

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A INTEGRAÇÃO CAD/CAPP

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOÃO MARCOS DALLA ROSA

FLORIANÓPOLIS, OUTUBRO DE 1989

UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A INTEGRAÇÃO CAD/CAPP

JOAO MARCOS DALLA ROSA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

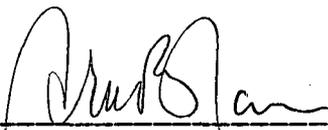
MESTRE EM ENGENHARIA MECANICA

E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE
PÓS GRADUAÇÃO



Prof. Abelardo A. de Queiroz, Ph.D.

Orientador



Prof. Arno Blass, Ph.D.

Coordenador da Pós Graduação em Eng. Mecânica

BANCA EXAMINADORA:



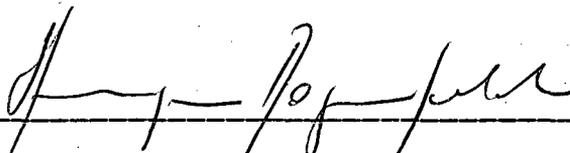
Prof. Abelardo A. de Queiroz, Ph.D.

UFSC



Prof. Edison da Rosa, M.Sc.

UFSC



Dr. Ing. Henrique Rozenfeld

USP - São Carlos

À minha esposa Leila Simone,
por seu amor e compreensão

À minha família, que tanto
me apoiou e incentivou nesta
longa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Abelardo Alves de Queiroz, pela orientação prestada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa Nuclear Brasileiro, pelo apoio financeiro concedido durante grande parte do desenvolvimento do trabalho.

A COPESP, pelo apoio prestado durante a realização de grande parte do trabalho.

A INBRAC S/A Condutores Elétricos, que no final do trabalho, permitiu que parte do meu tempo fosse dedicado ao desenvolvimento do trabalho.

A todos os colegas da Pós Graduação em Engenharia Mecânica, professores e funcionários, que direta ou indiretamente colaboraram para o êxito do presente trabalho.

INDICE

	Página
CAPÍTULO 1 : INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2 : CONCEITOS DE PLANEJAMENTO DO PROCESSO E CAPP.....	4
2.1 Introdução.....	4
2.2 Planejamento do processo: o passado e o presente.....	4
2.3 Métodos de Planejamento do processo.....	6
2.3.1 O método manual.....	7
2.3.2 As técnicas de Planejamento do Processo Auxiliadas por Computador.....	8
2.4 O modelo proposto pela NBS.....	15
CAPÍTULO 3 : AS TÉCNICAS PARA REPRESENTAÇÃO DE PROJETOS MECÂNICOS.....	28
3.1 Introdução.....	28
3.2 O projeto e o desenho de engenharia.....	28
3.2.1 Dimensionamento e tolerâncias.....	29
3.2.2 Tolerâncias de forma e posição.....	31
3.2.3 Os sinais de acabamento superficial.....	34
3.3 As técnicas de projeto auxiliadas por com- putador (CAD).....	37

3.3.1	Conceitos básicos de CAD.....	38
3.3.2	O modelamento geométrico de objetos e a estrutura de dados em sistemas CAD.....	39
3.3.3	Os arquivos gráficos.....	42
3.3.3.1	O padrão IGES.....	45
CAPITULO 4	: A INTEGRAÇÃO CAD/CAPP.....	47
4.1	Introdução.....	47
4.2	Alguns conceitos preliminares com relação à integração CAD/CAM.....	47
4.3	O problema da integração CAD/CAPP.....	50
4.4	Análise da integração CAD/CAPP - Possíveis Soluções.....	52
4.4.1	O banco de dados centralizado.....	52
4.4.2	O banco de dados distribuído.....	53
4.4.3	Um sistema dedicado ao CAPP.....	56
4.4.4	Uma solução intermediária.....	56
4.5	Alguns sistemas existentes.....	60
CAPITULO 5	: A SOLUÇÃO PROPOSTA.....	62
5.1	Introdução.....	62
5.2	Características da solução proposta.....	62
5.3	Uma estratégia de solução baseada na inte- gração CAD/CAPP.....	66
5.4	O arquivo intermediário.....	69
5.5	O funcionamento do sistema.....	71
5.5.1	O sistema.....	73

CAPÍTULO 6 : IMPLEMENTAÇÃO.....	78
6.1 Ambiente CAD-E para furação.....	78
6.1.1 Representação de furos.....	79
6.1.2 A criação dos comandos.....	81
6.1.3 Os simbolos de acabamento superficial.....	90
6.1.4 Simbolos de grau de rugosidade.....	91
6.1.5 Tolerâncias de forma e posição.....	91
6.1.6 Tolerâncias dimensionais.....	93
6.1.7 Os blocos de características.....	93
6.1.8 Acesso aos comandos.....	96
6.1.9 Os "menus" gráficos.....	98
6.2 Operação do programa.....	100
6.3 Os arquivos gráficos.....	113
6.4 A análise e extração dos dados.....	113
6.4.1 A leitura dos registros.....	114
6.4.2 A seleção e codificação.....	114
6.4.3 A gravação dos dados no arquivo inter- mediário.....	120
6.4.4 O arquivo intermediário.....	121
CAPÍTULO 7 : CONCLUSÕES.....	122
7.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
APÊNDICE A : CONCEITOS DE TECNOLOGIA DE USINAGEM.....	134

APENDICE B : O PADRÃO GRÁFICO IGES.....	147
APENDICE C : UM EXEMPLO APLICADO.....	167

RESUMO

A integração entre sistemas CAD/CAM vem sendo encarada como de grande importância para a viabilização do conceito de manufatura integrada por computador (CIM). Dentro da realidade atual, a integração CAD/CAM vem se concretizando passo a passo, enfrentando problemas oriundos do desenvolvimento independente que as tecnologias que compõe CAD e CAM sofreram até hoje.

Nesse trabalho, é abordado o problema específico da integração do projeto (CAD) com o planejamento do processo (CAPP), ambos auxiliados por computador. Inicialmente é feito um breve estudo das técnicas de planejamento do processo, além de técnicas de CAD e suas peculiaridades. Em seguida são analisadas algumas propostas para a solução do problema da integração CAD/CAPP, suas vantagens e limitações. Esse estudo serve de base para a proposta de uma solução particular, aplicada às operações de furação. Para a implantação da solução proposta, utiliza-se um sistema CAD comercialmente disponível para micro-computadores, sendo que a extração dos dados geométricos e tecnológicos é feita pela análise do arquivo gráfico no formato padrão IGES. Os dados são então armazenados em um arquivo intermediário, onde permanecem

disponíveis à qualquer sistema CAPP.

Desse modo, conclui-se a integração desejada, extraíndo os dados de projeto e fornecendo-os ao sistema CAPP para que o mesmo processe-os, gerando o plano de processo em termos de furação.

ABSTRACT

The integration of CAD and CAM systems has been treated with great importance for the viabilization of the CIM concept. Nowadays, the CAD/CAM integration is becoming a reality, step by step, facing problems that come from the independent development that the technologies, which compose CAD and CAM, have suffered until today.

This work attacks the especific problem of project and process planning integration, both computer aided. Initially, a breve study of process planning, CAD technics and their peculiarities are done. Then some proposals for the solution of the CAD/CAPP integration problem are investigated. Advantages and limitations of these proposals are also analyzed. This study is used to create a base for a particular solution, applied to drilling operations. For the implementation of the proposed solution, an industrial CAD system is utilized. This CAD system performs in a micro-computer system and the data extration is done by the analisys of the graphic file, in IGES format. Data are then stored in an intermediate file, where remain available to any CAPP system.

This way, the desired integration is concluded, extracting project data and furnishing them to the CAPP system for the process plan generation, in terms of drilling.

1 - INTRODUÇÃO:

Há algum tempo, uma grande importância tem sido dada à integração entre sistemas CAD (Computer Aided Design) e CAM (Computer Aided Manufacturing). Dentro da engenharia mecânica, CAD e CAM seguiram, por muito tempo, caminhos de desenvolvimento independentes. O CAD, pela sua grande variedade de métodos de modelamento, teve seu desenvolvimento voltado para a automatização do desenho e do projeto, criando poderosas ferramentas que vêm aumentando, dia a dia, a eficiência dessas etapas. Pelo lado do CAM, inúmeros sistemas de programação NC (SmartCAM, VersaCAM, Edite, etc.) foram e têm sido desenvolvidos, juntamente com novos equipamentos, elevando sua flexibilidade e diminuindo os custos produtivos.

A integração CAD/CAM, que já é uma realidade, vem sendo posta em prática passo a passo, enfrentando ainda alguns problemas originados do desenvolvimento independente dessas tecnologias. Só para citar, um grande problema enfrentado é o fato de que os sistemas "Auxiliados por Computador", entre eles: CAD, CAM, CAPP (Computer Aided Process Planning), CAQ (Computer Aided Quality) e CAE (Computer Aided Engineering), esbarram na impossibilidade da troca mútua de informações porque seus arquivos possuem formas próprias. Em sua concepção, esses sistemas adotam estruturas diferentes. A falta de um padrão que possa ser universalmente utilizado, causa todo o transtorno citado anteriormente.

No caso da integração CAD/CAM, o Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP), é uma tecnologia chave para a sua viabilização, principalmente se esse CAPP tiver a habilidade de gerar planos de processo (percurso da ferramenta) à partir do modelo da peça, desenvolvido em um CAD. Esse fato confere ao sistema um alto grau de automação, constituindo uma ponte entre o projeto (CAD) e a manufatura (CAM).

Nesse trabalho, procura-se desenvolver meios para permitir a integração de sistemas auxiliados por computador, especialmente atentando para o problema da integração dos sistemas CAD/CAPP. Essa integração irá contribuir para a automatização do ato de gerar planos de processo, já que o caminho entre o projeto da peça e a edição de seu plano de processo será trilhado sem que a redundância de informações geométricas, além de demandar tempo, torne-se fonte de erros. Esta ferramenta é elemento altamente valioso para se aumentar a produtividade dos processistas.

A integração CAD/CAPP será equacionada a partir da análise do desenho da peça, extraíndo suas características tecnológicas, geométricas e de produto. As informações poderão então ser fornecidas a um CAPP que irá processá-las gerando o plano de processo otimizado, conforme os recursos disponíveis, para a fabricação da peça em questão. A viabilidade dessa proposta será testada sobre as operações de fabricação.

De uma maneira mais geral, procurar-se-á, nesse trabalho, consolidar os conceitos da integração entre sistemas auxiliados por computador, atentando para as dificuldades de sua viabilização. Finalmente será apresentada uma solução particular de integração de sistemas CAD/CAPP, operando em computadores pessoais da linha IBM-PC, aplicada ao processo de furação.

2 CONCEITOS DE PLANEJAMENTO DE PROCESSOS E CAPP

2.1 Introdução

O presente capítulo trata dos conceitos de planejamento do processo e CAPP. Inicialmente é feito um relato da evolução das técnicas do planejamento da fabricação. Em seguida são abordados aspectos relativos aos modelos construtivos de sistemas de planejamento do processo, desde os métodos manuais até os auxiliados por computador (CAPP).

2.2 Planejamento do processo: o passado e o presente

Planejar o processo de produção é uma prática que o homem vem adquirindo e aprimorando ao longo de sua história. No início, na agricultura, pesca, caça e outras atividades produtivas, os procedimentos eram executados por pessoas que se baseavam apenas em experiências e tradições culturais. A prática da época permitia que fossem naturalmente escolhidos os meios de produção. Os custos e os níveis de produção eram ditados pelos métodos tradicionais, onde a habilidade e a experiência eram muito importantes.[1]

A aquisição e aprofundamento desses conhecimentos permitiu o aprimoramento das técnicas de fabricação, fundamento essencial para a construção da nova sociedade, que chegou com a revolução industrial. A necessidade cada vez maior de se aumentar os volumes de produção, devido ao au-

mento da taxa de consumo, culminou com o aprimoramento dessas técnicas, possibilitando a massificação da produção. Não demorou por surgirem os conceitos de intercambiabilidade, que obrigaram à normalização dos produtos e procedimentos, como forma de garantir a funcionalidade.

Após 1900, Taylor introduziu a administração científica, que revolucionou os conceitos de produção [1]. Iniciaram-se então os estudos relativos à quantificação dos sistemas produtivos, que foram evoluindo, sempre buscando equacionar os fatores eficiência e qualidade, levando às técnicas atuais de controle estatístico do processo (CEP). A necessidade natural de planejar o processo de fabricação, desde aqueles tempos, e nos dias de hoje, é uma tarefa corriqueira e necessária.

Na manufatura de peças mecânicas, área abordada por esse trabalho, o planejamento do processo vem sendo definido como: " a determinação e seleção de máquinas, ferramentas, condições tecnológicas e instruções de trabalho necessárias para converter a matéria prima em produto acabado, baseado em seu projeto previamente concebido" [2]. Dentro desse ambiente, o Planejamento de Processos exerce uma função cada vez mais importante já que, em termos de produto, a falta de um plano de processo eficiente afetará seu padrão de qualidade e funcionalidade. De um modo geral, um plano de processo não eficiente, ou inexistente, influi diretamente na produtividade geral da manufatura. As decisões feitas pelo planejador de processos ditam o custo e a eficiência da pro-

dução de uma peça, tendo efeitos sobre a capacidade geral da própria empresa.[2]

Pesquisas nos Estados Unidos revelaram o perfil do planejador de processos. Ele possui em média 40 anos de idade, com longa experiência de fábrica. Esse fato mostrou que o planejamento do processo exige experiência do processista e lá, a necessidade em termos de planejadores de processo era algo em torno de 200.000 a 300.000 enquanto que a oferta não ultrapassava os 200.000 planejadores. O Planejamento do Processo Auxiliado por Computador vem cobrir essa lacuna, pela grande produtividade que esta ferramenta proporciona aos processistas [3].

Atualmente existe uma grande variedade de sistemas baseados em computador, capazes de executar o planejamento do processo operacional, em vários níveis de sofisticação. Esses sistemas são os chamados CAPP (Computer Aided Process Planning).

2.3 Métodos de Planejamento do Processo

Basicamente existem três métodos conhecidos do Planejamento do Processo. O primeiro é o método manual. Os outros dois métodos, variante e generativo, pertencem à classe dos " Auxiliados por Computador ".[4]

2.3.1 O método manual

Esse método está associado à figura do planejador de processo, geralmente um profissional experiente que já passou por várias funções no ambiente de manufatura. O método consiste de uma análise do desenho da peça e do desenvolvimento de um plano de fabricação. Começando pela análise, o planejador do processo irá desenvolver um plano de fabricação detalhado para a peça, levando em consideração as máquinas e suas capacidades, as ferramentas que possui e estão disponíveis, os materiais que compõem a peça, além de seguir algumas regras gerais que variam de empresa para empresa. Portanto, dado um certo material, o planejador do processo deverá fornecer a lista de processos que irão converter a matéria prima em produto acabado, conforme o desenho analisado inicialmente. Pode-se sentir claramente que a eficiência de cada processo gerado é variável e depende basicamente do planejador do processo, sua experiência e conhecimentos práticos. Esta experiência é constituída de conhecimentos válidos de grande utilidade, mas também de alguns vícios que também são transferidos para os planos de processo. Em termos de desvantagens do planejamento do processo manual pode-se citar [4]:

- 1- **Experiência.** O planejador do processo só adquire ao longo de muitos anos de trabalho contínuo.

2- **Novos processos.** A experiência acumulada nem sempre pode ser aplicada à novos processos.

3- **Otimização.** A maior parte da experiência acumulada se resume a "dados" apenas, dificultando a otimização dos planos de processo

4- **Padronização.** O método não fornece planos padronizados, já que cada processista tem metodologias próprias de planejamento..

2.3.2 As técnicas de Planejamento de Processos Auxiliadas por Computador (CAPP)

No planejamento de processos existe uma grande diversidade de informações envolvidas:

- meios de produção (máquinas, dispositivos, ferramentas, ...)
- materiais (matéria prima, materiais auxiliares, etc)
- trabalho (grau de treinamento, conhecimento dos processos, habilidades com as tarefas, etc).

Com a constante modernização e automatização das áreas de manufatura, as tarefas de planejamento de processos têm sido estudadas e sistematizadas em procedimentos computacio-

nais, objetivando alcançar melhores técnicas de orientação da fabricação.

Como contribuição maior dos sistemas CAPP, tem-se a sua atuação como elo de ligação entre o projeto e a manufatura, completando o anel CAD/CAPP/CAM, da manufatura. A seguir são abordadas as duas principais técnicas de Planejamento de Processos Auxiliados por Computador.

a) **O método Variante** - neste método, que é o mais difundido entre os "Auxiliados por Computador", a peça é examinada e codificada segundo um código que a enquadra dentro de uma família de peças fabricadas pela empresa. É, portanto, um método baseado em tecnologia de grupo. O computador por sua vez, utilizando-se de dados fornecidos pelo operador interativamente, recupera o plano de processo padrão para aquela família à qual a peça pertence. Esse plano é apresentado ao processista para que o mesmo faça sua edição, adaptando-o às características particulares da peça em questão. Cada família de peças é formada por componentes similares quanto à forma geométrica ou quanto ao processo de fabricação, de forma que uma sequência de fabricação padronizada possa satisfazer as necessidades básicas de cada peça componente da família. [5]

Como pode-se observar, o método variante utiliza o computador como uma ferramenta para auxiliar o processista. Com is-

so, não existe a necessidade de que todos os processistas possuam larga experiência. Processistas menos experientes serão levados, por esse método a criar planos de processo dentro de uma filosofia pré-estabelecida pelo plano padrão de cada família.

Um sistema variante apresenta um melhor rendimento quando o número de famílias de peças é pequeno e quando o ambiente de manufatura (máquinas, ferramentas, materiais) permanece estático [4], já que com um aumento dessas variáveis, os espaços em termos de memórias de computador crescem demasiadamente, passando a exigir equipamentos de maior porte.

Por ser uma extensão natural do planejamento do processo manual, o método variante vem sendo bem aceito, o que facilita sua implantação. Uma desvantagem é o fato do método trabalhar com bancos de dados, o que exige grande capacidade de armazenamento de dados à medida em que o número de famílias aumenta. Outra desvantagem é que, ao longo do tempo, os planos gerados por um sistema variante podem tornar-se ineficientes, caso ocorra um avanço tecnológico em termos de novos processos, máquinas ou ferramentas.

A figura 2.1 mostra um sistema de planejamento do processo variante, em seu estágio de produção.

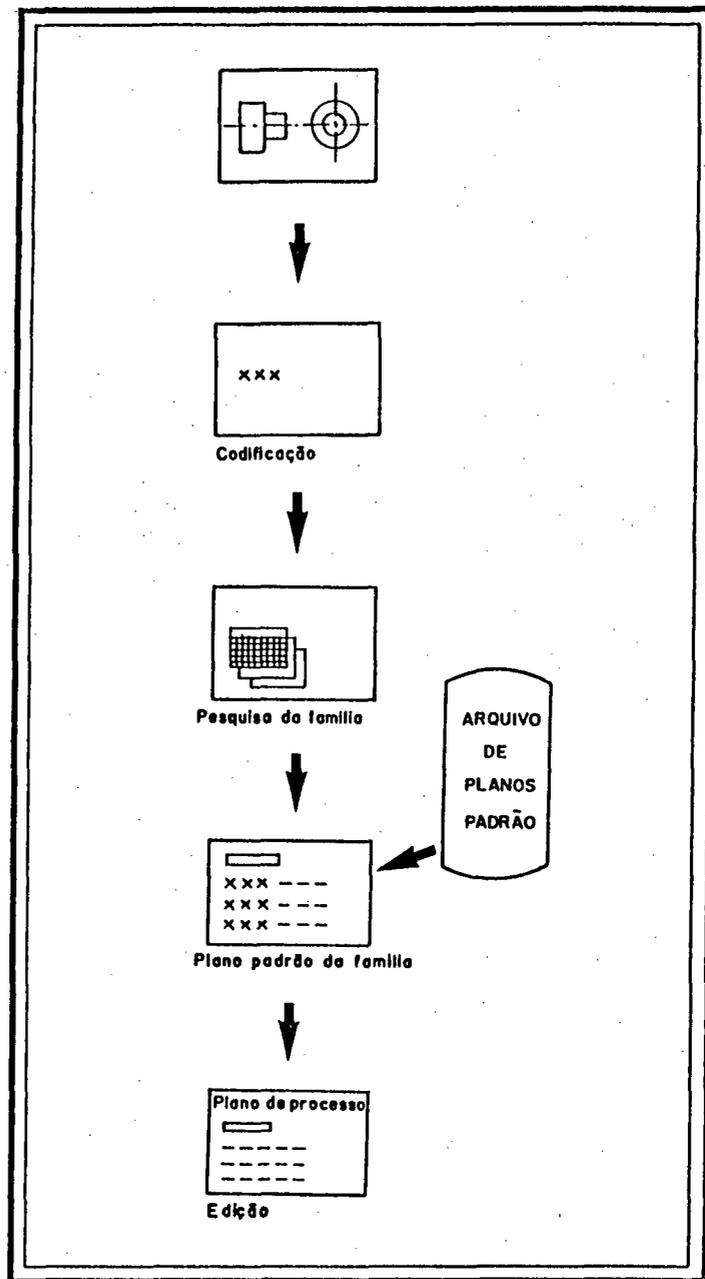


Fig. 2.1 - O método Variante [6]

b) O método generativo - pode ser definido como sendo um método de computação que capturou a habilidade lógica e decisória de experientes planejadores do processo. Nesse sentido, ele é capaz de criar um plano de processos para um novo componente (peça) automaticamente, utilizando-se de processos elementares de fabricação disponíveis, permitindo,

através de uma lógica, montar um sequenciamento adequado e otimizado, sem a intervenção do homem, [6].

