001, 003, 013, 020)  
199 - (001, 003, 013, 021)  
200 - (001, 003, 013, 030)  
201 - (001, 003, 013, 031)  
202 - (001, 003, 013, 040)  
203 - (001, 002, 014, 015)  
204 - (001, 002, 014, 020)  
205 - (001, 002, 014, 021)  
206 - (001, 002, 014, 030)  
207 - (001, 002, 014, 031)  
208 - (001, 002, 014, 040)  
209 - (001, 003, 014, 015)  
210 - (001, 003, 014, 020)  
211 - (001, 003, 014, 021)  
212 - (001, 003, 014, 030)  
213 - (001, 003, 014, 031)  
214 - (001, 003, 014, 040)  
215 - (001, 002, 015, 020)  
216 - (001, 002, 015, 021)  
217 - (001, 002, 015, 030)  
218 - (001, 002, 015, 031)  
219 - (001, 002, 015, 040)  
220 - (001, 003, 015, 020)  
221 - (001, 003, 015, 021)  
222 - (001, 003, 015, 030)  
223 - (001, 003, 015, 031)  
224 - (001, 003, 015, 040)  
225 - (001, 002, 020, 021)  
226 - (001, 002, 020, 030)  
227 - (001, 002, 020, 031)  
228 - (001, 002, 020, 040)  
229 - (001, 003, 020, 021)  
230 - (001, 003, 020, 030)  
231 - (001, 003, 020, 031)  
232 - (001, 003, 020, 040)  
233 - (001, 002, 021, 030)  
234 - (001, 002, 021, 031)  
235 - (001, 002, 021, 040)  
236 - (001, 003, 021, 030)  
237 - (001, 003, 021, 031)

238 - (001, 003, 021, 040)  
239 - (001, 002, 030, 031)  
240 - (001, 002, 030, 040)  
241 - (001, 003, 030, 031)  
242 - (001, 003, 030, 040)  
243 - (001, 002, 031, 040)  
244 - (001, 003, 031, 040)  
245 - (001, 002, 010, 011, 012)  
246 - (001, 002, 010, 011, 013)  
247 - (001, 002, 010, 011, 014)  
248 - (001, 002, 010, 011, 015)  
249 - (001, 002, 010, 011, 020)  
250 - (001, 002, 010, 011, 021)  
251 - (001, 002, 010, 011, 030)  
252 - (001, 002, 010, 011, 031)  
253 - (001, 002, 010, 011, 040)  
254 - (001, 003, 010, 011, 012)  
255 - (001, 003, 010, 011, 013)  
256 - (001, 003, 010, 011, 014)  
257 - (001, 003, 010, 011, 015)  
258 - (001, 003, 010, 011, 020)  
259 - (001, 003, 010, 011, 021)  
260 - (001, 003, 010, 011, 030)  
261 - (001, 003, 010, 011, 031)  
262 - (001, 003, 010, 011, 040)  
263 - (001, 002, 010, 012, 013)  
264 - (001, 002, 010, 012, 014)  
265 - (001, 002, 010, 012, 015)  
266 - (001, 002, 010, 012, 020)  
267 - (001, 002, 010, 012, 021)  
268 - (001, 002, 010, 012, 030)  
269 - (001, 002, 010, 012, 031)  
270 - (001, 002, 010, 012, 040)  
271 - (001, 003, 010, 012, 013)  
272 - (001, 003, 010, 012, 014)  
273 - (001, 003, 010, 012, 015)  
274 - (001, 003, 010, 012, 020)  
275 - (001, 003, 010, 012, 021)  
276 - (001, 003, 010, 012, 030)  
277 - (001, 003, 010, 012, 031)  
278 - (001, 003, 010, 012, 040)  
279 - (001, 002, 010, 013, 014)  
280 - (001, 002, 010, 013, 015)  
281 - (001, 002, 010, 013, 020)  
282 - (001, 002, 010, 013, 021)  
283 - (001, 002, 010, 013, 030)  
284 - (001, 002, 010, 013, 031)

285 - (001, 002, 010, 013, 040)  
286 - (001, 003, 010, 013, 014)  
287 - (001, 003, 010, 013, 015)  
288 - (001, 003, 010, 013, 020)  
289 - (001, 003, 010, 013, 021)  
290 - (001, 003, 010, 013, 030)  
291 - (001, 003, 010, 013, 031)  
292 - (001, 003, 010, 013, 040)  
293 - (001, 002, 010, 014, 015)  
294 - (001, 002, 010, 014, 020)  
295 - (001, 002, 010, 014, 021)  
296 - (001, 002, 010, 014, 030)  
297 - (001, 002, 010, 014, 031)  
398 - (001, 002, 010, 014, 040)  
399 - (001, 003, 010, 014, 015)  
300 - (001, 003, 010, 014, 020)  
301 - (001, 003, 010, 014, 021)  
302 - (001, 003, 010, 014, 030)  
303 - (001, 003, 010, 014, 031)  
304 - (001, 003, 010, 014, 040)  
305 - (001, 002, 010, 015, 020)  
306 - (001, 002, 010, 015, 021)  
307 - (001, 002, 010, 015, 030)  
308 - (001, 002, 010, 015, 031)  
309 - (001, 002, 010, 015, 040)  
310 - (001, 003, 010, 015, 020)  
311 - (001, 003, 010, 015, 021)  
312 - (001, 003, 010, 015, 030)  
313 - (001, 003, 010, 015, 031)  
314 - (001, 003, 010, 015, 040)  
315 - (001, 002, 010, 020, 021)  
316 - (001, 002, 010, 020, 030)  
317 - (001, 002, 010, 020, 031)  
318 - (001, 002, 010, 020, 040)  
319 - (001, 003, 010, 020, 021)  
320 - (001, 003, 010, 020, 030)  
321 - (001, 003, 010, 020, 031)  
322 - (001, 003, 010, 020, 040)  
323 - (001, 002, 010, 021, 030)  
324 - (001, 002, 010, 021, 031)  
325 - (001, 002, 010, 021, 040)  
326 - (001, 003, 010, 021, 030)  
327 - (001, 003, 010, 021, 031)  
328 - (001, 003, 010, 021, 040)  
329 - (001, 002, 010, 030, 031)  
330 - (001, 002, 010, 030, 040)  
331 - (001, 003, 010, 030, 031)

332 - (001, 003, 010, 030, 040)  
333 - (001, 002, 010, 031, 040)  
334 - (001, 003, 010, 031, 040)  
335 - (001, 002, 010, 011, 012, 013)  
336 - (001, 002, 010, 011, 012, 014)  
337 - (001, 002, 010, 011, 012, 015)  
338 - (001, 002, 010, 011, 012, 020)  
339 - (001, 002, 010, 011, 012, 021)  
340 - (001, 002, 010, 011, 012, 030)  
341 - (001, 002, 010, 011, 012, 031)  
342 - (001, 002, 010, 011, 012, 040)  
343 - (001, 003, 010, 011, 012, 013)  
344 - (001, 003, 010, 011, 012, 014)  
345 - (001, 003, 010, 011, 012, 015)  
346 - (001, 003, 010, 011, 012, 020)  
347 - (001, 003, 010, 011, 012, 021)  
348 - (001, 003, 010, 011, 012, 030)  
249 - (001, 003, 010, 011, 012, 031)  
250 - (001, 003, 010, 011, 012, 040)  
351 - (001, 002, 010, 011, 013, 014)  
352 - (001, 002, 010, 011, 013, 015)  
353 - (001, 002, 010, 011, 013, 020)  
354 - (001, 002, 010, 011, 013, 021)  
355 - (001, 002, 010, 011, 013, 030)  
356 - (001, 002, 010, 011, 013, 031)  
357 - (001, 002, 010, 011, 013, 040)  
358 - (001, 003, 010, 011, 013, 014)  
359 - (001, 003, 010, 011, 013, 015)  
360 - (001, 003, 010, 011, 013, 020)  
361 - (001, 003, 010, 011, 013, 021)  
362 - (001, 003, 010, 011, 013, 030)  
363 - (001, 003, 010, 011, 013, 031)  
364 - (001, 003, 010, 011, 013, 040)  
365 - (001, 002, 010, 011, 014, 015)  
366 - (001, 002, 010, 011, 014, 020)  
367 - (001, 002, 010, 011, 014, 021)  
368 - (001, 002, 010, 011, 014, 030)  
369 - (001, 002, 010, 011, 014, 031)  
370 - (001, 002, 010, 011, 014, 040)  
371 - (001, 003, 010, 011, 014, 015)  
372 - (001, 003, 010, 011, 014, 020)  
373 - (001, 003, 010, 011, 014, 021)  
374 - (001, 003, 010, 011, 014, 030)  
375 - (001, 003, 010, 011, 014, 031)  
376 - (001, 003, 010, 011, 014, 040)  
377 - (001, 002, 010, 011, 015, 020)  
378 - (001, 002, 010, 011, 015, 021)