A seleção dos processos, sequenciamento e assim por diante, são todos feitos pelo sistema. Atualmente a maior dificuldade para criação de sistemas generativos está em transformar dados sobre a peça e regras de decisão em formatos que o computador possa interpretar. Para que o sistema generativo torne-se realidade, alguns pontos necessitam ser desenvolvidos: [7]

- a lógica do planejamento do processo deve ser identificada e absorvida.
- as peças a serem fabricadas devem ser claramente definidas, em termos compatíveis com os computadores.
- a lógica do processo deve ser unificada dentro de um único banco de dados.

Atualmente os sistemas que se auto-intitulam generativos não seguem sua estrutura teoricamente definida. Os sistemas generativos puros ainda não se constitui numa realidade. Como exemplo da estrutura de um CAPP generativo, a figura 2.2 mostra um sistema completo proposto pela NBS (National Bureau of Standards) [3]. No ítem 2.4 esse sistema será detalhado.

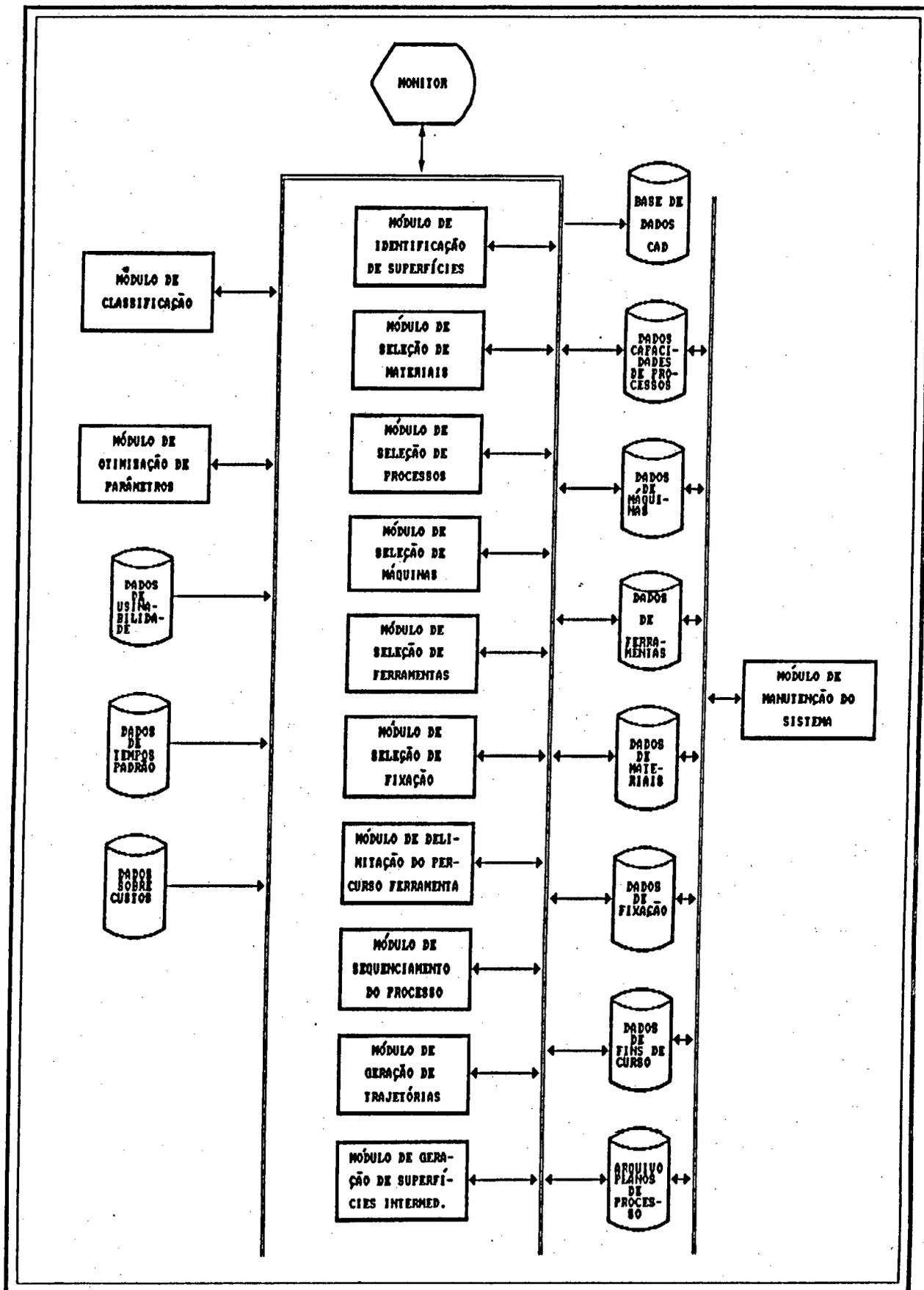


Fig. 2.2 - O sistema Generativo [3]

Como comparação entre os sistemas mencionados, em termos de vantagens e desvantagens, pode-se dizer que:

Método Variante:[6]

- uma vez escrito um plano de processo padrão, uma série de componentes da mesma família pode ter seus planos de processo criados de uma só vez. Outras peças incorporadas à família podem ter seus planos de processo rapidamente criados;
- comparativamente ao método generativo, sua criação e implantação é mais simples;
- o processista tem controle sobre o plano final do processo.

Método Generativo:

- é capaz de gerar planos de processo consistentes com maior rapidez, tanto para peças já existentes como para peças novas.
- capacidade de ser interfaceado com outros recursos Auxiliados por Computador (CAD, CAE, CAM).
- é um método capaz de otimizar planos de processo, baseando-se em novos avanços tecnológicos da manufatura.

- é o método desejável para a fábrica do futuro por seu alto grau de flexibilidade e automatização.

Entre os benefícios tangíveis e intangíveis advindos da utilização de sistemas de Planejamento de Processo Auxiliados por Computador, pode-se citar:[2]

tangíveis - aumento da produtividade da função planejamento do processo. Esses ganhos vêm do fato do computador realizar a maior parte das tarefas repetitivas e enfadonhas, como pesquisar listas de máquinas e ferramentas, calcular condições de usinagem, tempos de usinagem e custos de produção, entre outras.

intangíveis - o mais importante benefício é a habilidade de se obter planos padronizados e consistentes. Quando peças de uma família são produzidos de maneira similar, a sequência de produção é padronizada e otimizada, tornando possível o uso de ferramentas de corte e dispositivos de fixação padronizados, reduzindo também a curva de aprendizado da fábrica. Outro fator intangível é a habilidade de adaptação à novas tecnologias, que à medida em que forem detectadas podem ser facilmente aplicadas pelo sistema CAPP.

2.4 O modelo proposto pela NBS.

Baseados nas dificuldades de se viabilizar os sistemas de Planejamento de Processos generativos, a NBS (National Bureau of Standards) propôs, em uma de suas publicações [3] a definição de um sistema generativo por meio de estrutura modular. Essa estrutura inclui todas as funções de sistema de planejamento de processos e cada módulo é analisado do ponto de vista de entradas e saídas, permitindo que se conheça as necessidades e capacidades de cada etapa que compõe esse sistema completo de planejamento de processos. A seguir é feita uma breve análise das funções de cada um dos módulos.

a) Módulo de Classificação

Esse módulo tem por função a geração de códigos para cada peça, baseados em "tecnologia de grupo" [5].

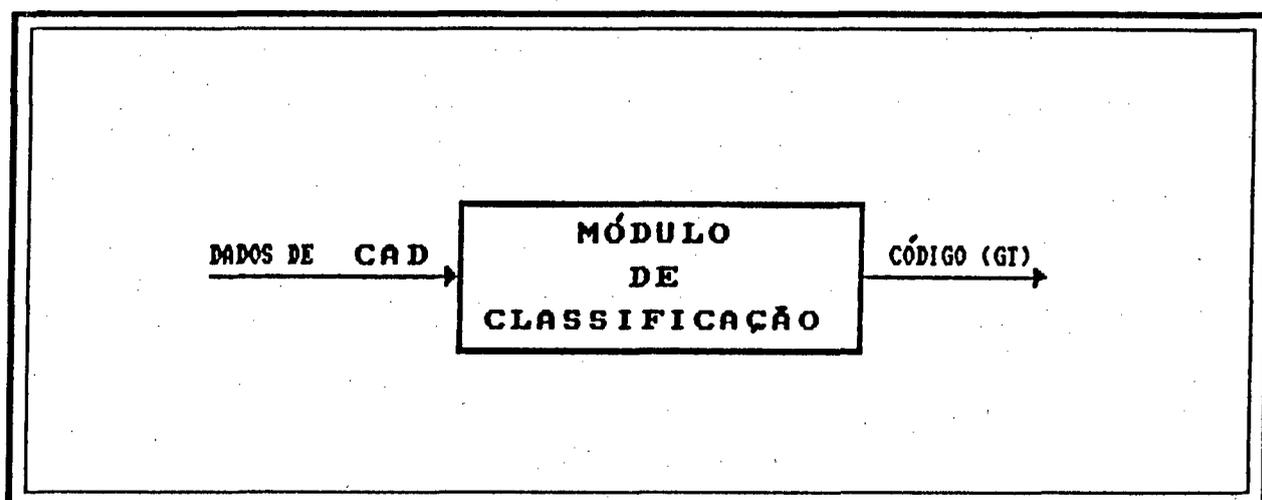
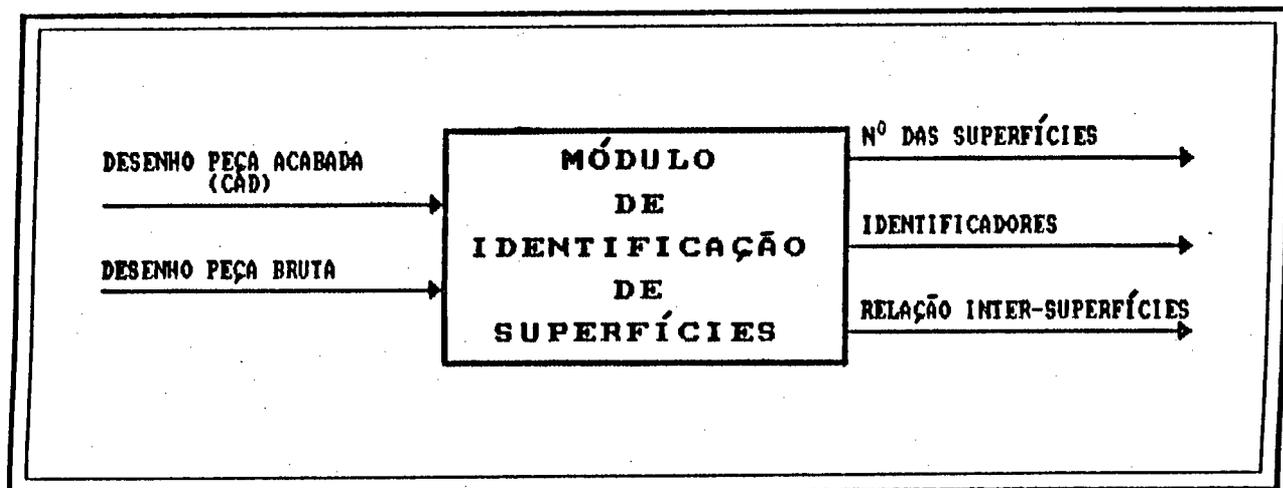


Fig. 2.3 - O módulo de classificação

b) Módulo de identificação de superfícies

Esse módulo tem por função a identificação e extração de superfícies a serem englobadas pelo plano de processo. O modelo de CAD, ideal geometricamente, seria 3D. Contudo é indispensável além dos dados geométricos, aqueles de tolerâncias, acabamento superficial e outras informações importantes para a manufatura. Como entradas tem-se o modelo da peça em bruto e outro modelo da peça pronta. Como saída tem-se o código das superfícies que determinam a sequência bruta de usinagem, ou seja, as operações pelas quais a peça bruta irá passar, sem conter os detalhes de cada operação. Para sua operação, esse modelo consulta um banco de dados contendo as capacidades de cada processo .

**Fig. 2.4 - O módulo de identificação**

c) módulo de seleção de materiais

Baseado no código fornecido pelo módulo de classificação, ou mesmo nas informações vindas do desenho (CAD), o módulo de seleção da peça em bruto, com auxílio de um arquivo que contém materiais disponíveis, além de um modelo de custo, auxilia na escolha do material da peça, em termos de natureza de fabricação (laminado, fundido, sucata) custo final da peça.

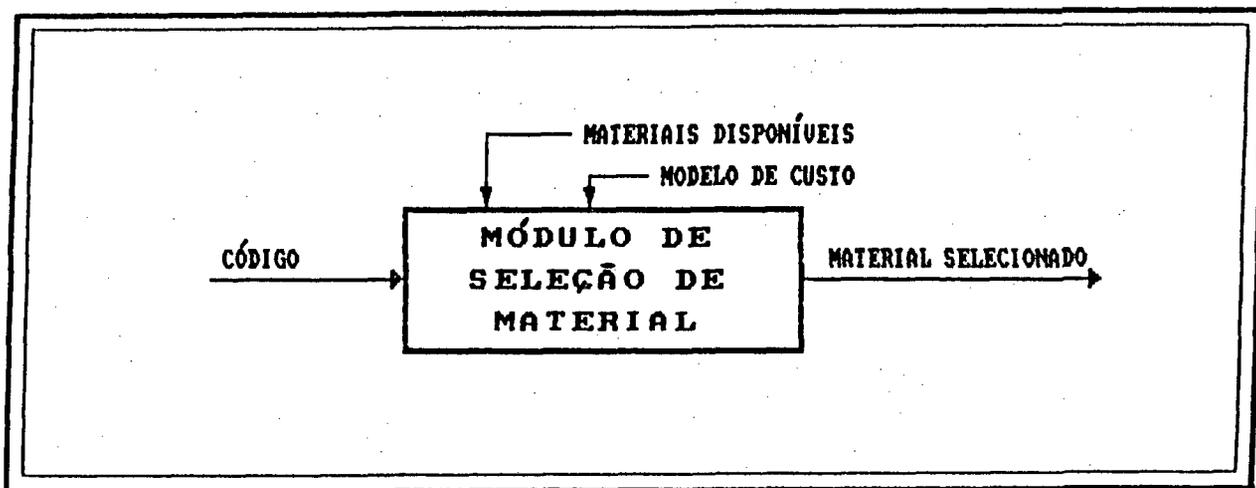


Fig. 2.5 - O módulo de seleção de materiais

d) módulo de seleção de processos

A seleção do processo é baseada na forma da peça bruta e acabada, nas suas tolerâncias, no acabamento superficial,

além de outras características de projeto. Inicialmente são selecionados os possíveis processos a serem utilizados e então, entre estes, é selecionado o processo mais apropriado. Para isso o sistema possui um banco de dados contendo as capacidades de cada processo, além de dados sobre custos envolvidos nos mesmos.

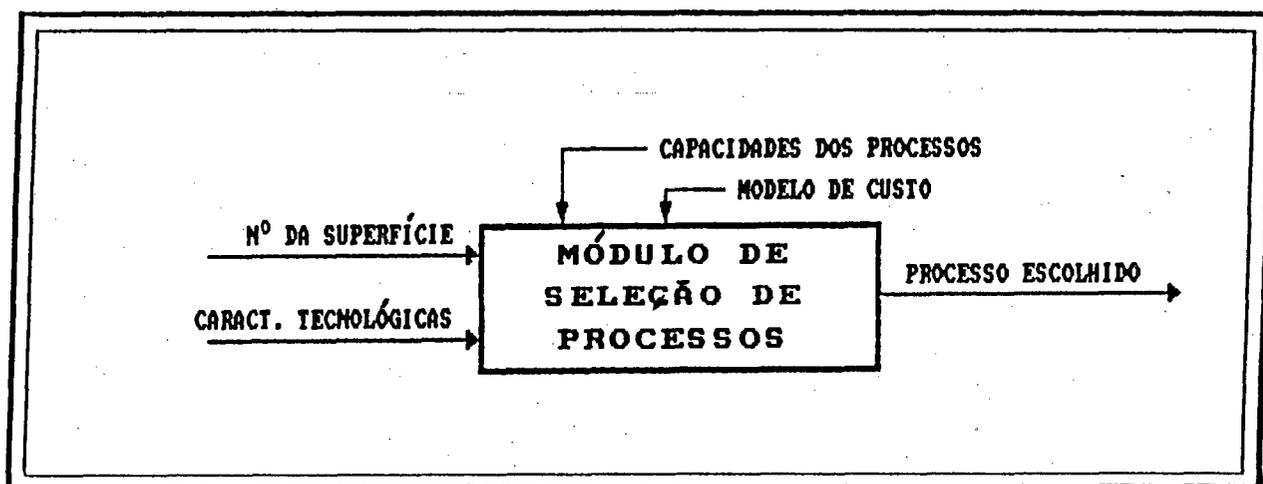


Fig. 2.6 - O módulo de seleção de processos

e) Módulo de Seleção de Máquina

A seleção é feita entre o universo das máquinas disponíveis, considerando as seguintes especificações: tamanho da peça na máquina, potência da máquina, torque, precisão, limite de peso e os processos que podem ser executados em cada uma dessas máquinas. Como saída desse módulo, tem-se

uma lista das possíveis máquinas para executar parcialmente ou totalmente a peça.

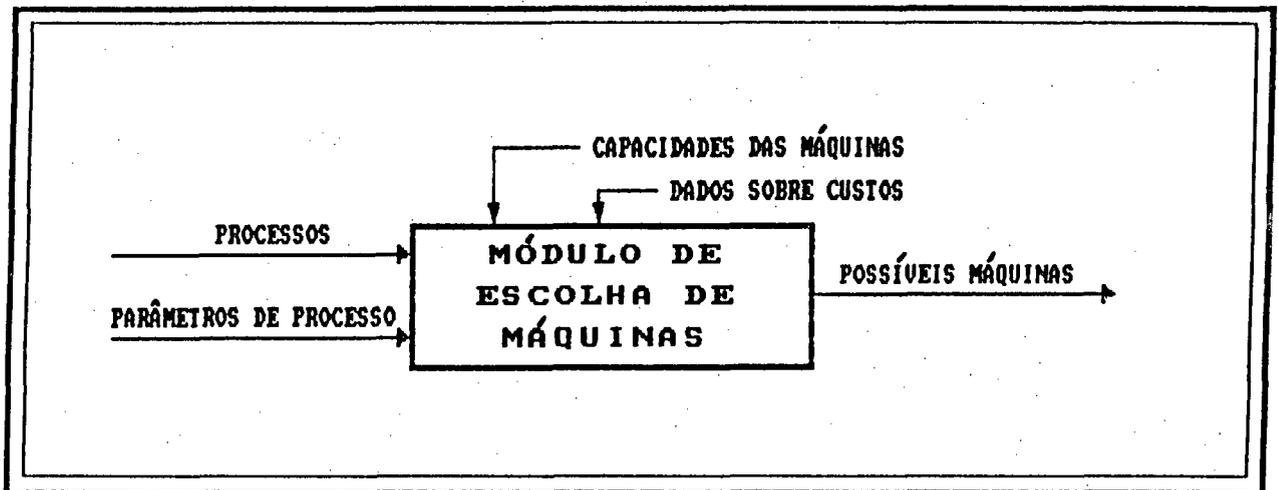


Fig. 2.7 - O módulo de seleção de máquinas

f) Módulo de seleção de ferramentas

Analogamente ao módulo anterior, a escolha de ferramentas é feita com base em dados que incluem o processo que será utilizado e características específicas de cada superfície. Existe um banco de dados com a forma de cada ferramenta existente, suas dimensões, material, processos onde atua e máquinas nas quais pode operar.

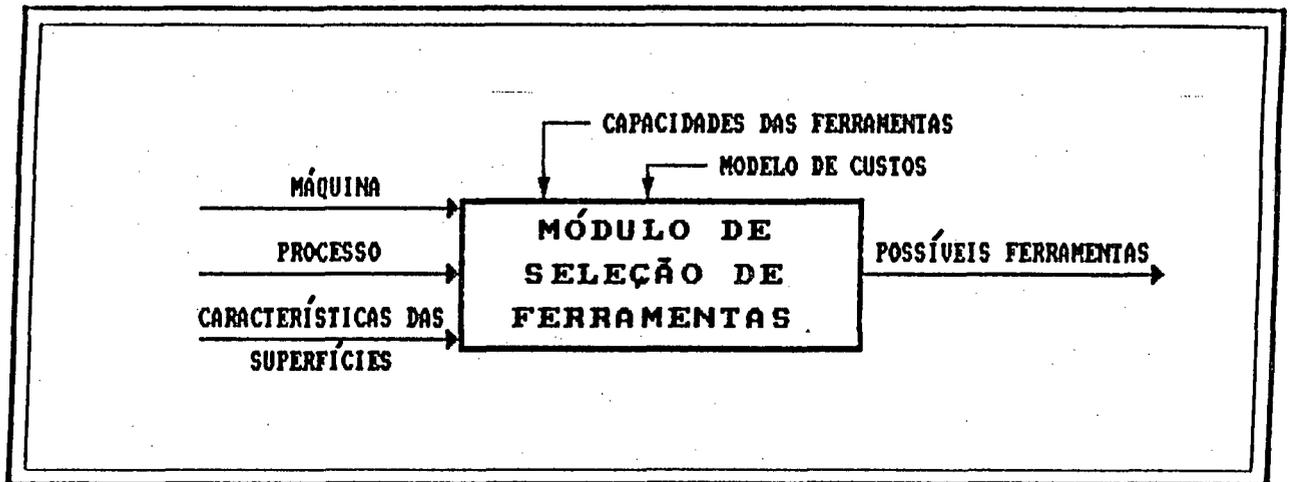


Fig. 2.8 - O módulo de seleção de ferramentas

g) Módulo de geração de superfícies intermediárias

A determinação das superfícies criadas no espaço intermediário entre as etapas de usinagem é importante para a escolha de fixação da peça. Sem a determinação dessas superfícies é impossível selecionar os dispositivos e os pontos de fixação. Essa determinação das superfícies intermediárias pode ser feita por simulação computacional, retirando-se da peça bruta a parte correspondente ao material retirado pela ferramenta ao percorrer determinada trajetória.

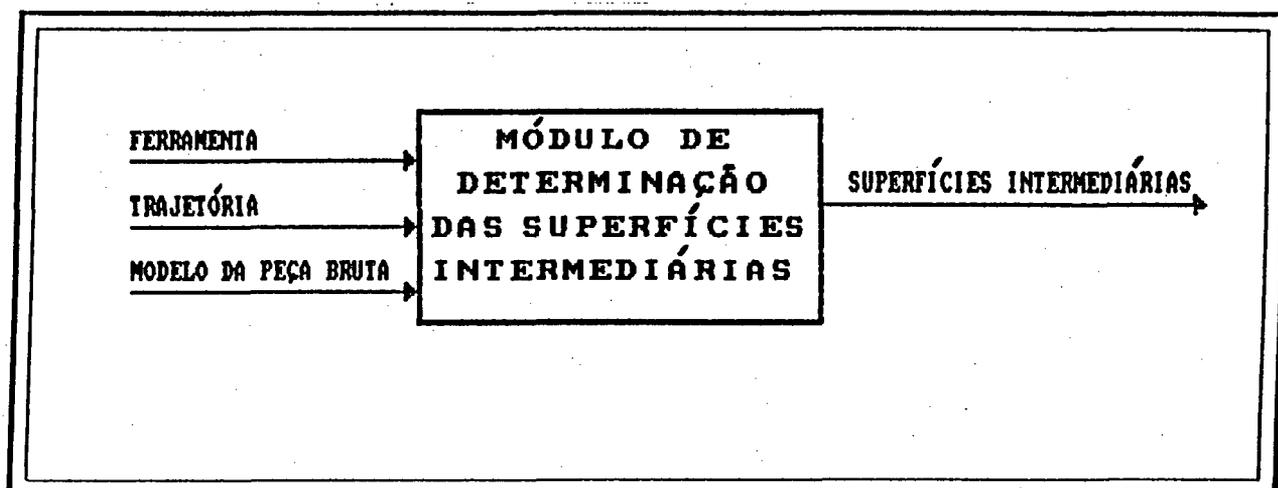


Fig. 2.9 - Geração de superfícies intermediárias

h) Módulo de Seleção de fixação

Esse módulo determina o método de fixação, além de indicar os pontos onde essa fixação deve ser feita. Para isso, o módulo consulta um banco de dados com as características e potencialidades dos dispositivos de fixação existentes. Como entrada tem-se os processos que serão utilizados, as superfícies e suas características, as máquinas utilizadas e as superfícies intermediárias entre a peça bruta e acabada que surgirão no processo.

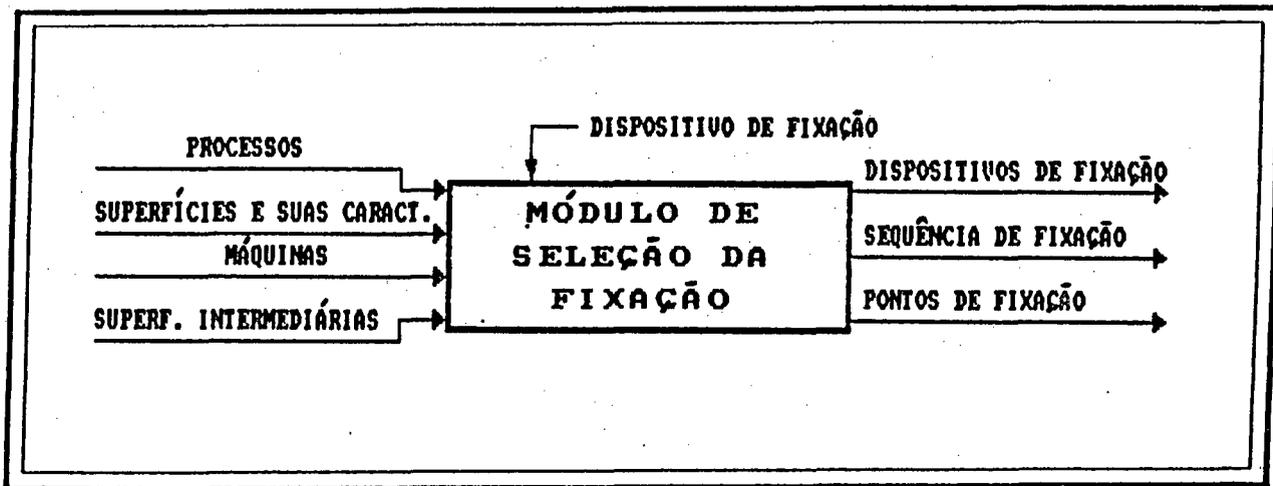


Fig. 2.10 - O módulo de seleção de fixação.

i) Módulo de delimitação do percurso de ferramentas

Esse módulo baseia-se na forma da peça. Portanto, as superfícies geradas nas etapas intermediárias da fabricação da peça devem ser conhecidas. O conhecimento da fixação e da sequência de fixação da peça são também importantes. O módulo irá então definir os pontos onde será fixada a peça e os limites até onde as ferramentas irão avançar.

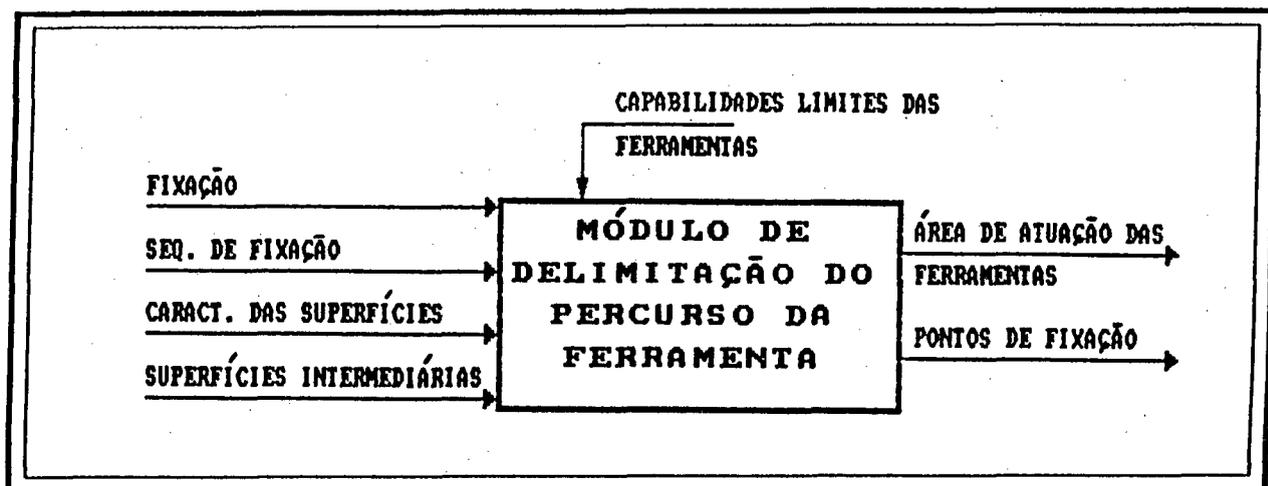


Fig. 2.11 - Delimitação do percurso da ferramenta

j) Módulo de sequenciamento de Processo

As várias sequências possíveis de processo são determinadas de modo que seja escolhida a que representar o menor número de fixações, limites do percurso da ferramenta, máquinas e ferramentas utilizadas. Como entrada tem-se os possíveis processos, máquinas, ferramentas, dispositivos de fixação e sua saída é a sequência de processo com o equipamento utilizado em cada etapa.

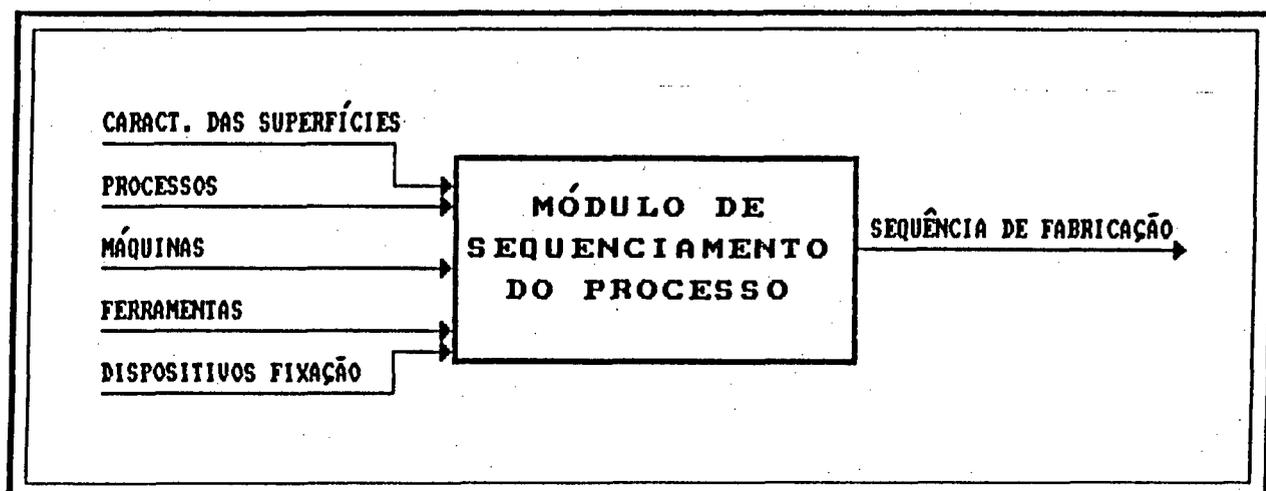


Fig. 2.12 - Módulo de sequenciamento do processo

k) Módulo de geração da trajetória de corte

Para cada processo que compõe a fabricação da peça, é necessário que seja determinada a trajetória de corte. Com base na geometria de cada etapa do processo são determinadas as trajetórias, comprimentos e tempos de corte, que são inseridas em uma saída tipo CLDATA (APT, EXAPT, etc.). Um pós-processador poderá criar então as instruções para a máquina NC, que executará tais instruções e usinará a peça.

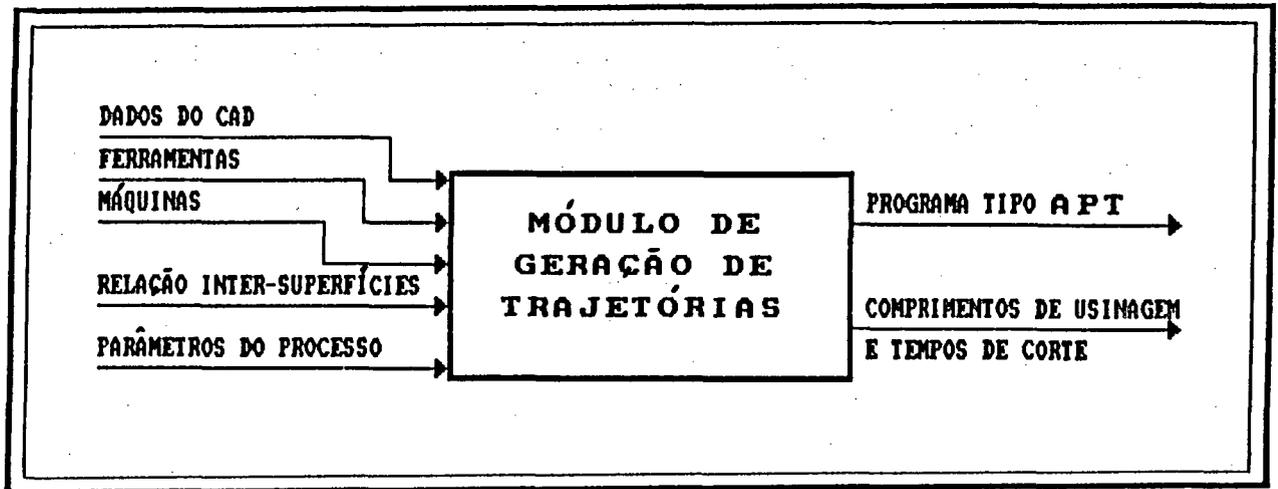


Fig. 2.13 - Geração da trajetória de corte

1) Módulo de otimização dos parâmetros

A otimização dos parâmetros de usinagem é feita baseada em custos, tempos ou lucros. Existem bancos de dados com potencialidades de ferramentas, máquinas, modelos de custos, além de dados sobre materiais.

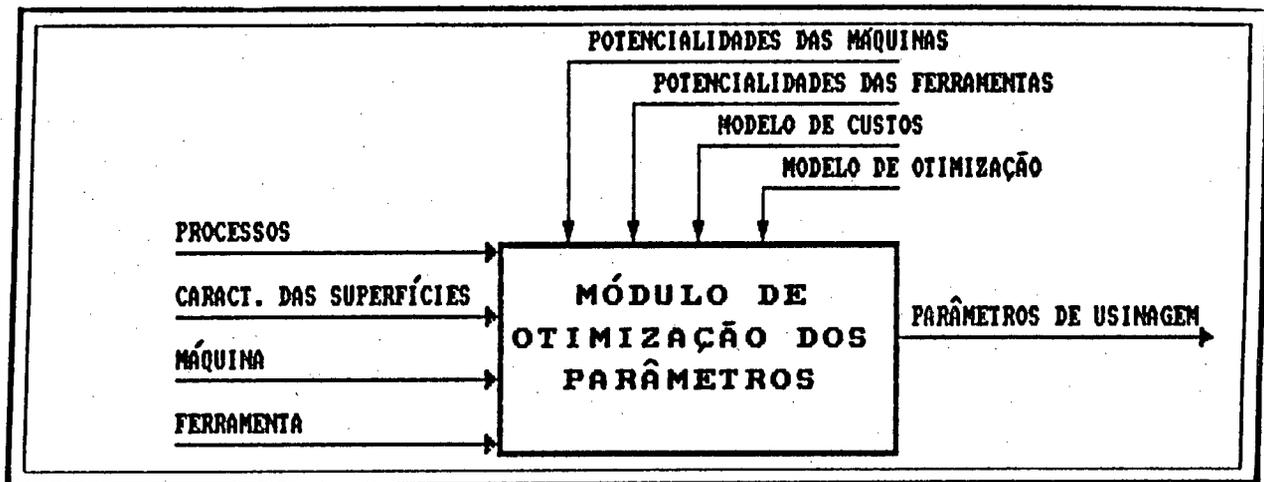


Fig. 2.14 - Módulo de otimização de parâmetros

No caso do modelo proposto pela NBS, trata-se de uma proposta que pretende ser completa, uma vez que engloba os mais diversos módulos imagináveis e necessários em um sistema CAPP generativo. Os sistemas atualmente existentes trabalham com estruturas parcialmente similares à apresentada pela NBS (fig. 2.2). A maioria se refere a um sub-conjunto de aplicações e uma variedade de recursos de processamento computacional dos planos de processo.

3- AS TÉCNICAS PARA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE PROJETOS MECÂNICOS

3.1 Introdução

Nesse capítulo são abordadas as principais técnicas para representação de projetos mecânicos. Inicialmente é dado um enfoque ao desenho de engenharia, juntamente com algumas ferramentas auxiliares para que a representação gráfica se torne completa, que são as simbologias para expressar tolerâncias e exigências de acabamento superficial. Em seguida são abordadas as técnicas de auxílio do desenho por computador (CAD), seu nascimento e sua evolução, com ênfase final nos padrões gráficos e sua importância na integração de sistemas auxiliados por computador.

3.2 - O Projeto e o desenho de engenharia

Um projeto de engenharia é a representação de uma idéia previamente concebida. É o conjunto de atividades que precede a manufatura de um produto. Através dessas atividades cria-se um modelo de representação não ambígua que permite uma avaliação das características desse produto [3,8]. O fluxo de informações decorrente, desde a etapa de concepção da idéia até sua execução, é mostrado na figura 3.1.

O desenho de engenharia (desenho técnico), pode fornecer todos os dados necessários para o sistema CAPP gerar o plano de fabricação. Pela sua forma sintética de representação, torna-se um meio de comunicação entre todas as fases de produção e engenharia de uma empresa.