379 - (001, 002, 010, 011, 015, 030)  
380 - (001, 002, 010, 011, 015, 031)  
381 - (001, 002, 010, 011, 015, 040)  
382 - (001, 003, 010, 011, 015, 020)  
383 - (001, 003, 010, 011, 015, 021)  
384 - (001, 003, 010, 011, 015, 030)  
385 - (001, 003, 010, 011, 015, 031)  
386 - (001, 003, 010, 011, 015, 040)  
387 - (001, 002, 010, 011, 020, 021)  
388 - (001, 002, 010, 011, 020, 030)  
389 - (001, 002, 010, 011, 020, 031)  
390 - (001, 002, 010, 011, 020, 040)  
391 - (001, 003, 010, 011, 020, 021)  
392 - (001, 003, 010, 011, 020, 030)  
393 - (001, 003, 010, 011, 020, 031)  
394 - (001, 003, 010, 011, 020, 040)  
395 - (001, 002, 010, 011, 021, 030)  
396 - (001, 002, 010, 011, 021, 031)  
397 - (001, 002, 010, 011, 021, 040)  
398 - (001, 003, 010, 011, 021, 030)  
399 - (001, 003, 010, 011, 021, 031)  
400 - (001, 003, 010, 011, 021, 040)  
401 - (001, 002, 010, 011, 030, 031)  
402 - (001, 002, 010, 011, 030, 040)  
403 - (001, 002, 010, 011, 031, 040)  
404 - (001, 003, 010, 011, 031, 040)  
405 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014)  
406 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 015)  
407 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 020)  
408 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 021)  
409 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 030)  
410 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 031)  
411 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 040)  
412 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014)  
413 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 015)  
414 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 020)  
415 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 021)  
416 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 030)  
417 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 031)  
418 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 040)  
419 - (001, 002, 010, 011, 012, 014, 015)  
420 - (001, 002, 010, 011, 012, 014, 020)  
421 - (001, 002, 010, 011, 012, 014, 021)  
422 - (001, 002, 010, 011, 012, 014, 030)  
423 - (001, 002, 010, 011, 012, 014, 031)  
424 - (001, 002, 010, 011, 012, 014, 040)  
425 - (001, 003, 010, 011, 012, 014, 015)