Devido ao caráter universal que o desenho assumiu nos projetos de engenharia, ele foi sistematizado e normalizado para facilitar seu entendimento e garantir o rigor da sua expressão. Diversos procedimentos, como a fixação de normas para espessuras de linhas, formatos de papel, tipos de traços, tolerâncias dimensionais, geométricas, símbolos, etc, foram estabelecidos, visando garantir a uniformidade da representação. Para o planejamento do processo, os aspectos normalizados de maior importância são:

3.2.1 Dimensionamento e Tolerâncias

As informações dimensionais são tão importantes quanto às informações geométricas. Elas se incorporam através de símbolos, números ou texto ao desenho, complementando as informações gráficas. Normalizou-se então a representação dos dimensionamentos e tolerâncias, onde são especificadas algumas regras básicas:

- a) mostrar dimensões suficientes, de modo que comprimentos e formas possam ser determinadas sem cálculos ;

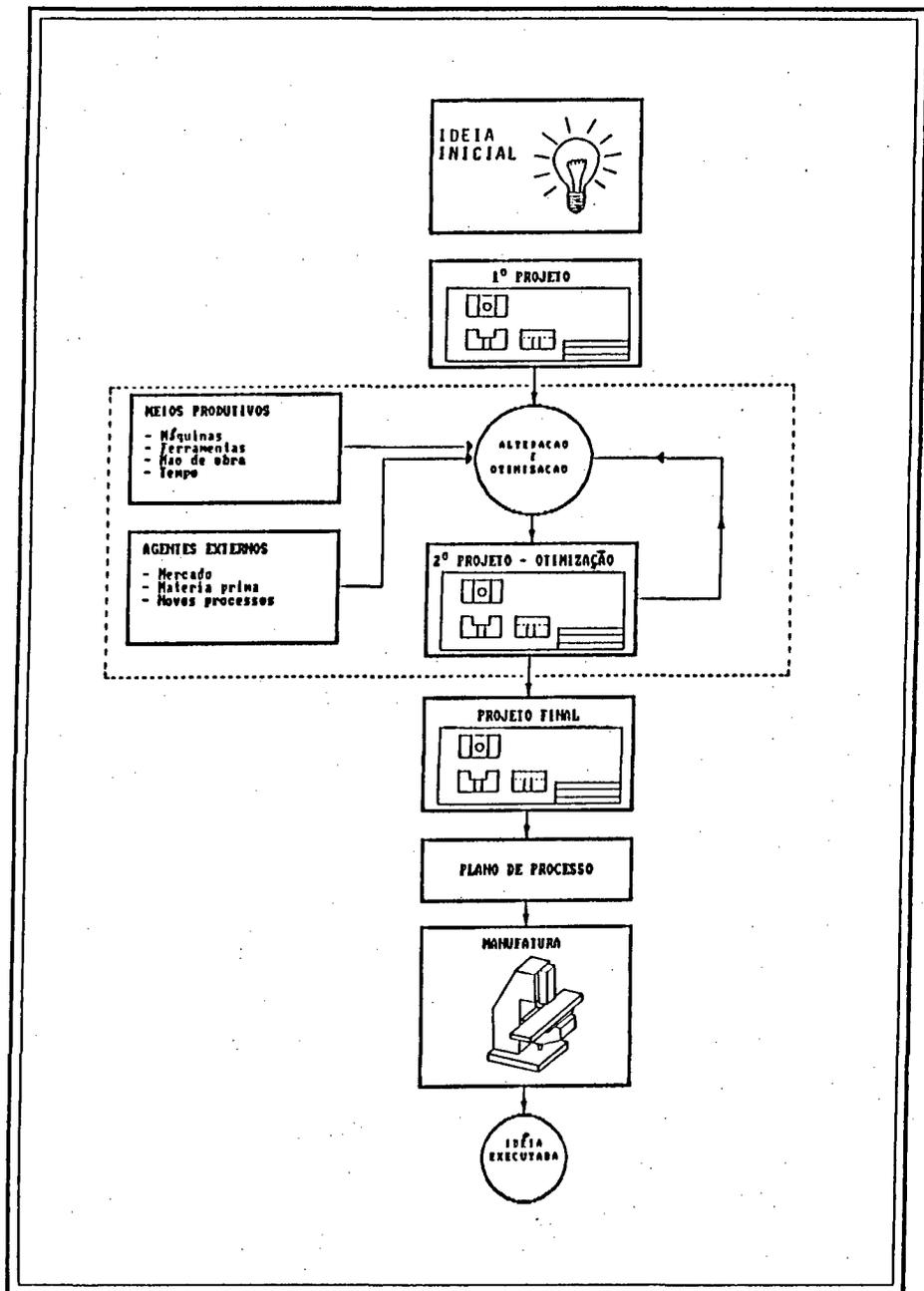


Fig. 3.1 - O fluxo de informações. Da concepção à manufatura.

b) mostrar dimensões que gerem apenas uma única interpretação;

- c) mostrar dimensões entre pontos, linhas e superfícies as quais mantêm determinada relação entre si ou as quais determinem a posição de outros elementos;
- d) selecionar uma disposição das cotas de modo a evitar acúmulo de tolerâncias, que podem causar interpretação errônea, prejudicando a funcionalidade do componente;
- e) mostrar cada dimensão somente uma vez;
- f) quando possível, dimensionar cada característica onde ela aparecer em verdadeira grandeza, sem distorção.

Com relação às representações convencionais de tolerâncias, pode-se dizer que são imprescindíveis já que é impossível produzir-se determinada dimensão pura e simples. É necessário que sejam estabelecidos limites aceitáveis de variação para cada dimensão. Existem dois tipos de tolerâncias: bilateral e unilateral. Na figura 3.2 pode-se observar esses dois tipos de tolerâncias convencionais em aplicações usuais.

3.2.2 Tolerâncias de forma e posição

Mais do que simplesmente uma importante ferramenta, as tolerâncias de forma e posição, ou seja, o dimensionamento

geométrico vem se tornando a linguagem universal na engenharia. Mais do que isso, trata-se de fator indispensável na comunicação das idéias através do desenho das peças, permitindo que sua fabricação seja apropriada, garantindo condições corretas de funcionamento e intercambiabilidade desses elementos mecânicos.

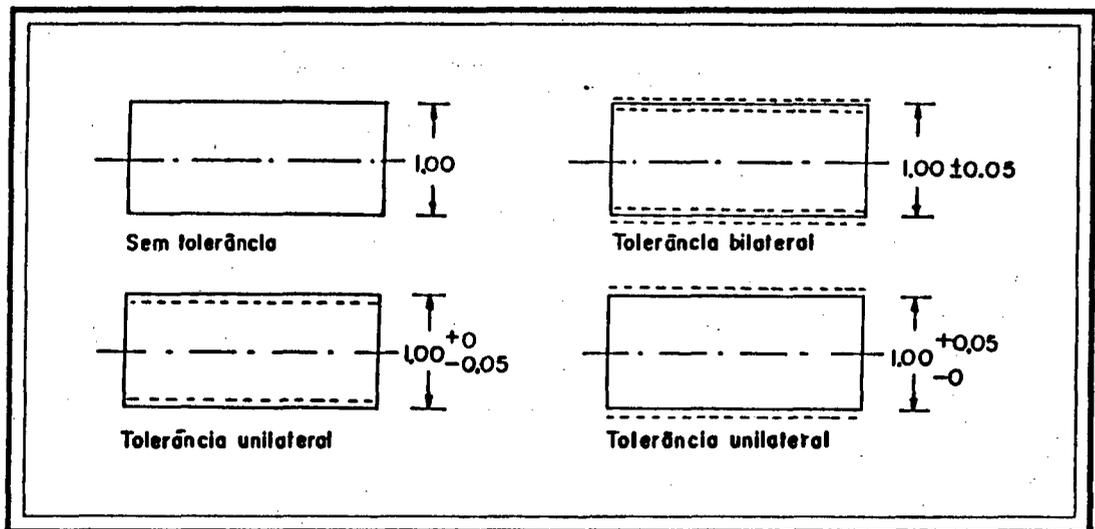


Fig. 3.2 - Os tipos de tolerâncias [7]

Nos dias de hoje, as indústrias estão gastando tempo, dinheiro e material, porque os desenhos ainda não acompanham os avanços tecnológicos [9]. Através do uso das tolerâncias de forma e posição, muitos custos poderão ser diminuídos. Uma das maiores vantagens do uso de tolerâncias de forma e posição é a capacidade dessa técnica deixar claro as diversas relações entre os elementos que compõe a peça. Obedecidos os limites ditados pelas tolerâncias de forma e posição garante-se 100% de intercambiabilidade e 100% de funciona-

mento nas peças produzidas [9].

A figura 3.3 resume a norma ABNT 6409/80, que trata da Tolerância de Forma e Posição

CARACTERÍSTICAS AFETADAS PELAS TOLERÂNCIAS		SÍMBOLO
FORMA POR ELEMENTO ISOLADO	Retilidade	—
	Planidade	
	Circularidade	
	Cilindricidade	
	Forma de uma linha qualquer	
	Forma de uma superfície qualquer	
ORIENTAÇÃO POR ELEMENTO ASSOCIADO	Paralelismo	
	Perpendicularismo	
	Inclinação	
POSICÃO POR ELEMENTO ASSOCIADO	Posição de um elemento	
	Concentricidade	
	Simetria	
	Batimento	

Fig. 3.3 - A norma ABNT 6409/80

3.2.3 Os sinais de acabamento superficial

Os sinais de acabamento superficial foram criados para que se possa fixar a rugosidade superficial das superfícies não só numericamente (NBR 6405/88) mas também por meio de símbolos que enquadrem essa característica dentro de uma certa faixa fixada pela norma.

Desse modo, foram criadas normas que determinam essas faixas de rugosidade com seu respectivo símbolo.

O primeiro e mais antigo método é a divisão das rugosidades em faixas, representadas por triângulos, regulamentado pela norma DIN 3141, conforme mostra a figura 3.4.

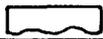
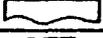
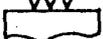
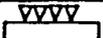
SÍMBOLO	MAXIMA PROF. DE RUGOSIDADE R_t μm				SIGNIFICADO
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4	
	Qualquer				Superfícies s/ exigências
	Qualquer				Apenas exigências de uniformidade
	160	100	63	25	Superfícies com rugosidade que não deve exceder a máxima rugosidade expressa na tabela.
	40	25	16	10	
	16	6,3	4	2,5	
	-	1	1	0,4	
					

Fig. 3.4 - A norma DIN 3141

O método descrito anteriormente vem tendo sua aplicação diminuída, aos poucos, e vem sendo substituída pela norma ABNT 5405/88, que especifica o acabamento superficial pelo grau de rugosidade permissível. Ver figura 3.5.

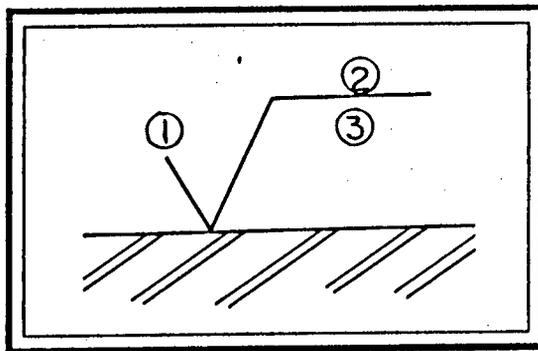


Fig. 3.5 - Símbolo de grau de rugosidade

onde:

- 1) Valor da rugosidade média aritmética (R_a);
- 2) Abreviatura para procedimento específico de fabricação;
- 3) Graus de rugosidade segundo a NBR 6405/88 por exemplo profundidade máxima da rugosidade R_t , percentual de superfície de apoio t_s , etc.

A utilização dessas normas juntamente com as técnicas de desenhos em corte, projeções ortogonais, cotas, detalhes, entre outros, faz com que o desenho de engenharia se torne auto-suficiente em termos de informações geométricas e tecnológicas, tornando-se apto para atuar como meio de entrada à etapa de planejamento do processo. Ver figura 3.6

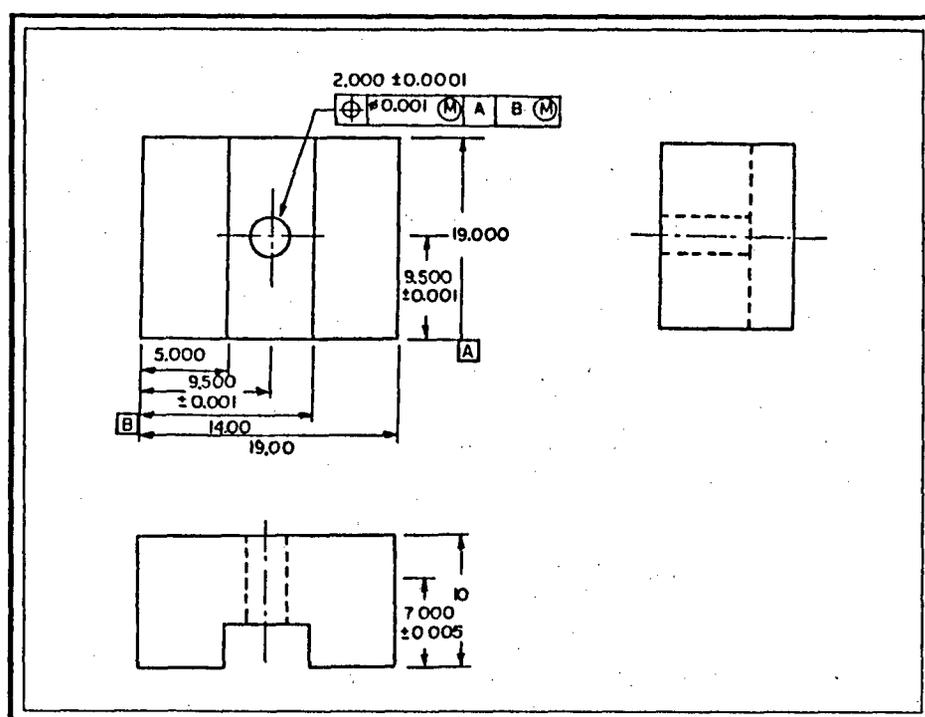


Fig. 3.6 - Um desenho de engenharia completo

Há até pouco tempo, os meios de produção de projetos e desenhos eram aparelhados apenas por instrumentos manuais de desenho técnico. Esse fato exigia paciência e mão de obra especializada, necessitando grandes espaços para manuseio e armazenagem dos mesmos. Com o advento do computador e das técnicas de CAE/CAD, os problemas de representação, armazenamento e manipulação de dados de projeto foram bastante di-

minuídos.

3.3 As técnicas de Projeto Auxiliado por Computador (CAD)

Computer Aided Design (CAD) pode ser definido como a utilização do computador no projeto. Sistemas denominados CAD podem simplesmente se caracterizar por uma ferramenta de desenho (Drafting), como podem ser um complexo "software" de apoio às várias tarefas de projeto (Design). Algumas características básicas dos CAD podem ser citadas.

- Auxílio na concepção de formas através do modelamento de sólidos;
- Detalhamento (zoom);
- Determinação de vistas e cortes;
- Permite ao usuário a utilização de sistemas de coordenadas próprios;
- Cotação automática;
- Definição de vários níveis ("layers");
- Cálculos de áreas, volumes, perímetros, etc;
- Obtenção de listas de material;
- Vistas explodidas;
- Definição de bibliotecas de símbolos usuais;
- Geração de malhas para, por exemplo, elementos finitos;

Baseado no objetivo desse trabalho, será dado neste ítem um enfoque de análise do uso de sistemas CAD no projeto de peças e componentes, detalhando essa etapa que, como foi visto, serve de entrada de dados ao sistema CAPP.

3.7.1 Conceitos Básicos de CAD

Os editores gráficos surgiram no final dos anos 50, inicialmente com o objetivo de criar imagens gráficas na tela, sem que houvesse qualquer interação homem-máquina. Na década de 60, Sutherland revolucionou os conceitos de CAD, criando os sistemas interativos, que se perpetuam até os dias de hoje. Em seguida surgiram os "plotters" que permitiram extração de cópias físicas dos desenhos mostrados nos vídeos. Inicialmente, a vantagem de se utilizar os "CAD" estava somente no aumento da eficiência da produção de desenhos, posteriormente, esse aumento de eficiência estendeu-se às etapas de projeto em si, da análise e da manufatura, com a utilização de sistemas CAD como meio de definição gráfica para os CAE e CAM. Esse fato vem de encontro à própria realidade que se vive nos dias de hoje. Com o aumento da complexidade dos produtos, a tarefa de projeto deixou de ser uma atividade isolada para ser uma atividade de grupo [8]. Com isso surgiram equipes de projeto com elementos especializados na resolução de problemas específicos. Esta divisão das tarefas levou a se estabelecer regras bem definidas entre cada uma das fases do projeto, permitindo entrosamento

e troca adequada de informações. Estas regras são os diversos modelos e linguagens utilizadas pelos projetistas e que muitas vezes são imperceptíveis.

Os sistemas CAD surgiram com a característica de integrar esses conhecimentos, anteriormente subdivididos, de modo a criar algumas importantes vantagens em relação aos métodos convencionais citados anteriormente. São elas:[8,10]

- aumento da produtividade da atividade de projetar;
- melhor qualidade dos desenhos;
- melhor qualidade do produto final;
- melhor documentação;
- menor número de revisões do projeto;
- melhor gerenciamento do projeto;
- melhores estimativas de custos;
- centralização e integração dos dados de projeto.

3.3.2 O Modelamento Geométrico de Objetos e a Estrutura de Dados em Sistemas CAD.

Qualquer componente, antes de ser efetivamente desenhado, precisa ser modelado, ou seja, as entidades geométricas básicas que o compõe devem ser definidas. Aos olhos do usuário (o projetista no caso), esse modelamento é transparente. Cada objeto possuidor de um modelo geométrico é representado em sistemas CAD por uma série de dados. Esses dados são

constituídos de valores numéricos, nomes, códigos e símbolos.

Tais dados são armazenados em arquivos, de uma maneira organizada. Essa organização representa as diversas relações entre os elementos que compõem o modelo. Existem ainda outros tipos de relação como nomes, propriedades, etc.

Segundo Falley e Van Dan [10] existem alguns ingredientes básicos que devem ser considerados na estruturação de uma base de dados para CAD.

- 1 - Elementos Gráficos básicos (pontos e outros);
- 2 - Forma geométrica dos componentes e seu layout no espaço;
- 3 - Topologia dos componentes e sua inter-relação;
- 4 - Dados específicos, como propriedades de materiais;
- 5 - Dados para aplicações específicas como elementos finitos e programas de análise.

As bases de dados de sistemas CAD podem ser organizadas de várias maneiras. Tudo vai depender do tipo de modelo (mecânico, elétrico) que se deseja representar. Alguns sistemas se apoiam em descrições complexas dos modelos, de forma a armazenar a descrição do modelo como dados. Isto requer equipamentos de maior porte. Outros sistemas são desenvolvidos para utilizar equipamentos de menor porte, porém com rotinas complexas, de forma que o modelo possa ser reconstituído quando necessário. Isso implica em maiores gastos com tempo de processamento.

A utilização de computadores no projeto é uma realidade, porém seu uso tem se limitado ao desenho bi-dimensional, seguindo as técnicas projeções ortogonais. Embora a modelagem 3D seja também uma realidade, a mesma apresenta alguns inconvenientes, entre eles: [8]

- exigência de equipamentos de maior porte;
- necessidade de pessoal mais treinado;
- utilização de muitos "cortes" em peças complexas;
- possibilidade de desenhos incorretos;
- limitações sobre informações de características físicas e tecnológicas do objeto que está representando.

Essa última tem forte implicação, como será visto mais adiante, na dificuldade de viabilização da integração CAD/CAPP. A entrada de dados para um sistema de Planejamento de Processos generativo é a representação computacional do componente que será produzido. Informações de projeto e manufatura estarão embutidas nesse modelo computacional. Para isso é importante que haja uma compatibilidade lógica entre a representação do CAD e o sistema CAPP. Baseado nesse fato, muitas técnicas de modelamento geométrico têm sido criadas no intuito de sanar os problemas citados acima, permitindo:

- análise das propriedades dependentes das formas dos componentes;
- determinar formas variáveis a partir de formas definidas e modeladas.

As formas mais conhecidas de modelamento são [3,8]:

- a) "wire-frame";
- b) "Primitive Instancing";
- c) "Spatial Occupancy Enumeration";
- d) "Cell Decomposition";
- e) "Constructive Solid Geometry" (CSG);
- f) "Boundary Representation";
- g) "Sweeping".

Como pode-se ver, existem várias propostas para se tratar o modelamento geométrico de objetos em CAD. Cada uma se mostra mais eficiente em determinadas aplicações (desenho elétrico, mecânico, civil, arquitetura, etc.). Os sistemas CAD, se necessário for, podem utilizar-se de modelamento geométrico híbrido, combinando dois ou mais métodos de modelamento geométrico, aumentando seu campo de eficiência. O modelamento geométrico não segue uma metodologia padrão pois isso é uma tarefa muito difícil de se executar, já que o número de soluções até hoje existentes é muito grande.

3.3.3 Os arquivos gráficos

Os desenhos que representam os projetos, em linguagem computacional, têm sua estrutura geométrica modelada, armazenada e representada por arquivos que denominam-se "arqui-

vos gráficos". A grande variedade de sistemas CAD, e a falta de uma padronização em termos de seus arquivos gráficos, levou a se propor meios de se normalizar a forma de se armazenar as informações, de modo a permitir uma constante troca de informações entre sistemas CAD de fabricantes diferentes. Porém, atualmente, não existe uma única norma regendo a troca de informações entre sistemas CAD. Como pode-se observar na figura 3.7, existe uma grande variedade de normas e padrões, cada um em um estágio de desenvolvimento e aplicação.

The Initial Graphics Exchange Specification
The German Automotive Industry Association VDA
The U.S. Air Force Product Definition Data Interface (PDDI)
The French Aerospatiale Corporation SET
The CAM-I Applications Interface Specification (AIS)
The Ford Motor Company Standard Tape
The Chrysler Corporation Standard File
The GM Corporation Data Exchange Standard (DES)
The British Leyland, Austin Rover Group Neutral File
The Intergraph Corporation Standard Interface Format (SIF)
The Vought Corporation Standard Data Format (SDF)
The product Data Exchange Standard (PDES)
The Standard Exchange of Product Model Data (STEP)

Fig. 3.7 - Os vários padrões gráficos existentes [13]

Isso acarreta sérios problemas quando clientes e fornecedores de uma grande empresa automobilística, por exemplo, tentam trocar informações como desenhos de peças e componentes. Caso empresa e fornecedor utilizem um mesmo sistema

CAD, a coisa se resume a mera transmissão eletrônica de informações (desenhos). Caso as mesmas utilizem CAD de diferentes fabricantes, a coisa torna-se complicada.

Uma solução é a construção de programas que façam a comunicação entre dois sistemas CAD, interpretando os arquivos gráficos do primeiro, transformando-os no formato aceitável pelo segundo sistema CAD e vice-versa. Essa solução é pouco flexível já que ela se restringe à dois sistemas CAD específicos.

Uma segunda solução seria todos os sistemas CAD construíssem seus arquivos gráficos baseados em um determinado padrão. Desse modo a troca de informações estaria garantida. Na prática essa solução não é unificada, o que fez surgir uma variedade de tentativas de se padronizar os arquivos gráficos.

O fato dos sistemas CAD trabalharem de forma estrutural diferente, entidades geométricas, propriedades, entidades não geométricas, faz com que alguns padrões se adaptem melhor para determinadas aplicações do que outros. O fato é que não existe ainda um padrão gráfico que satisfaça todas as necessidades reais na troca de informações entre sistemas CAD.

Se atentar-se para o lado do Planejamento do Processo, a coisa se complica ainda mais. Os arquivos gráficos, em sua essência, não foram criados para armazenar eficientemente dados tecnológicos na forma requerida pelos sistemas CAPP. Esse fato cria dificuldades quando necessita-se que tais da-

dos e sua extração sejam feitos por meios computacionais. A forma como tais dados estão armazenados impede que sejam reconhecidos e ligados às entidades a que pertencem. Os arquivos gráficos são a imagem computacional da peça ou componente que representam. Atualmente essa imagem ainda é uma imagem fixa e unicamente trabalhável pelo sistema CAD que a gerou. Sua transferência ou análise ainda não é uma realidade. As pesquisas nos dias de hoje, nessa área de troca de informações entre sistemas CAD, são intensas .

3.3.3.1 O Padrão IGES

O padrão gráfico IGES (Initial Graphics Exchange Specification) vem sendo considerado, à nível mundial, como um dos mais populares métodos para troca de informações entre sistemas CAD. Esse padrão foi desenvolvido em 1979 pela N.B.S. (National Bureau of Standards).

Sua concepção se baseia nas técnicas de "arquivo neutro" e, em sua estrutura interna, é composto por entidades geométricas (linhas, círculos, arcos) e não geométricas (textos, cotas, características).

Os arquivos gráficos que seguem a normalização IGES têm sua estrutura dividida em cinco secções:

* Secção Inicial - é utilizada para fins de documentação do arquivo gráfico em questão.

* Secção Global - contém informações como, nome do desenho, autor, data da criação, unidades dimensionais entre outras.

* Secção Diretório - contém dados comuns à cada entidade que compõe o desenho, como: cor, espessura das linhas, tipos das linhas, etc.

* Secção Parâmetros - contém os parâmetros característicos de cada entidade, como: pontos inicial e final de linhas, localização de vetores que descrevem superfícies, etc.

* Secção Terminal - é composta por uma única linha, contendo o número de registros de cada uma das secções citadas anteriormente.

O padrão IGES cobre aproximadamente cinquenta (50) diferentes tipos de entidades. Em sua versão 1.0 o IGES trata apenas de entidades do tipo "wire-frame", enquanto que em versões mais recentes (4.0), trata também de superfícies no espaço 3D (modelamento sólido).

No apêndice "C" tem-se uma descrição mais completa do padrão gráfico IGES e sua estrutura, abordando também seu estágio atual de aplicação e seu futuro como "padrão gráfico".

4 - A INTEGRAÇÃO CAD/CAPP

4.1 Introdução

Atualmente, muitos projetos de pesquisa têm como objetivo a integração das técnicas de CAD, de modo a se atingir a completa integração da manufatura pelo computador, o CIM. Muitos modelos de solução vêm sendo apresentados: 1) Através da Tecnologia de Grupo; 2) Combinando bases de dados de CAD e CAM; 3) Através do CAPP. Dentre estas, a que utiliza o CAPP como meio de integração, vem sendo considerada como a mais importante na integração CAD/CAM. Nesse capítulo, esse assunto será abordado através da definição do problema e das possíveis soluções para o mesmo.

4.2 Alguns conceitos preliminares com relação à integração CAD/CAM

A idéia da integração CAD/CAM surgiu a partir de uma tendência natural criada com o desenvolvimento das técnicas de projeto, planejamento e fabricação na sua busca pela automatização. Uma análise mais detalhada da figura 4.1 vem elucidar esse conceito.

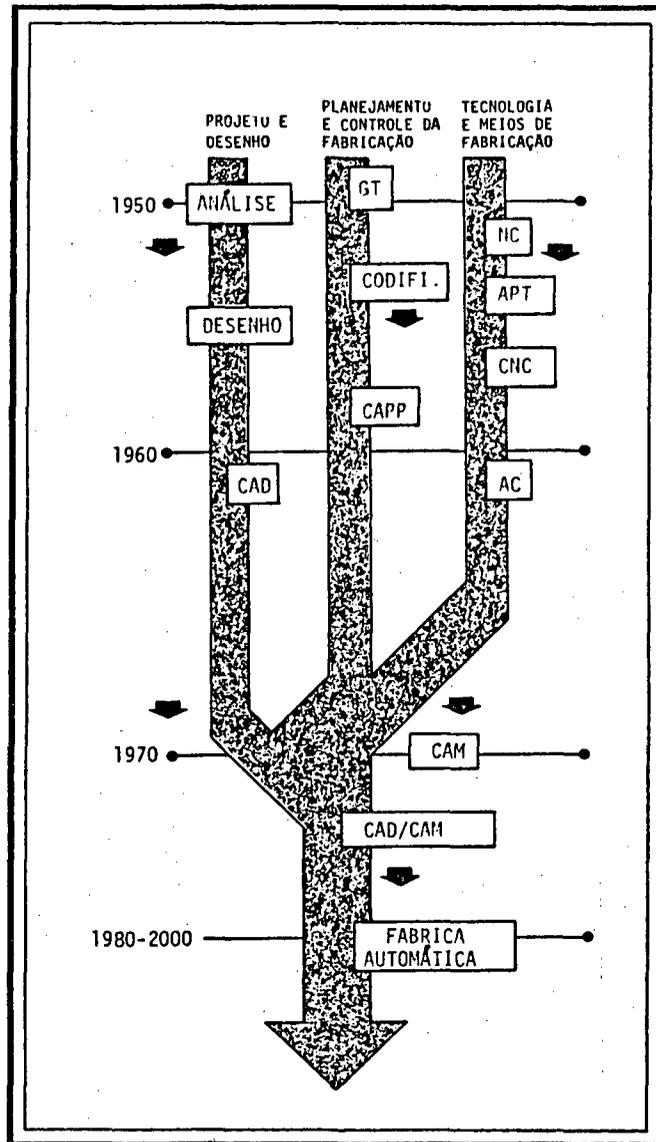


Fig. 4.1 - A evolução do Planejamento, Projeto e Manufatura.[14]

Pode-se dividir o desenvolvimento das técnicas de Projeto, Planejamento e Fabricação em duas etapas distintas: A primeira, em que houve um desenvolvimento independente de tais técnicas em que a fabricação se baseou nas facilidades de hardware (NC,CNC, DNC, Controles Adaptativos) criadas com

a evolução da eletrônica, e no campo de software, com a criação de linguagens de programação poderosas como o APT, ACTION, SPLIT e outras. O planejamento se desenvolveu a partir da criação dos conceitos de "Tecnologia de Grupo", permitindo o nascimento dos primeiros sistemas de Planejamento do Processo Auxiliado por Computador.[14]

Na área de projeto, os primeiros sinais de desenvolvimento se deram através da utilização do computador na análise de tensões e vibrações em estruturas por meio de diferenças finitas e elementos finitos. Paralelamente, os recursos gráficos de tela e plotters foram explorados e expandidos por Sutherland e outros.

A segunda etapa do desenvolvimento se caracteriza pela convergência das mesmas, iniciando um processo de desenvolvimento conjunto, sendo representadas por um único ramo denominado "CAD/CAM".

Para que a integração CAD/CAM seja uma realidade, duas interfaces primárias devem ser inicialmente desenvolvidas: 1) A interface CAD/CAPP; 2) A interface CAPP/CAM. [15] Sem a existência dessas integrações primárias, cada sistema trabalharia independentemente, e seria visto como uma ilha automatizada. É essa total integração que permitirá que o anel (Projeto - Planejamento - Fabricação) se complete. Nesse trabalho será dada especial atenção à integração CAD/CAPP.

4.3 O problema da integração CAD/CAPP

Atualmente, uma das maiores barreiras à implementação efetiva do CIM tem sido o problema da distribuição de informações entre os diversos módulos que trabalham "Auxiliados por Computador" (CAD, CAPP, CAQ, CAP e outros). Os CIM de hoje caracterizam-se por ilhas de "Computer Aided" (CAx) que trabalham em computadores separados, utilizando-se de bancos de dados próprios, na maioria das vezes, não padronizados [16]. As informações necessárias para definir completamente a peça e ter seu plano de fabricação determinado devem ser repassadas integralmente ao CAPP. Informações geométricas como comprimentos, diâmetros, profundidades, larguras e outras. Informações restritivas como tolerâncias dimensionais, tolerâncias de forma e posição, além de informações gerais como material da peça, tamanho de lote, identificação e prazo de entrega. Essas informações se referem à peça em si. Outras informações também se fazem necessárias para o planejamento, como por exemplo máquinas disponíveis, potência, tamanho de peças que cada máquina usina, tipo de material trabalhável, etc. Informações que dizem respeito às ferramentas, como por exemplo, diâmetro permissível, velocidade máxima permissível, tempo de vida do gume de corte, tipo de fluido refrigerante, etc.

Dessa forma, pode-se ver claramente que o ato de "planejar" está intimamente ligado à troca de muitas informações. As informações importantes ao planejamento do proces-

so da peça, quando identificáveis, estão em bancos de dados distintos, como mostra a figura 4.2.

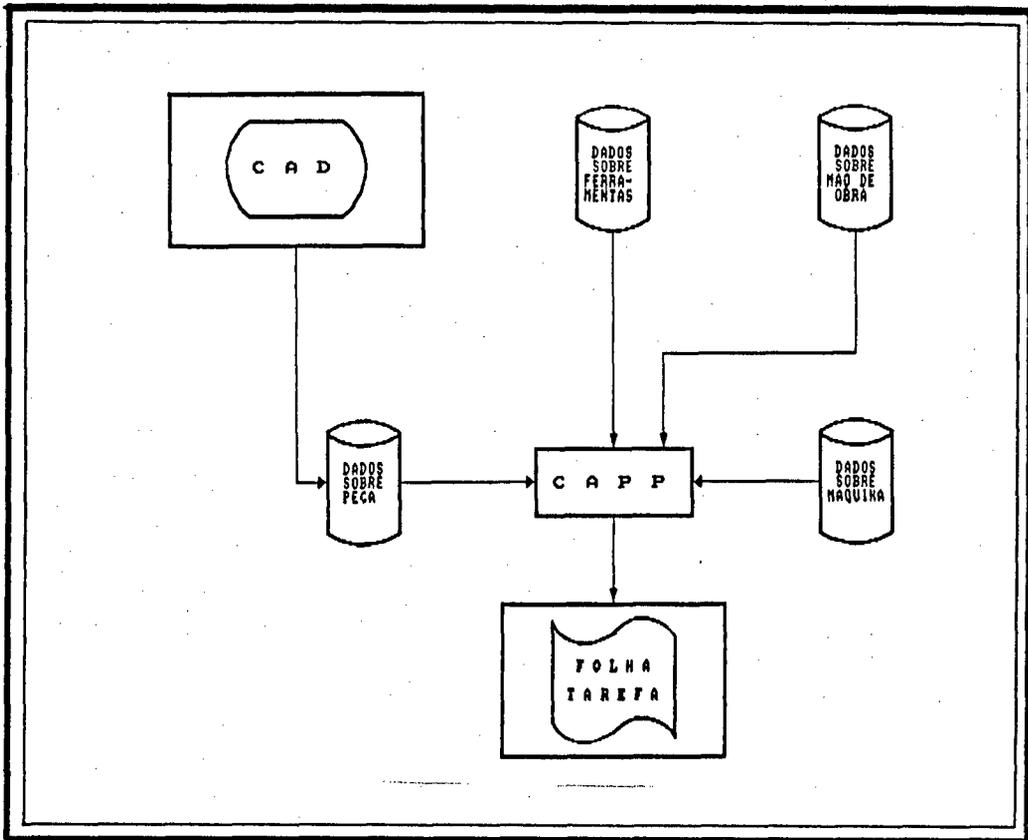


Fig. 4.2 - Os bancos de dados distintos

Está identificado então o primeiro e grande problema da integração CAD/CAPP: a não padronização dos bancos de dados dos sistemas CAX (CAD, CAPP, CAE, CAQ...). Caso todos utilizassem o mesmo padrão de construção de seus arquivos de dados, facilmente se viabilizaria a troca de informações e, certamente, a integração CAD/CAPP seria uma realidade nos dias de hoje.

O segundo grande problema é o fato de que, nem sempre, os dados citados anteriormente estão claramente inseridos no

banco de dados CAD. Para resolver esse problema, é necessário que se construa um elo de ligação, que irá fazer com que o sistema CAPP possa buscar os dados que necessita, na base de dados do sistema CAD. Aplicado ao Planejamento do Processo, o programa interpretador irá distinguir as informações tecnológicas das geométricas e topológicas, de cada peça. Pode-se definir o problema da integração, não só CAD/CAPP, mas também em termos gerais, como um problema de fluxo de informações, de modo que, para que a integração seja viabilizada, é necessário que essas informações sejam as corretas, interpretáveis pelo computador e disponíveis quando e onde necessárias.[13]

4.4 - Análise da Integração CAD/CAPP - Possíveis Soluções

4.4.1 O Banco de Dados Centralizado

O fato da não padronização dos bancos de dados, dos diversos sistemas "Auxiliados por Computador", pode sugerir de imediato a idéia de se construir um único banco de dados que englobe todas as necessidades e elimine a deficiência da não padronização dos bancos de dados individuais.

Conceitualmente a idéia do banco de dados centralizada, governando todas as atividades em termos de fluxo de informações é muito convidativa. Realisticamente falando, a idéia é ainda anti-econômica. O volume de dados, por si só, ultra-

passaria os limites tecnologicos dos bancos de dados comerciais hoje existentes. Como exemplo cita-se o fato de que existem estimativas de as informações gerais e detalhadas de uma aeronave moderna requeiram algo em torno de 1.000.000 Gbytes de informações. Transportando isso para um sistema CAD/CAM, tais informações iriam requerer drives de 2 milhões e 500 mil Mbytes! [16].

4.4.2 O Banco de Dados Distribuído

A primeira opção seria trabalhar com bancos de dados distribuídos, isto é, cada sistema "Auxilido por Computador" mantém controle sobre suas informações específicas e dados essenciais são distribuídos entre todos os sistemas CAX. A idéia também é importante devido ao fato de que existe uma certa heterogeneidade no tipo de informações tratada por cada sistema CAX. O banco de dados distribuído deve então, permitir acesso transparente à qualquer tipo de dado, esteja ele onde estiver. Para o usuário, seria como se este estivesse ligado a um único banco dados. A única diferença é o fato de que as informações estarão guardadas em locais físicos diferentes.

Esse fato força uma padronização dos bancos de dados isolados, de modo que o banco de dados central tenha acesso às informações ali contidas.

Pela figura 4.3 pode-se observar que, o fato de se trabalhar com bancos de dados distribuídos vai de encontro ao

que se observa na realidade, ou seja, cada setor de uma empresa trata de um tipo de informação com mais frequência. Por isso é necessário, até por questões de velocidade, que cada setor possua seu próprio banco de dados. [16,17]

	NEGÓCIOS	ENGENHARIA
REGISTROS (TIPO)	POUCOS	MUITOS
RELAÇÕES	SIMPLES	COMPLEXAS
SOLICITAÇÃO	AMPLA	AMPLA
REPRESENTAÇÕES	ESTÁTICA	DINÂMICO
"QUERIES"	SIMPLES	COMPLEXO
ANÁLISE	RARO	NORMAL
UPDATES	CURTO	LONGO
REGISTROS	POUCOS	MUITO

Fig. 4.3 - Tipos de dados e sua utilização [16].

A figura 4.4 mostra o fluxo de informações para um estrutura tipo banco de dados distribuído.

A adoção dessa solução porém é um tanto cara e demorada pois mexe com toda a estrutura de dados, desde o projeto (CAD) até a manufatura (CAM), passando pelo Planejamento do Processo (CAPP). Essa solução dificilmente se aplicaria por exemplo, no caso de se fazer a integração entre um sistema CAD existente e um programa CAPP também já existente.

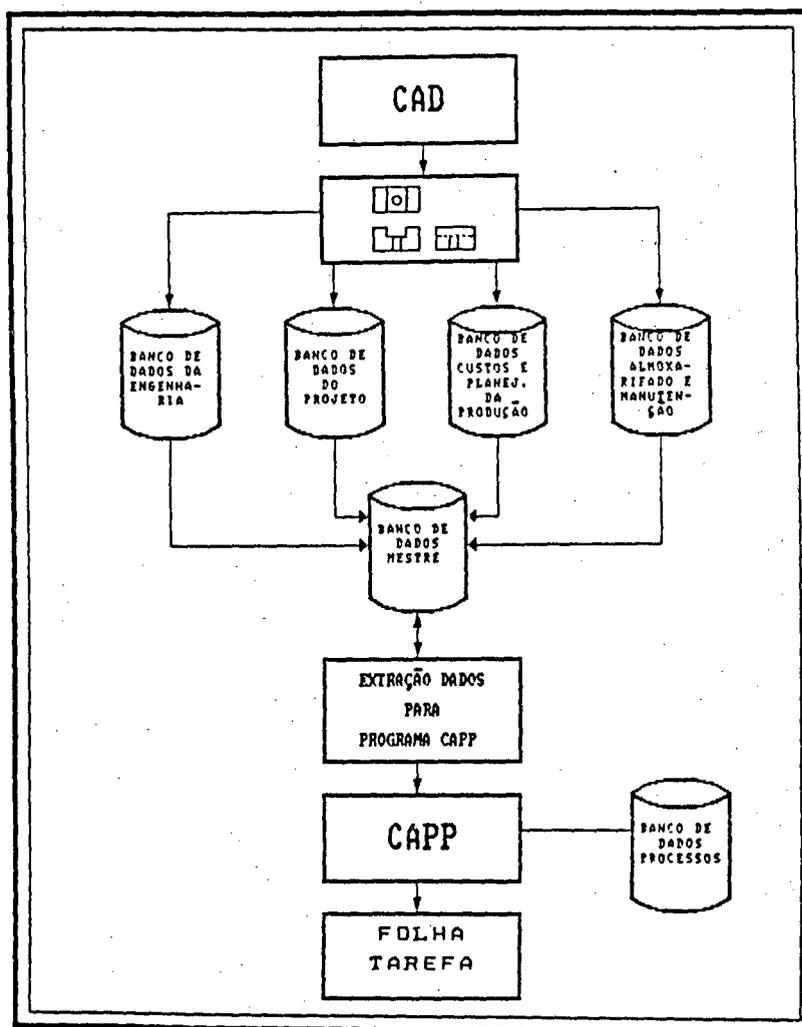


Fig. 4.4- O banco de dados distribuído.

Isso porque a forma do banco de dados do sistema CAD certamente não permitirá que os dados requeridos pelo programa CAPP sejam prontamente encontrados, inviabilizando a integração do CAD ao CAPP.

Em termos de aplicabilidade, pode-se dizer que esta solução se adequa bastante bem ao caso de se construir um CAD próprio.

4.4.3 Um Sistema Dedicado ao CAPP

Uma segunda opção em termos de integração CAD/CAPP seria uma solução dedicada ao CAPP, ou seja, partindo de um CAPP já existente, construir um CAD de modo que seu banco de dados seja algo dedicado ao CAPP existente.