426 - (001, 003, 010, 011, 012, 014, 020)  
 427 - (001, 003, 010, 011, 012, 014, 021)  
 428 - (001, 003, 010, 011, 012, 014, 030)  
 429 - (001, 003, 010, 011, 012, 014, 031)  
 430 - (001, 003, 010, 011, 012, 014, 040)  
 431 - (001, 002, 010, 011, 012, 015, 020)  
 432 - (001, 002, 010, 011, 012, 015, 021)  
 433 - (001, 002, 010, 011, 012, 015, 030)  
 434 - (001, 002, 010, 011, 012, 015, 031)  
 435 - (001, 002, 010, 011, 012, 015, 040)  
 436 - (001, 003, 010, 011, 012, 015, 020)  
 437 - (001, 003, 010, 011, 012, 015, 021)  
 438 - (001, 003, 010, 011, 012, 015, 030)  
 439 - (001, 003, 010, 011, 012, 015, 031)  
 440 - (001, 003, 010, 011, 012, 015, 040)  
 441 - (001, 002, 010, 011, 012, 020, 021)  
 442 - (001, 002, 010, 011, 012, 020, 030)  
 443 - (001, 002, 010, 011, 012, 020, 031)  
 444 - (001, 002, 010, 011, 012, 020, 040)  
 445 - (001, 003, 010, 011, 012, 020, 021)  
 446 - (001, 003, 010, 011, 012, 020, 030)  
 447 - (001, 003, 010, 011, 012, 020, 031)  
 448 - (001, 003, 010, 011, 012, 020, 040)  
 449 - (001, 002, 010, 011, 012, 021, 030)  
 450 - (001, 002, 010, 011, 012, 021, 031)  
 451 - (001, 002, 010, 011, 012, 021, 040)  
 452 - (001, 003, 010, 011, 012, 021, 030)  
 453 - (001, 003, 010, 011, 012, 021, 031)  
 454 - (001, 003, 010, 011, 012, 021, 040)  
 455 - (001, 002, 010, 011, 012, 030, 031)  
 456 - (001, 002, 010, 011, 012, 030, 040)  
 457 - (001, 003, 010, 011, 012, 030, 031)  
 458 - (001, 003, 010, 011, 012, 030, 040)  
 459 - (001, 002, 010, 011, 012, 031, 040)  
 460 - (001, 003, 010, 011, 012, 031, 040)  
 461 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015)  
 462 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 020)  
 463 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 021)  
 464 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 030)  
 465 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 031)  
 466 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 040)  
 467 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015)  
 468 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 020)  
 469 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 021)  
 470 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 030)  
 471 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 031)  
 472 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 040)

473 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 015, 020)  
474 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 015, 021)  
475 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 015, 030)  
476 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 015, 031)  
477 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 015, 040)  
478 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 015, 020)  
479 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 015, 021)  
480 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 015, 030)  
481 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 015, 031)  
482 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 015, 040)  
483 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 020, 021)  
484 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 020, 030)  
485 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 020, 031)  
486 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 020, 040)  
487 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 020, 021)  
488 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 020, 030)  
489 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 020, 031)  
490 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 020, 040)  
491 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 021, 030)  
492 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 021, 031)  
493 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 021, 040)  
494 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 021, 030)  
495 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 021, 031)  
496 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 021, 040)  
497 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 030, 031)  
498 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 030, 040)  
499 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 030, 031)  
500 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 030, 040)  
501 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 031, 040)  
502 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 031, 040)  
503 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020)  
504 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021)  
505 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 030)  
506 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 031)  
507 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 040)  
508 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020)  
509 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021)  
510 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 030)  
511 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 031)  
512 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 040)  
513 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 021)  
514 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 030)  
515 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 031)  
516 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 040)  
517 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 021)  
518 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 030)  
519 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 031)

520 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 020, 040)  
 521 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 021, 030)  
 522 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 021, 031)  
 523 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 021, 040)  
 524 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 021, 030)  
 525 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 021, 031)  
 526 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 021, 040)  
 527 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 030, 031)  
 528 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 030, 040)  
 529 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 030, 031)  
 530 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 030, 040)  
 531 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 031, 040)  
 532 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 031, 040)  
 533 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021)  
 534 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 030)  
 535 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 031)  
 536 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 040)  
 537 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021)  
 538 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 030)  
 539 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 031)  
 540 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 040)  
 541 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021, 030)  
 542 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021, 031)  
 543 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021, 040)  
 544 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021, 030)  
 545 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021, 031)  
 546 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 021, 040)  
 547 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 030, 031)  
 548 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 030, 040)  
 549 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 030, 031)  
 550 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 030, 040)  
 551 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 031, 040)  
 552 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 031, 040)  
 553 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021, 030)  
 554 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021, 031)  
 555 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021, 040)  
 556 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021, 030)  
 557 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021, 031)  
 558 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 021, 040)  
 559 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 030, 031)  
 560 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 030, 040)  
 561 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 030, 031)  
 562 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 030, 040)  
 563 - (001, 002, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 031, 040)  
 564 - (001, 003, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 020, 031, 040)

" "

## **APÊNDICE 2**

### **11º, 12º e 13º DIGÍTOS ( SUPERFÍCIE INTERNA )**

000 - SEM USINAGEM INTERNA

001 - FURAÇÃO

002

" "