Desenvolver um sistema CAD dedicado ao CAPP implica em dizer que o CAD, nesse caso, será um meio gráfico de entrada de dados para o CAPP. Ao desenhar-se uma peça no CAD, dados que são importantes ao CAPP são armazenados no banco de dados, de forma que, encerrado o trabalho com o CAD, o programa CAPP, leia os dados contidos nesse banco de dados, identifique as variáveis de que necessita e então processe esses dados, gerando o plano de processo da referida peça. Fig.

4.5.

Essa solução é mais barata e relativamente mais rápida em sua execução, se comparada à primeira, proposta anteriormente.

Vale salientar que, nesse caso, o CAD desenvolvido não terá as potencialidades que possui um CAD comercial, além do que, o sistema mudará a forma de pensar dos projetistas.

4.4.4 Uma Solução Intermediária

Entre as duas soluções extremas até agora mencionadas, pode-se identificar outra gama de soluções que se assemelham

de modo geral, aproximando-se mais de um ou outro extremo da linha de soluções da integração CAD/CAPP.

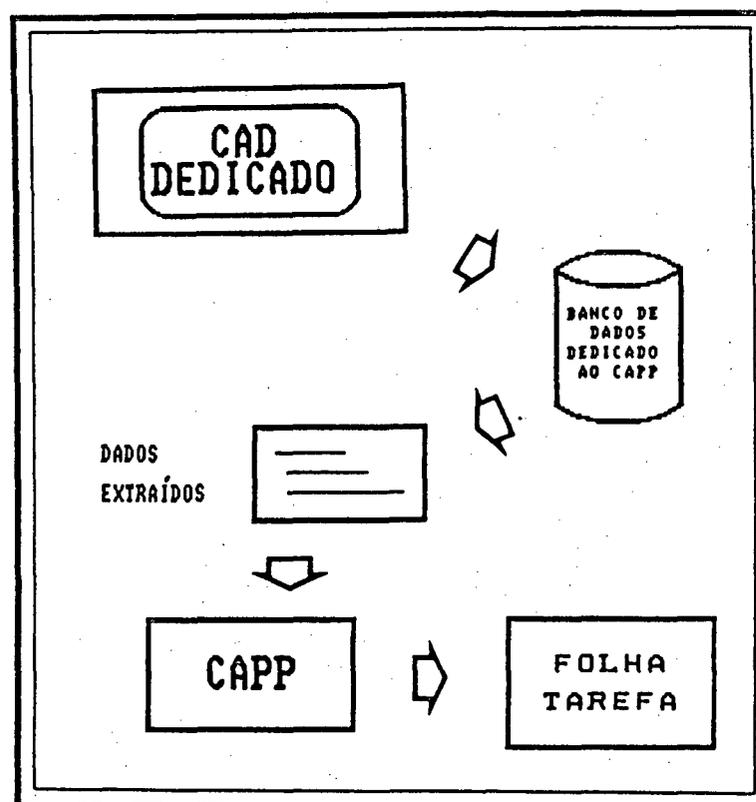


Fig. 4.5 - O CAD dedicado

A terceira possível solução, trabalha no sentido de integrar um CAD existente a um CAPP existente. Na realidade, esse tipo de solução é parcialmente dedicada e não possui um alto grau de flexibilidade, pois se assim fosse, teria-se o problema da integração CAD/CAPP totalmente resolvido.

O princípio está em construir um interpretador que extraia do banco de dados do CAD os dados necessários ao sistema CAPP para que este possa executar suas tarefas e fornecer o plano de fabricação. Para que a flexibilidade do sistema seja aumentada, trabalha-se com a análise e extração dos dados sendo feita sobre um padrão gráfico de definição de produto, o que elimina parcialmente a dependência específica a determinado CAD. O desenho da peça estará representado por um arquivo (IGES, PDES, STEP, etc.) e sua interpretação independe do sistema CAD que o gerou, o que torna a integração mais flexível. A figura 4.6 mostra esse tipo de integração.

Esse tipo de solução é perfeitamente aplicável pois é bem provável que se venha a trocar algum dia o sistema CAD, por motivos de obsolescência ou troca por modelo de outro fabricante. O sistema CAPP pode ser mantido, uma vez que por si só é um programa flexível e admite a inclusão de novas rotinas que venham a aumentar o seu campo de ação, tornando os planos de processo por ele gerados mais eficientes e consistentes.

Para que esses conceitos de soluções aplicáveis à integração CAD/CAPP sejam melhor absorvidos, serão analisados em seguida alguns sistemas integrados CAD/CAPP existentes. Na análise desses sistemas será dada especial atenção à entrada de dados, procurando identificar a maneira como é feita e o nível de integração CAD/CAPP alcançado em cada caso.

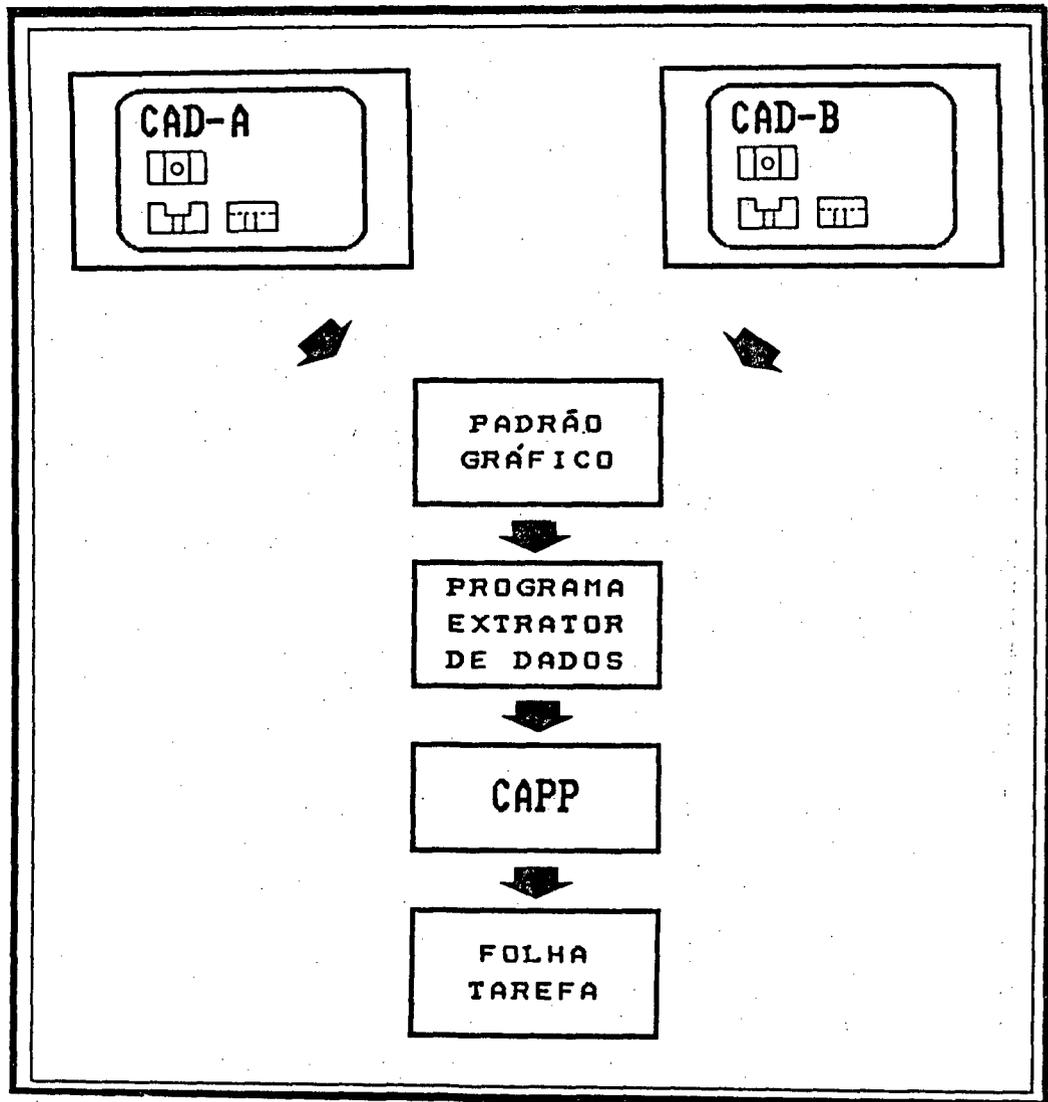


Fig. 4.6 - A Solução Intermediária.

4.5 - Alguns Sistemas Existentes

Dentre os métodos de Planejamento do Processo Auxiliado por Computador, o generativo, pela sua estrutura, é o que mais se adequa à integração com o CAD e o CAM. São quatro as tarefas básicas presentes em sistemas CAPP generativo. [15]

- a) gerar a sequência de operações;
- b) selecionar superfícies de referência e de fixação para cada etapa de fabricação;
- c) determinar e analisar dimensões, tolerâncias e sobremetal para cada superfície;
- d) gerar o plano de processo, incluindo a folha tarefa.

Dentre estas, os itens, "b" e "c" são os que exigem um nível de integração CAD/CAPP mais apurado. A figura 4.7 mostra vários sistemas CAPP generativos e seu estado de desenvolvimento e integração com o CAD.

Dos sistemas CAPP da figura 4.7, o GAPPS é um dos que trabalham com a integração CAD/CAPP sendo feita por meio da utilização de um CAD dedicado. Sistemas como o FREXPP, STOPP e TIPPS são sistemas integrados com um CAD 3-D, através de modelamento sólido ou "wire-frame". Muitos sistemas, embora utilizem um CAD 3-D como fonte de dados, trabalham com a análise do desenho sendo feita sobre a representação 2-D, ou seja, o desenho de engenharia, mencionado no capítulo três.

Autor	Nome do sistema	Entr. Dados	Lógica de Decisão	Funções de Planejamento
Wisk	APPAS	TG	Arvore Dec.	a, d
Eversheim	AUTAP	D	Tabela Dec.	a, d
BYU	BYUPLAN	TG	Arvore Dec.	a, d
Chang	CADAM	D	Tabela Dec.	a, d
UTRC	CHPP	D	Modelo Dec.	a, b, c, d
Zdebliok	CUTPLAN	TG	AI	a, b, c, d
Kung	FREXPP	D	AI	a, d
Kung	GAPPS	D	Modelo Dec.	a, d
Descotte	GARI	D	AI	a, d
Tulkoff	GENPLAN	TG	Modelo Dec.	a, b, c, d
Darbyshire	EXCAP	D	AI	a, d
Prime	LOCAN	D	Modelo Dec.	a, b, c, d
HGS	OPTA-PLAN	D	Modelo Dec.	a, b, c, d
Phillips	PROPLAN	D	AI	a, d
Choi	STOPP	D	Modelo Dec.	a, d
Chang	TIPPS	D	AI	a, d
Sack	XP-1	D	Modelo Dec.	a, d
Iwata	-	D	AI	a, d

TG = Tecnologia de grupo
 D = Descrição da peça
 AI = Inteligência Artificial

a- sequência de operações
 b- Controle sobre tolerâncias
 c- superfícies de referência
 d- plano de processo

Fig. 4.7 - Os sistemas CAPP e seu estado atual. [15]

5 - A SOLUÇÃO PROPOSTA

5.1 Introdução

Este capítulo trata da solução proposta para a viabilização da integração CAD/CAPP, que tem como característica a utilização de um sistema CAD comercial como entrada de dados. São apresentados todos os módulos que compõe o sistema, desde o desenho da peça até a extração dos dados relativos e importantes ao sistema CAPP.

5.2 Características da solução proposta

O modelo desenvolvido nesse trabalho tem como ponto principal as seguintes características:

- a) a entrada de dados de projeto se dá através de um sistema CAD comercial;
- b) a entrada de dados tecnológicos se faz através do projeto, utilizando o mesmo CAD. O editor gráfico permite a entrada de dados tecnológicos, expressos pela sua simbologia gráfica, essenciais para o CAPP;
- c) o sistema gera arquivos padronizados, permitindo a troca de informações com sistemas CAPP e CAM.

Essas características permitem a integração CAD/CAPP/CAM em termos de entrada de dados, compartilhando

de uma mesma fonte de dados que é o projeto de engenharia.

A constante evolução em termos de "software" e "hardware", como foi abordado no capítulo anterior, pode criar a necessidade de troca de sistema CAD. A solução proposta, prevendo tais ocorrências, trabalha com a análise da peça sendo feita sobre um arquivo que siga determinado padrão, no caso o padrão IGES. Com isso, garante-se um alto grau de flexibilidade ao sistema, já que a utilização de um ou outro sistema CAD não afetará o funcionamento do mesmo. Ver figura 5.1.

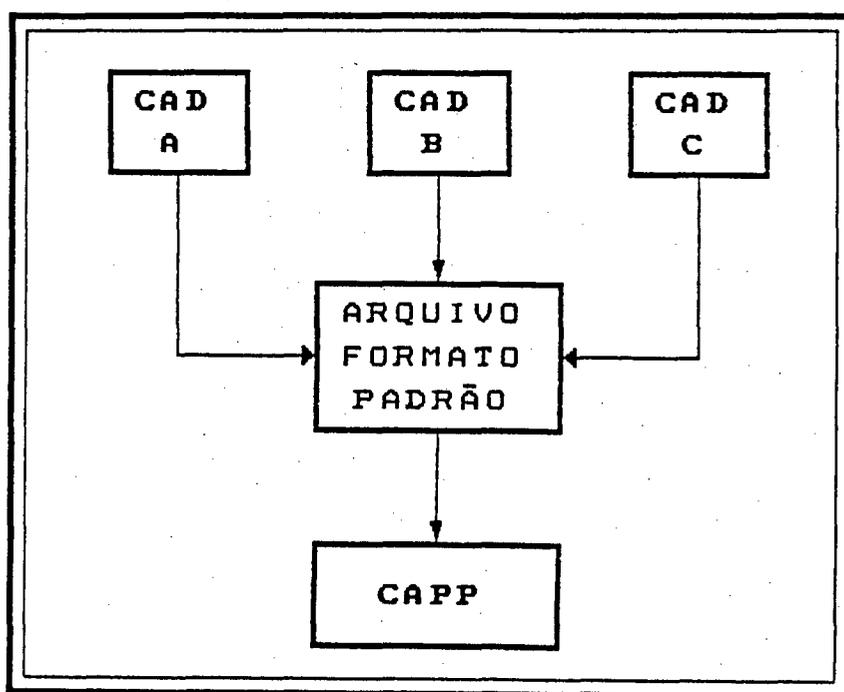


Fig. 5.1 - A utilização de um arquivo padrão

Para garantir a flexibilidade no outro extremo, ou seja, para que os dados característicos da peça possam ser utilizados pelos programas CAPP, é construído um arquivo padrão que conterà todas as características da peça, tanto di-

mensionais, como de formas, tolerâncias, etc...

Estes dados estarão disponíveis à qualquer CAPP, bastando que se leia os dados desse arquivo, que se denominará intermediário, e os envie ao programa CAPP para que o mesmo execute suas tarefas e devolva a folha tarefa com a descrição do processo de fabricação da peça em questão. A figura 5.2 mostra a filosofia proposta para a solução da integração CAD/CAPP.

Essa filosofia pode ser extrapolada também para a integração em outros níveis como o CAE (Computer Aided Engineering) por exemplo, onde outras informações sobre a peça são importantes e os resultados das análises podem vir a sugerir alterações no projeto original e assim, de maneira interativa, chegar-se ao projeto otimizado, ganhando tempo e economizando recursos.

Neste trabalho, a viabilidade da integração CAD/CAPP dentro da filosofia mostrada na figura 5.2 será testada sobre o processo de furação, por alguns motivos básicos:

1 - As operações de furação representam um significativo volume de serviço nas indústrias metal-mecânicas. [18]

2 - Por ser um processo de geometria definida, torna-se atrativo para o desenvolvimento de uma filosofia como a da integração CAD/CAPP, podendo-se observar mais rapidamente o resultado de aplicação da filosofia.

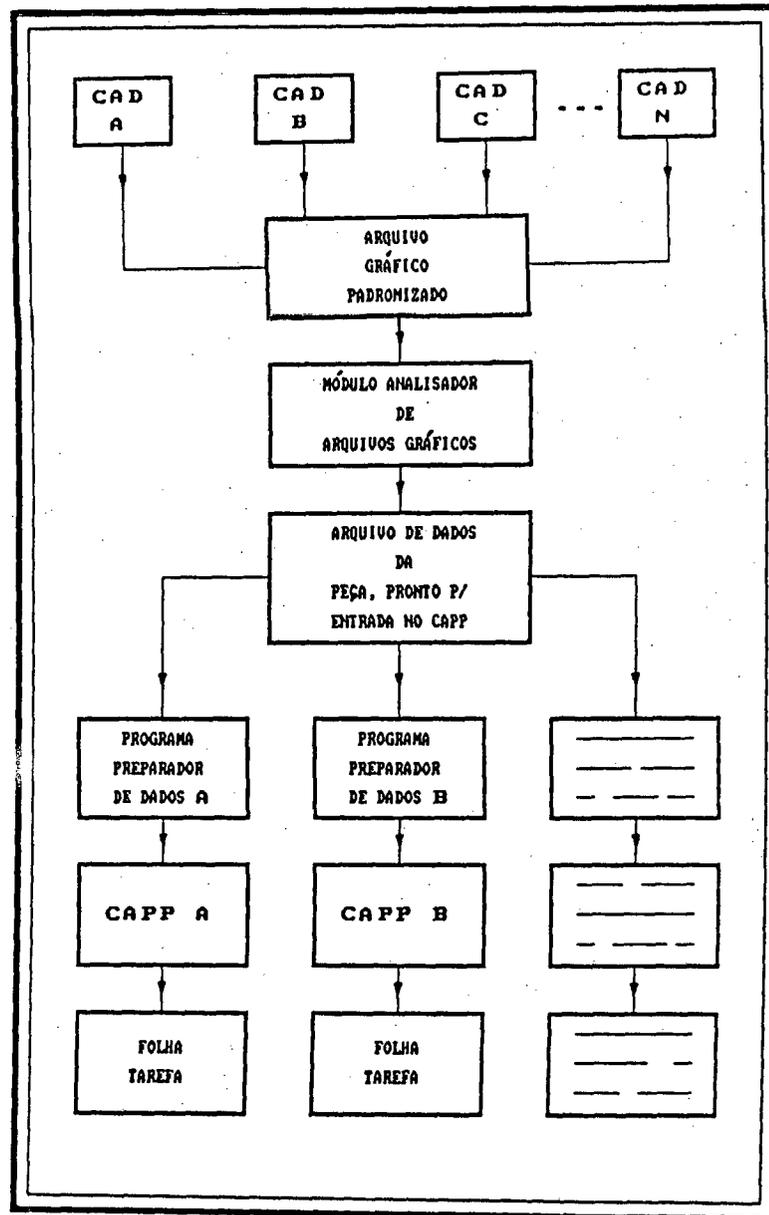


Fig. 5.2 - A filosofia de solução

3 - Estudos sobre a tecnologia do processo de furação [19,20,21] e um sistema de planejamento de processo aplicado à furação [6] foram desenvolvidos neste Departamento, determinando uma vocação a ser explorada.

5.3 Uma Estratégia de Solução Baseada na Integração CAD/CAPP.

Para se tornar a solução proposta completa, é necessário que as características tecnológicas do processo em questão, a furação, estejam presentes e aptos a serem extraídos quando da análise do arquivo gráfico anteriormente citado. A idéia é se tratar não apenas com entidades geométricas do CAD, mas também com entidades que signifiquem um conjunto de características, perfeitamente relacionadas com as operações de usinagem que representam. Com isso permite-se que as tarefas de projeto se desenvolvam em harmonia com as tarefas de manufatura, fechando o anel de integração CAD/CAPP/CAM. Os sistemas CAD de hoje, permitem um aumento de suas potencialidades através da criação de novos comandos pelo usuário, adaptando-o às suas necessidades específicas. Essa flexibilidade permite que as entidades a serem usinadas, nesse caso os furos, não sejam tratadas como entidades desprovidas de informações tecnológicas, mas sim como entidades independentes, com características tecnológicas próprias, mantendo a integridade das informações e, conseqüentemente, permitindo a extração dessas características posteriormente. Essa técnica para viabilização da integração CAD/CAPP é também reforçada em [16,22]. A figura 5.3 mostra um sistema CAD com a utilização de características tecnológicas, além das geométricas tradicionais. Ao conjunto de funções criadas com a finalidade de integrar as informações de projeto e manufa-

tura, denominou-se "AMBIENTE CAD-E" (CAD-Enriquecido para operações de manufatura).

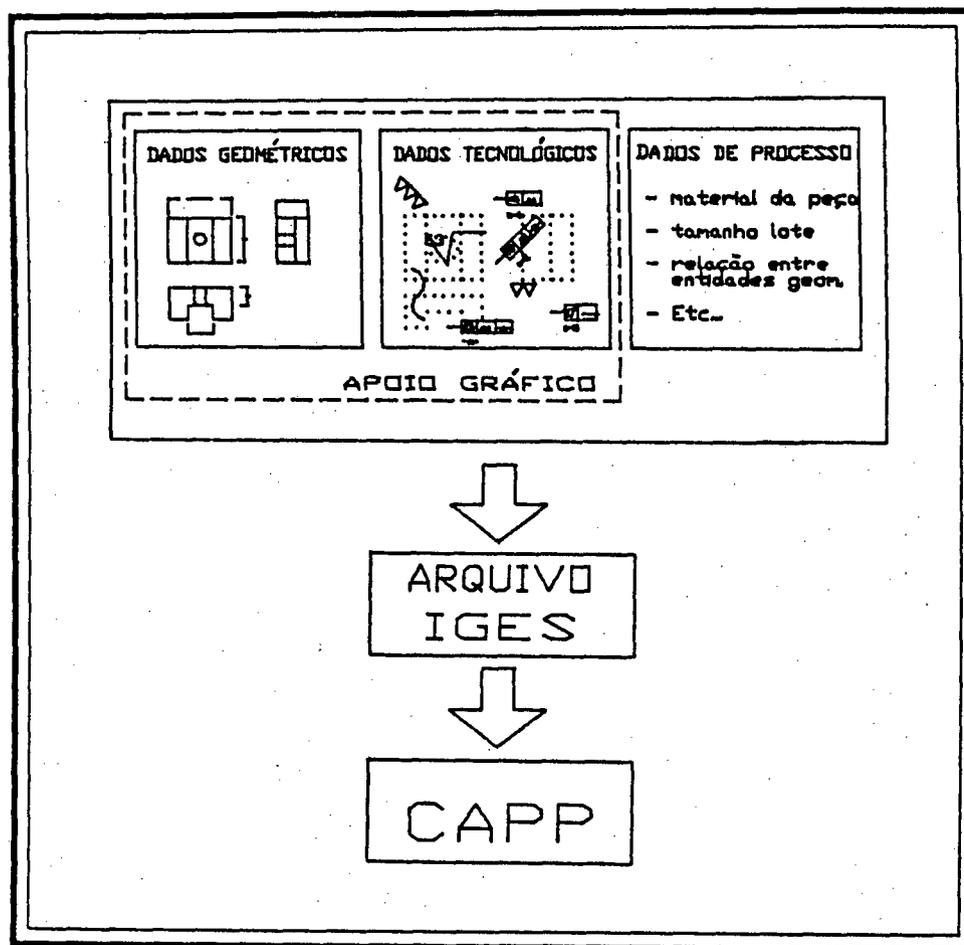


Fig. 5.3 - A técnica do Sistema CAD modificado

O ambiente CAD-E é uma ferramenta auxiliar criada de modo a trabalhar como uma extensão do ambiente do CAD, de forma a aumentar as potencialidades do próprio CAD com relação ao Planejamento do Processo, permitindo fácil manuseio por parte do usuário, de maneira confortável e transparente. Ver figura 5.4. Além das vantagens diretas sobre a integração CAD-CAPP criadas pelo ambiente CAD-E, o trabalho do pro-

jetista ganha velocidade, na medida em que as entidades são transferidas ao desenho em bloco, economizando o uso de comandos de desenho do CAD.

A forma a ser encontrada para viabilizar a extração de dados dos arquivos gráficos, pode-se dizer, é a ponte que permite a integração CAD/CAPP desejada.

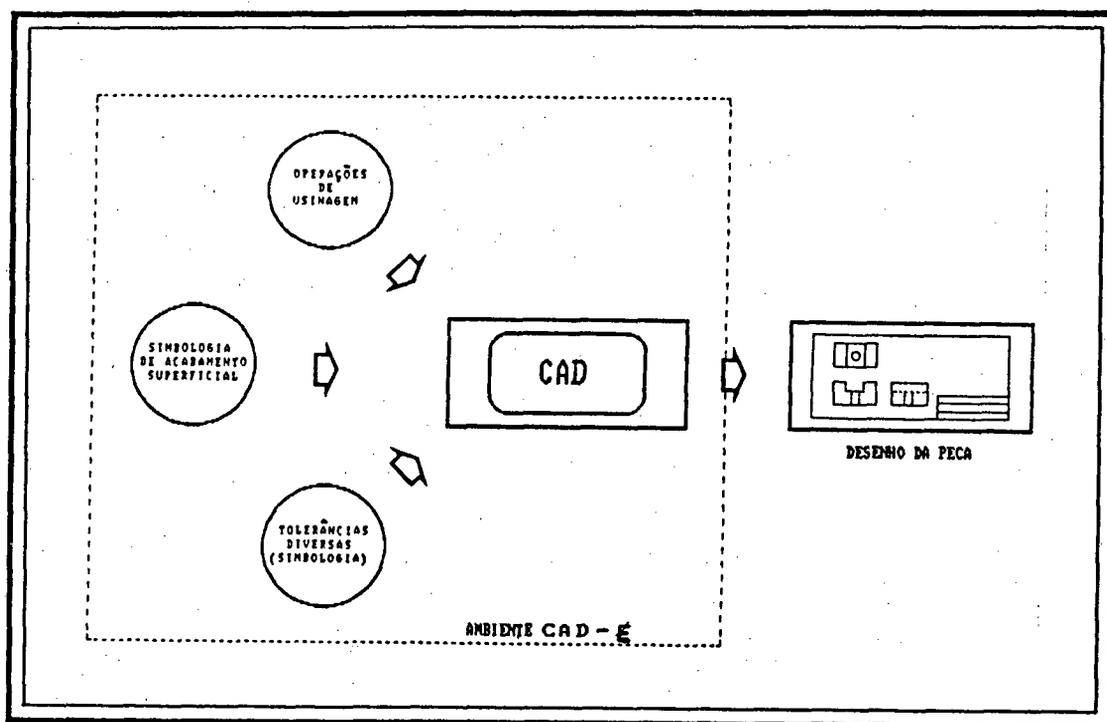


Fig. 5.4 - O ambiente CAD-E

5.3 O Arquivo Intermediário

O arquivo intermediário foi assim denominado pela função que exerce dentro do objetivo do presente trabalho. Sua função está em armazenar os dados tecnológicos, de modo que, a partir dele, possa-se alimentar o programa CAPP, seja ele qual for.

A vantagem de se utilizar a técnica de arquivo intermediário está em dois pontos principais.

1- Como os arquivos gráficos no padrão IGES são extensos, a análise do mesmo leva algum tempo. O volume total de dados que são extraídos do arquivo IGES representam pouco, se comparados ao total de informações ali existentes.

Dessa forma, com o uso do arquivo intermediário, faz-se a varredura do arquivo IGES apenas uma vez. A partir daí qualquer extração de dados será feita no arquivo intermediário, que possui um formato conhecido e com dados relativos aos furos apenas. Isso implica num aumento de velocidade em termos de recuperação de informações.

2 - Fica facilitada a interligação com qualquer programa CAPP, uma vez que o formato conhecido dos dados dentro do arquivo intermediário permite que esses dados sejam lidos e, por sua vez, fornecidos ao CAPP da maneira que este os necessitar. Ver figura 5.5.

Em termos de informações que o arquivo intermediário contém, para cada furo da peça, pode-se citar:

a) aspectos gerais:

- material da peça;

b) aspectos de forma geométrica:

- código do furo;
- diâmetro do furo (se cilíndrico);
- tolerâncias dimensionais de diâmetro;
- profundidade do furo;
- tolerâncias dimensionais de profundidade;
- ângulo de inclinação do furo;
- se é passante;
- ângulo do escareado (se for escareado);
- altura do escareado (se for escareado);
- inclinação da parede (para furos cônicos);
- diâmetro superior (para furos cônicos);
- diâmetro maior (para furos escalonados);
- respectivas tolerâncias dimensionais;
- diâmetro menor;
- respectivas tolerâncias dimensionais;
- diâmetro do furo com rosca;
- tipo de rosca;

c) aspectos relativos a tolerâncias de forma e posição (NBR 6409/80):

- retilidade;
- planicidade;
- circularidade;
- cilíndricidade;
- forma de uma linha;
- forma de uma superfície;
- paralelismo;
- perpendicularismo;
- inclinação;
- posição do elemento;
- concentricidade;
- simetria;
- batimento.

Todas as características cobertas pelo arquivo intermediário estão organizadas em forma de tabela, em disco. A figura 5.6 mostra parte dessa estrutura .

5.4 O Funcionamento do Sistema

Conhecidos o ambiente CAD-E e o arquivo de dados intermediário, abordados nos itens anteriores, pode-se agora partir para a definição do funcionamento do sistema como um todo.

As representações gráficas que ilustram esse capítulo são escritas segundo a técnica "Diagrama de Fluxo de Dados" DFD que vem sendo muito utilizada no modelamento lógico de sistemas.[23]

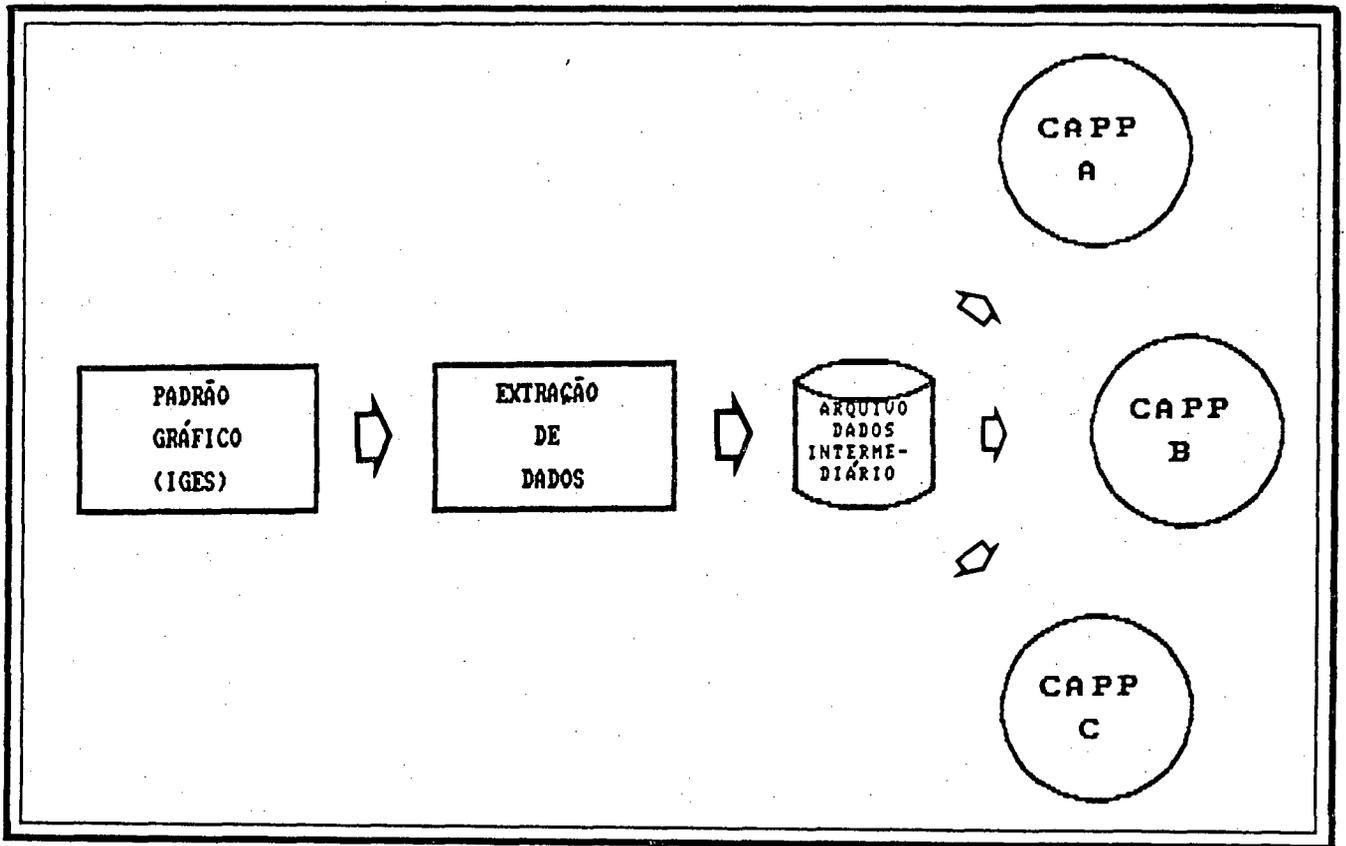


Fig. 5.5 - A flexibilidade do arquivo intermediário

CÓDIGO	DADOS GERAIS		DADOS DIMENSIONAIS				TOL FORMA E POSIÇÃO				
	CARACT.	MATERIAL	TIPO DE FURO	TOL DIAM +	TOL DIAM -	TOL PROF. +	TOL PROF. -	TOL CIRCULA.	TOL POSIÇÃO ELEM.	TOL BATIMENTO	---
N-1											
N-2											
N-3											
⋮											
⋮											
N-N											

Fig. 5.6 - A estrutura do arquivo intermediário

5.4.1 O Sistema

O sistema basicamente é dividido em duas partes distintas:

A primeira se refere ao ambiente CAD-E, trabalhando junto ao próprio ambiente CAD. A segunda se refere ao CAPP propriamente dito, suas entradas e suas saídas. Entre essas duas partes, fazendo o trabalho de ligação, está o arquivo intermediário. A figura 5.7 mostra o sistema como um todo.

Embora o arquivo IGES contenha todos os dados extraídos e armazenados no arquivo intermediário, não se optou por uma extração direta. Isso porque construiu-se uma estrutura com dados importantes apenas ao planejamento do processo. Com isso, visou-se ganhar tempo, já que a análise de um arquivo tipo IGES é complexa e exige tempo. Esse problema é amenizado com a utilização do arquivo intermediário, por possuir uma estrutura simples e totalmente dedicada ao CAPP.

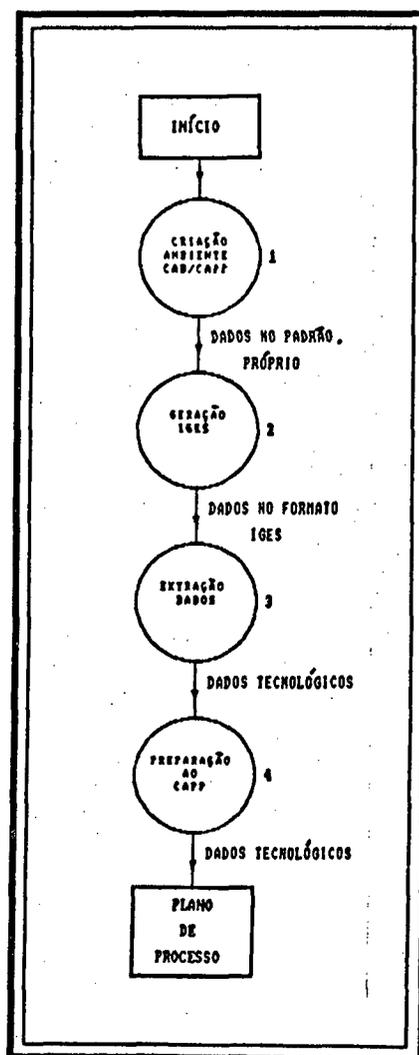


Fig. 5.7 - O sistema

Fazendo a explosão dos diversos pontos de processamentos tem-se:

1 - Criação do Ambiente CAD-E

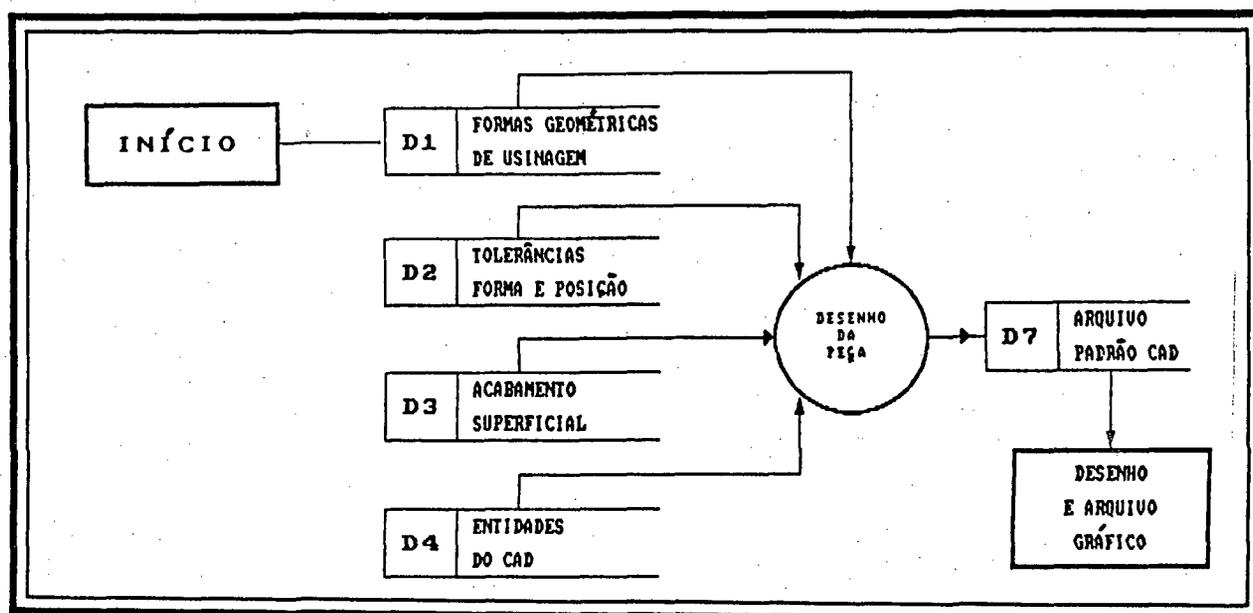


Fig. 5.8 - A criação do ambiente CAD-E

2 - Geração do Arquivo IGES

Nesse nível é feita, de modo transparente, a conversão do desenho da peça, do padrão gráfico particular do sistema CAD, para o padrão IGES. Essa etapa é executada pelo próprio sistema CAD.

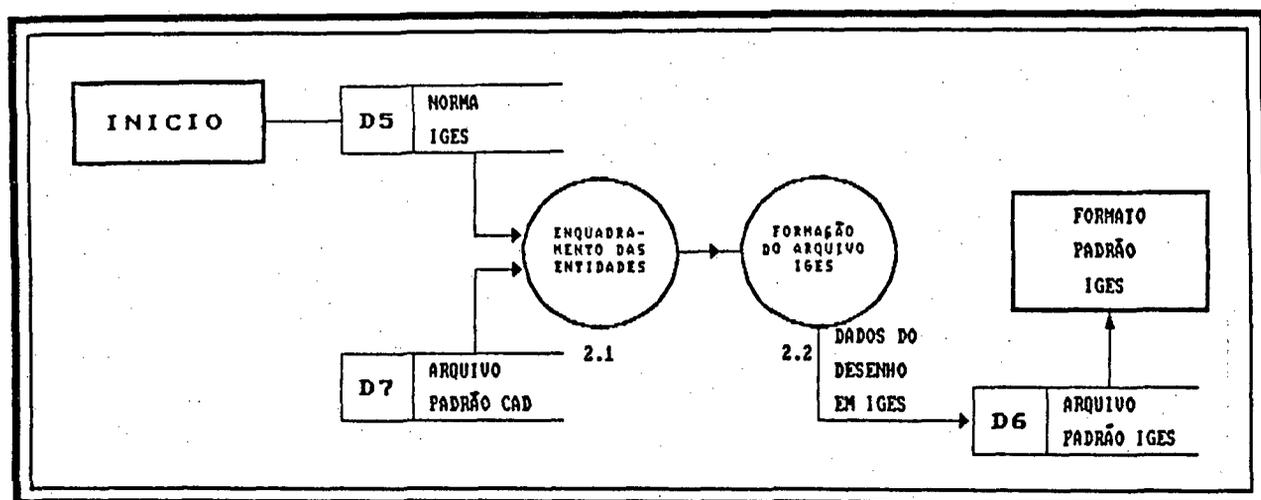


Fig. 5.9 - Geração do arquivo IGES

3 - A Extração de Dados

Por meio da análise do arquivo IGES são extraídos os dados interessantes ao CAPP. Esses dados são então armazenados no arquivo intermediário.