" "

" "

010 - TORNEAMENTO CILÍNDRICO INTERNO

011 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA INTERNA

012 - TORNEAMENTO E ROSCAMENTO INTERNO

013 - TORNEAMENTO CÔNICO INTERNO

014 - TORNEAMENTO E RETIFICAÇÃO CÔNICA INTERNA

015 - TORNEAMENTO DE SUPERFÍCIE DE FORMA INTERNA

016-

017-

018-

019-

" "

" "

" "

040 - BROCHAMENTO INTERNO

## COMBINAÇÕES POSSÍVEIS

dig - combinações

100 - (001, 010)  
101 - (001, 011)  
102 - (001, 012)  
103 - (001, 013)  
104 - (001, 014)  
105 - (001, 015)  
106 - (001, 040)  
107 - (001, 010, 011)  
108 - (001, 010, 012)  
109 - (001, 010, 013)  
110 - (001, 010, 014)  
111 - (001, 010, 015)  
112 - (001, 010, 040)  
113 - (001, 011, 012)  
114 - (001, 011, 013)  
115 - (001, 011, 014)  
116 - (001, 011, 015)  
117 - (001, 011, 040)  
118 - (001, 012, 013)  
119 - (001, 012, 014)  
120 - (001, 012, 015)  
121 - (001, 012, 040)  
122 - (001, 013, 014)  
123 - (001, 013, 015)  
124 - (001, 013, 040)  
125 - (001, 014, 015)  
126 - (001, 014, 040)  
127 - (001, 015, 040)  
128 - (001, 010, 011, 012)  
129 - (001, 010, 011, 013)  
130 - (001, 010, 011, 014)  
131 - (001, 010, 011, 015)  
132 - (001, 010, 011, 040)  
133 - (001, 010, 012, 013)  
134 - (001, 010, 012, 014)

135 - (001, 010, 012, 015)  
136 - (001, 010, 012, 040)  
135 - (001, 010, 013, 014)  
136 - (001, 010, 013, 015)  
137 - (001, 010, 013, 040)  
138 - (001, 010, 014, 015)  
139 - (001, 010, 014, 040)  
140 - (001, 010, 015, 040)  
141 - (001, 010, 011, 012, 013)  
142 - (001, 010, 011, 012, 014)  
143 - (001, 010, 011, 012, 015)  
144 - (001, 010, 011, 012, 040)  
145 - (001, 010, 011, 013, 014)  
146 - (001, 010, 011, 013, 015)  
147 - (001, 010, 011, 013, 040)  
148 - (001, 010, 011, 014, 015)  
149 - (001, 010, 011, 014, 040)  
150 - (001, 010, 011, 015, 040)  
151 - (001, 010, 011, 012, 013, 014)  
152 - (001, 010, 011, 012, 013, 015)  
153 - (001, 010, 011, 012, 013, 040)  
154 - (001, 010, 011, 012, 014, 015)  
155 - (001, 010, 011, 012, 014, 040)  
156 - (001, 010, 011, 012, 015, 040)  
157 - (001, 010, 011, 012, 013, 014, 015)  
158 - (001, 010, 011, 012, 013, 014, 040)  
159 - (001, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 040)

### APÊNDICE 3 - DADOS DE MÁQUINAS

#### TIPO DE MÁQUINA - SIGLA - CAPACIDADE

Serra Alternativa	SA11	150 x 355 mm
Serra Alternativa	SA12	320 x 600 mm
Serra Alternativa	SA13	550 x 850 mm
Serra de fita	SF11	250 x 3500 mm
Serra de fita	SF12	500 x 5410 mm
Serra de fita	SF13	1000 x 9440 mm
Serra Circular	SC11	120 x 400 mm
Serra Circular	SC12	230 x 750 mm
Serra Circular	SC13	400 x 1000 mm
Torno Universal	TU11	325 x 1000 mm
Torno Universal	TU12	515 x 2000 mm
Torno Universal	TU13	650 x 3000 mm
Torno Revolver	TR11	25 x 280 mm
Torno Revolver	TR12	55 x 950 mm
Torno Revolver	TR13	76 x 920 mm
Torno Automático	TA11	60 x 100 mm
Torno Automático	TA12	60 x 200 mm
Torno Automático	TA13	80 x 100 mm
Retif. Universal	RU11	200 x 650 mm
Retif. Universal	RU12	350 x 1500 mm
Retif. Universal	RU13	490 x 3000 mm
Retif. Centerless	RC11	50 x 400 mm
Retif. Centerless	RC12	200 x 600 mm
Retif. Centerless	RC13	400 x 1000 mm
Fresadora	FR11	200 x 600 mm
Fresadora	FR12	500 x 900 mm
Fresadora	FR13	600 x 1500 mm
Furadeira	FU11	25 x 100 mm
Furadeira	FU12	50 x 150 mm
Furadeira	FU13	75 x 200 mm
Brochadeira	BR11	25 x 200 mm
Brochadeira	BR12	50 x 300 mm
Brochadeira	BR13	75 x 400 mm



## APÊNDICE 4

### 2º E 3º DÍGITOS DO CÓDIGO DA PEÇA

#### DÍGITO      VARIAÇÕES DO COMPRIMENTO-TOTAL

00	$00 < L \leq 20 \text{ mm}$
01	$20 < L \leq 25 \text{ mm}$
02	$25 < L \leq 30 \text{ mm}$
03	$30 < L \leq 35 \text{ mm}$
04	$35 < L \leq 40 \text{ mm}$
05	$40 < L \leq 45 \text{ mm}$
06	$45 < L \leq 50 \text{ mm}$
07	$50 < L \leq 55 \text{ mm}$
08	$55 < L \leq 60 \text{ mm}$
09	$60 < L \leq 65 \text{ mm}$
10	$65 < L \leq 70 \text{ mm}$
11	$70 < L \leq 75 \text{ mm}$
12	$75 < L \leq 80 \text{ mm}$
13	$80 < L \leq 85 \text{ mm}$
14	$85 < L \leq 90 \text{ mm}$
15	$90 < L \leq 95 \text{ mm}$
16	$95 < L \leq 100 \text{ mm}$
17	$100 < L \leq 110 \text{ mm}$
18	$110 < L \leq 120 \text{ mm}$
19	$120 < L \leq 130 \text{ mm}$

20	$130 < L \leq 140 \text{ mm}$
21	$140 < L \leq 150 \text{ mm}$
22	$150 < L \leq 160 \text{ mm}$
23	$160 < L \leq 170 \text{ mm}$
24	$170 < L \leq 180 \text{ mm}$
25	$180 < L \leq 190 \text{ mm}$
26	$190 < L \leq 200 \text{ mm}$
27	$200 < L \leq 210 \text{ mm}$
28	$210 < L \leq 220 \text{ mm}$
29	$220 < L \leq 230 \text{ mm}$
30	$230 < L \leq 240 \text{ mm}$
31	$240 < L \leq 250 \text{ mm}$
32	$250 < L \leq 260 \text{ mm}$
33	$260 < L \leq 270 \text{ mm}$
34	$270 < L \leq 280 \text{ mm}$
35	$280 < L \leq 290 \text{ mm}$
36	$290 < L \leq 300 \text{ mm}$
37	$300 < L \leq 310 \text{ mm}$
38	$310 < L \leq 320 \text{ mm}$
39	$320 < L \leq 330 \text{ mm}$
40	$330 < L \leq 340 \text{ mm}$
41	$340 < L \leq 350 \text{ mm}$
42	$350 < L \leq 360 \text{ mm}$
43	$360 < L \leq 370 \text{ mm}$
44	$370 < L \leq 380 \text{ mm}$
45	$380 < L \leq 390 \text{ mm}$
46	$390 < L \leq 400 \text{ mm}$

47	$400 < L \leq 410 \text{ mm}$
48	$410 < L \leq 420 \text{ mm}$
49	$420 < L \leq 430 \text{ mm}$
50	$430 < L \leq 440 \text{ mm}$
51	$440 < L \leq 450 \text{ mm}$
52	$450 < L \leq 460 \text{ mm}$
53	$460 < L \leq 470 \text{ mm}$
54	$470 < L \leq 480 \text{ mm}$
55	$480 < L \leq 490 \text{ mm}$
56	$490 < L \leq 500 \text{ mm}$
57	$500 < L \leq 510 \text{ mm}$
58	$510 < L \leq 520 \text{ mm}$
59	$520 < L \leq 530 \text{ mm}$
60	$530 < L \leq 540 \text{ mm}$
61	$540 < L \leq 550 \text{ mm}$
62	$550 < L \leq 560 \text{ mm}$
63	$560 < L \leq 570 \text{ mm}$
64	$570 < L \leq 580 \text{ mm}$
65	$580 < L \leq 590 \text{ mm}$
66	$590 < L \leq 600 \text{ mm}$
67	$600 < L \leq 610 \text{ mm}$
68	$610 < L \leq 620 \text{ mm}$
69	$620 < L \leq 630 \text{ mm}$
70	$630 < L \leq 640 \text{ mm}$
71	$640 < L \leq 650 \text{ mm}$
72	$650 < L \leq 660 \text{ mm}$
73	$660 < L \leq 670 \text{ mm}$

74	$670 < L \leq 680 \text{ mm}$
75	$680 < L \leq 690 \text{ mm}$
76	$690 < L \leq 700 \text{ mm}$
77	$700 < L \leq 710 \text{ mm}$
78	$710 < L \leq 720 \text{ mm}$
79	$720 < L \leq 730 \text{ mm}$
80	$730 < L \leq 740 \text{ mm}$
81	$740 < L \leq 750 \text{ mm}$
82	$750 < L \leq 760 \text{ mm}$
83	$760 < L \leq 770 \text{ mm}$
84	$770 < L \leq 780 \text{ mm}$
85	$780 < L \leq 790 \text{ mm}$
86	$790 < L \leq 800 \text{ mm}$
87	$800 < L \leq 810 \text{ mm}$
88	$810 < L \leq 820 \text{ mm}$
89	$820 < L \leq 830 \text{ mm}$
90	$830 < L \leq 840 \text{ mm}$
91	$840 < L \leq 850 \text{ mm}$
92	$850 < L \leq 860 \text{ mm}$
93	$860 < L \leq 870 \text{ mm}$
94	$870 < L \leq 880 \text{ mm}$
95	$880 < L \leq 890 \text{ mm}$
96	$890 < L \leq 900 \text{ mm}$
97	$900 < L \leq 910 \text{ mm}$
98	$910 < L \leq 920 \text{ mm}$
99	$920 < L \leq 930 \text{ mm}$

## APÊNDICE 5

### 4º E 5º DÍGITOS DO CÓDIGO DA PEÇA

DÍGITO	VARIAÇÕES DO DIÂMETRO MAIOR
--------	-----------------------------

00	$00 < D \leq 10 \text{ mm}$
01	$10 < D \leq 15 \text{ mm}$
02	$15 < D \leq 20 \text{ mm}$
03	$20 < D \leq 25 \text{ mm}$
04	$25 < D \leq 30 \text{ mm}$
05	$30 < D \leq 35 \text{ mm}$
06	$35 < D \leq 40 \text{ mm}$
07	$40 < D \leq 45 \text{ mm}$
08	$45 < D \leq 50 \text{ mm}$
09	$50 < D \leq 55 \text{ mm}$
10	$55 < D \leq 60 \text{ mm}$
11	$60 < D \leq 65 \text{ mm}$
12	$65 < D \leq 70 \text{ mm}$
13	$70 < D \leq 75 \text{ mm}$
14	$75 < D \leq 80 \text{ mm}$
15	$80 < D \leq 85 \text{ mm}$
16	$85 < D \leq 90 \text{ mm}$
17	$90 < D \leq 95 \text{ mm}$
18	$95 < D \leq 100 \text{ mm}$
19	$100 < D \leq 105 \text{ mm}$
20	$105 < D \leq 110 \text{ mm}$
21	$110 < D \leq 115 \text{ mm}$
22	$115 < D \leq 120 \text{ mm}$

23	$120 < D \leq 125 \text{ mm}$
24	$125 < D \leq 130 \text{ mm}$
25	$130 < D \leq 135 \text{ mm}$
26	$135 < D \leq 140 \text{ mm}$
27	$140 < D \leq 145 \text{ mm}$
28	$145 < D \leq 150 \text{ mm}$
29	$150 < D \leq 155 \text{ mm}$
30	$155 < D \leq 160 \text{ mm}$
31	$160 < D \leq 165 \text{ mm}$
32	$165 < D \leq 170 \text{ mm}$
33	$170 < D \leq 175 \text{ mm}$
34	$175 < D \leq 180 \text{ mm}$
35	$180 < D \leq 185 \text{ mm}$
36	$185 < D \leq 190 \text{ mm}$
37	$190 < D \leq 195 \text{ mm}$
38	$195 < D \leq 200 \text{ mm}$
39	$200 < D \leq 205 \text{ mm}$
40	$205 < D \leq 210 \text{ mm}$
41	$210 < D \leq 215 \text{ mm}$
42	$215 < D \leq 220 \text{ mm}$
43	$220 < D \leq 225 \text{ mm}$
44	$225 < D \leq 230 \text{ mm}$
45	$230 < D \leq 235 \text{ mm}$
46	$235 < D \leq 240 \text{ mm}$
47	$240 < D \leq 245 \text{ mm}$
48	$245 < D \leq 250 \text{ mm}$
49	$250 < D \leq 255 \text{ mm}$
50	$255 < D \leq 260 \text{ mm}$
51	$260 < D \leq 265 \text{ mm}$

52	$265 < D \leq 270 \text{ mm}$
53	$270 < D \leq 275 \text{ mm}$
54	$275 < D \leq 280 \text{ mm}$
55	$280 < D \leq 285 \text{ mm}$
56	$285 < D \leq 290 \text{ mm}$
57	$290 < D \leq 295 \text{ mm}$
58	$295 < D \leq 300 \text{ mm}$
59	$300 < D \leq 305 \text{ mm}$
60	$305 < D \leq 310 \text{ mm}$
61	$310 < D \leq 315 \text{ mm}$
62	$315 < D \leq 320 \text{ mm}$
63	$320 < D \leq 325 \text{ mm}$
64	$325 < D \leq 330 \text{ mm}$
65	$330 < D \leq 335 \text{ mm}$
66	$335 < D \leq 340 \text{ mm}$
67	$340 < D \leq 345 \text{ mm}$
68	$345 < D \leq 355 \text{ mm}$
69	$350 < D \leq 355 \text{ mm}$
70	$355 < D \leq 360 \text{ mm}$
71	$360 < D \leq 365 \text{ mm}$
72	$365 < D \leq 370 \text{ mm}$
73	$370 < D \leq 375 \text{ mm}$
74	$375 < D \leq 380 \text{ mm}$
75	$380 < D \leq 385 \text{ mm}$
76	$385 < D \leq 390 \text{ mm}$
77	$390 < D \leq 395 \text{ mm}$
78	$395 < D \leq 400 \text{ mm}$
79	$400 < D \leq 405 \text{ mm}$
80	$405 < D \leq 410 \text{ mm}$

81	$410 < D \leq 415 \text{ mm}$
82	$415 < D \leq 420 \text{ mm}$
83	$420 < D \leq 425 \text{ mm}$
84	$425 < D \leq 430 \text{ mm}$
85	$430 < D \leq 435 \text{ mm}$
86	$435 < D \leq 440 \text{ mm}$
87	$440 < D \leq 445 \text{ mm}$
88	$445 < D \leq 450 \text{ mm}$
89	$450 < D \leq 455 \text{ mm}$
90	$455 < D \leq 460 \text{ mm}$
91	$460 < D \leq 465 \text{ mm}$
92	$465 < D \leq 470 \text{ mm}$
93	$470 < D \leq 475 \text{ mm}$
94	$475 < D \leq 480 \text{ mm}$
95	$480 < D \leq 485 \text{ mm}$
96	$485 < D \leq 490 \text{ mm}$
97	$490 < D \leq 495 \text{ mm}$
98	$495 < D \leq 500 \text{ mm}$
99	$500 < D \leq 505 \text{ mm}$