4 - A Preparação do CAPP

Cada CAPP tem uma forma particular de entrada de dados. Nessa etapa, os dados armazenados no arquivo intermediário, são lidos e fornecidos ao CAPP da maneira que este exigir.

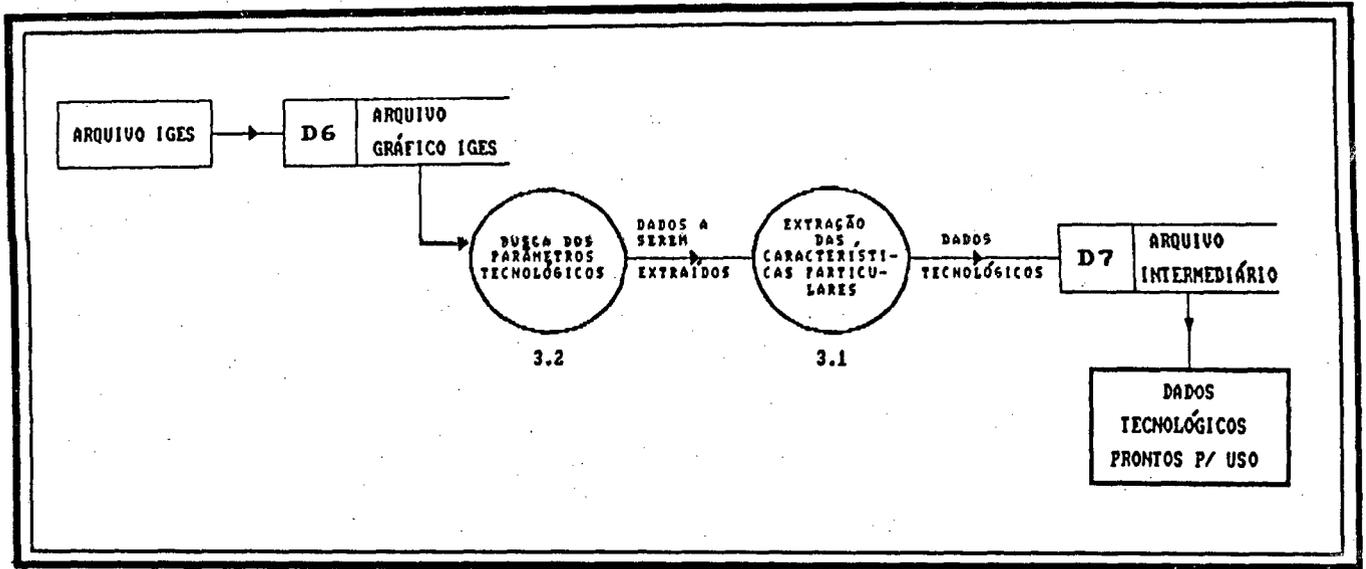


Fig. 5.10 - A extração de dados

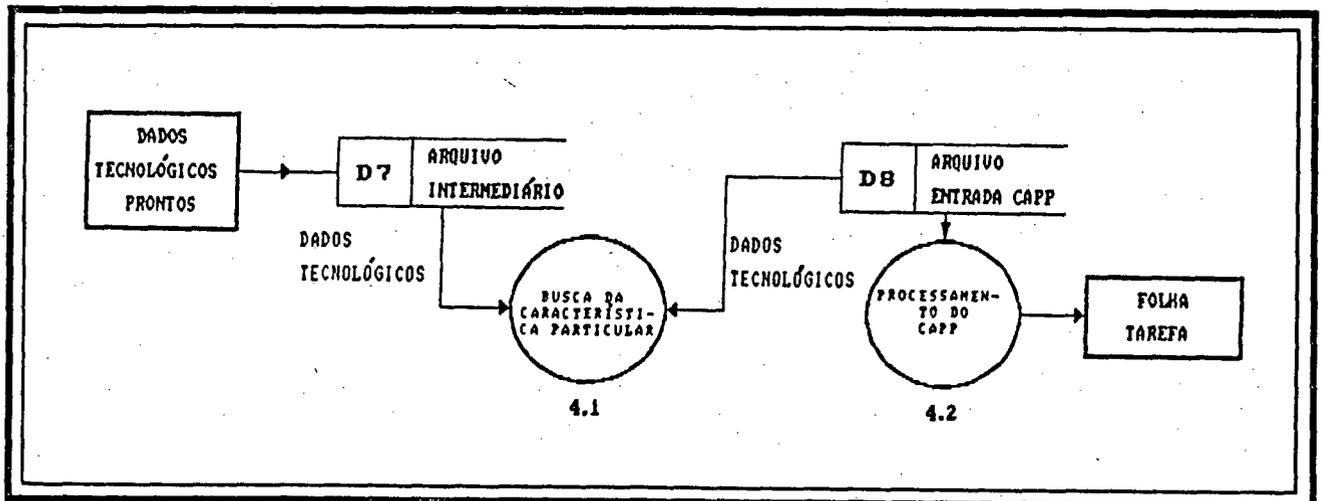


Fig. 5.11 - A preparação dos dados

6 - IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo será abordada mais profundamente a solução proposta para a viabilização da integração CAD/CAPP. Primeiramente será detalhado o ambiente CAD-E, construído para o processo de furação. Em seguida será apresentado o sistema desenvolvido, através da construção de um exemplo. Será mostrado então o arquivo gráfico referente ao exemplo, tanto na forma padrão do CAD como na forma IGES. Por fim, será feita a análise dos arquivos gráficos mencionados, extraíndo dos mesmos os dados tecnológicos relativos à furação de um projeto mecânico completo, constatando desse modo a viabilidade da solução proposta.

6.1 - AMBIENTE CAD-E PARA FURAÇÃO

Como foi descrito no capítulo 5, o ambiente CAD-E cria os meios necessários à integração CAD/CAPP, ou seja, a extração dos dados tecnológicos para serem utilizados pelo programa CAPP. Na furação, o ambiente CAD-E é formado por entidades como furos em corte, tolerâncias de forma e posição, tolerâncias dimensionais e símbolos de acabamento superficial.

6.1.1 - Representação de Furos

O fato de se representar os furos contidos em uma peça em corte, não é casual. Esse tipo de representação nos permite identificar o tipo de furo, bem como facilita a detecção de suas características geométricas como diâmetros, profundidades, rasgos, presença de roscas, etc., de características tecnológicas como tolerâncias dimensionais, tolerâncias de forma e posição, além de níveis de acabamento superficial.

Nos dias de hoje, a representação em corte se tornou linguagem bastante utilizada na representação de furos em peças mecânicas, principalmente quando estes forem de geometria não convencional. Isso levou à criação de entidades denominadas "furos em corte", dentro do ambiente CAD-E. Esse procedimento obedece a solução proposta de se criar o furo como uma entidade completa, com características próprias. A figura 6.1 mostra uma peça com a representação do furo, em corte.

Embora a maior parte dos furos existentes nas peças usinadas sejam cilíndricos [24], criou-se, além do furo cilíndrico, outras cinco entidades com o objetivo de cobrir toda a possível gama de furos que se deseja incluir no desenho de uma peça. São eles o furo cilíndrico, o furo escareado, o furo escalonado, o furo cônico, o furo para rosca, e o furo qualquer.

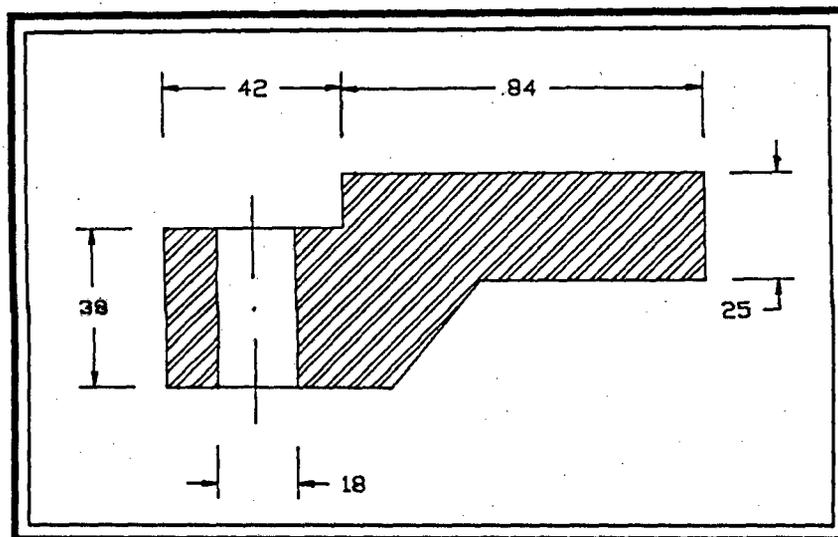


Fig. 6.1 - Representação de furos em corte

O que permitiu a criação dessas entidades, bem como das outras entidades, foi o fato, já mencionado, de que os sistemas CAD existentes atualmente, permitem que sejam criados comandos adicionais à eles, aumentando com isso suas potencialidades. Para cada tipo de furo foi criado um novo comando no CAD, o qual tem como entrada as características do furo em questão, tendo como saída o desenho do furo em corte na posição determinada pelo usuário.

A ferramenta fornecida pelos sistemas CAD para a criação desses novos comandos é uma linguagem de programação. Cada sistema CAD trabalha com uma linguagem própria. No caso do sistema CAD utilizado nesse trabalho, essa linguagem é uma adaptação da linguagem LISP, denominada AUTOLISP [25,26,27,28].

6.1.2 A criação de comandos

A criação dos comandos é baseada na linguagem de programação citada anteriormente e permite aumentar as potencialidades dos sistemas CAD, adequando-os à sua área de utilização. Esses comandos são então somados aos comandos básicos existentes no CAD, como mostra a figura 6.2.

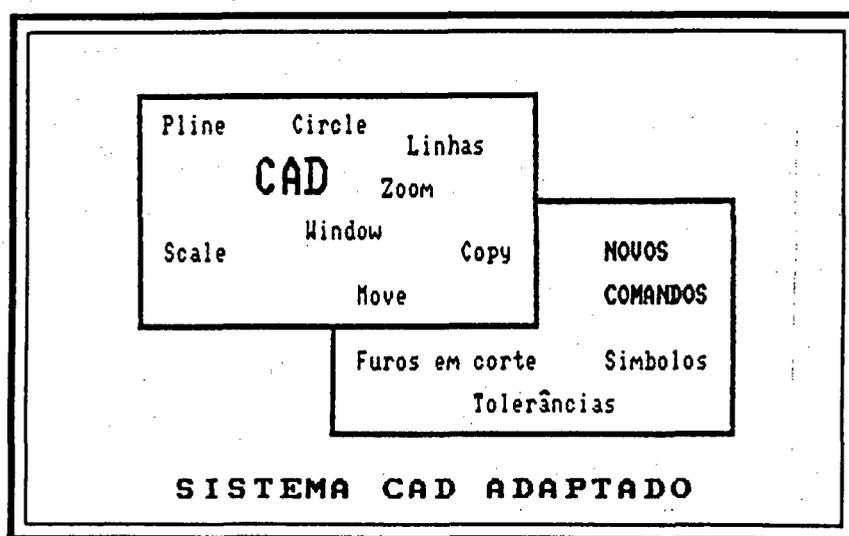


Fig. 6.2 - A criação de novos comandos

São esses programas que permitem que o usuário forneça os dados específicos de cada tipo de furo, por meio de diálogo com o computador. Esses dados como diâmetros, profundidades, ângulos, raios e outros, são valores assumidos por variáveis que são então trabalhados matematicamente, gerando outras variáveis secundárias. Essas, por sua vez, são utilizadas para alimentar os comandos como linhas, arcos, etc.,

que definirão o elemento furo em corte.

Com essa linguagem de apoio, cria-se um gerenciador que irá registrar os dados de entrada, processá-los, e em seguida utilizar essas variáveis como entrada para comandos usuais do CAD, como mostra a figura 6.3.

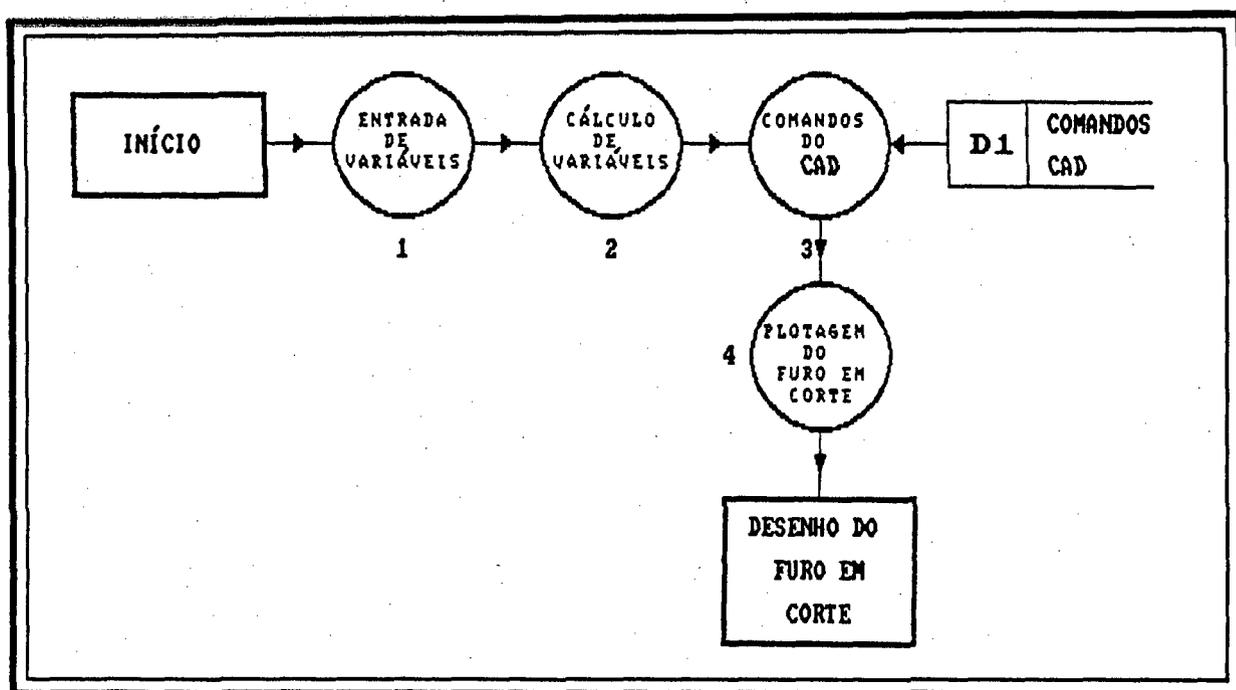


Fig. 6.3 - O programa gerenciador

Como pode ser visto, a atuação do usuário se dá apenas no momento do fornecimento de alguns dados de entrada, sendo que todos os cálculos e utilização efetiva dos comandos do CAD são efetuadas pelo programa gerenciador.

No sistema desenvolvido, os comandos criados envolvem, basicamente, seis tipos de furos, comumente utilizados no universo da usinagem. Seguindo a mesma linha de raciocínio da figura 6.3, são agora descritos esses comandos criados com o

intuito de viabilizar a integração CAD/CAPP.

a) o furo cilíndrico

Na definição do furo cilíndrico são necessários algumas informações, que são fornecidas pelo usuário ao sistema.

- * código que se deseja dar ao furo
- * diâmetro do furo
- * profundidade do furo
- * localização do furo
- * inclinação do furo
- * se o furo é passante ou não

Após o fornecimento dessas variáveis, o furo cilíndrico correspondente é desenhado em corte. A figura 6.4 mostra as duas possíveis situações: passante e não passante.

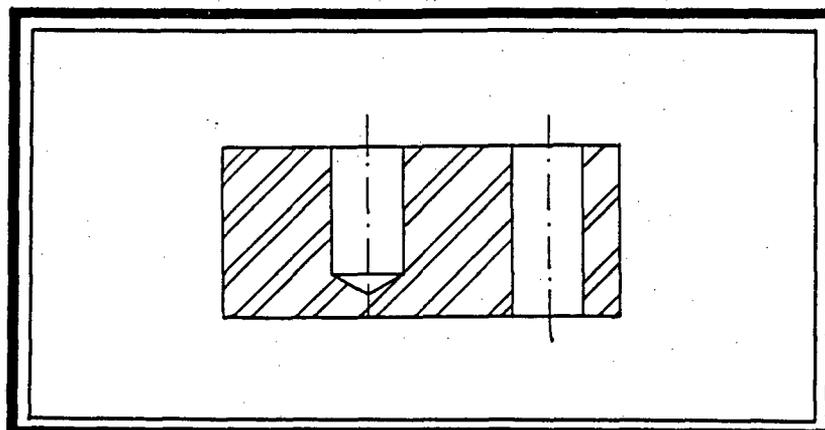


Fig 6.4 - O furo cilíndrico

b) o furo escareado

O furo do tipo escareado é basicamente o mesmo furo cilíndrico, apenas com o detalhe de possuir a aresta superior substituída por um chanfro, que na maioria dos casos é de 45°.

Para o furo escareado, o usuário fornece os seguintes dados de programa:

- * código do furo
- * diâmetro
- * profundidade
- * ângulo do escareado
- * se o furo é passante ou não
- * inclinação do furo
- * localização do furo

A figura 6.5 mostra o resultado obtido com a utilização desse comando.

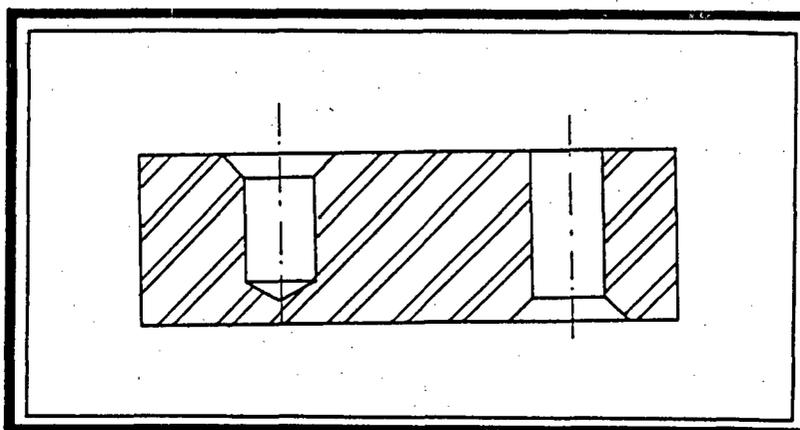


Fig. 6.5 - O furo escareado

c) o furo escalonado

É um tipo de furo que tem sua maior aplicação nos casos em que se deseja embutir por exemplo, a cabeça de um parafuso. Os dados fornecidos pelo usuário são:

- * código do furo
- * diâmetro maior
- * profundidade do diâmetro maior
- * diâmetro menor
- * profundidade do diâmetro menor
- * inclinação do furo
- * se é passante ou não
- * localização do furo

A figura 6.6 representa o comando "furo escalonado", após sua utilização:

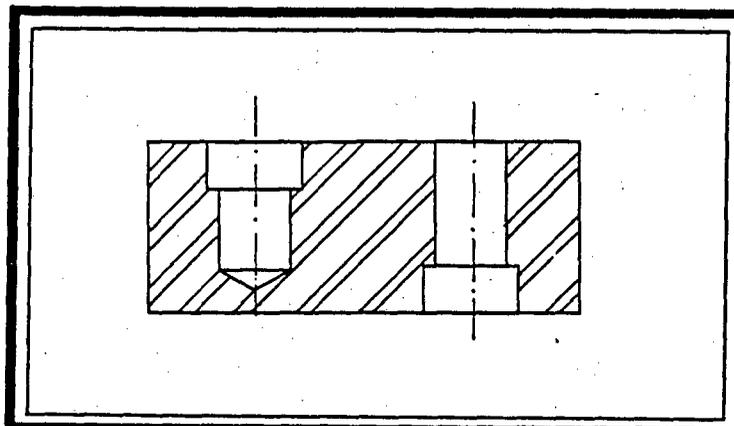


Fig. 6.6 - O furo escalonado

d) o furo cônico

Possui um campo de aplicação um tanto restrito (roscas vedadoras, pinos cônicos, etc.). As características fornecidas pelo usuário são:

- * código
- * diâmetro superior do furo
- * ângulo de indicação da parede
- * indicação do furo na peça
- * profundidade
- * localização do furo

Como resultado da aplicação do comando tem-se um exemplo mostrado na figura 6.7:

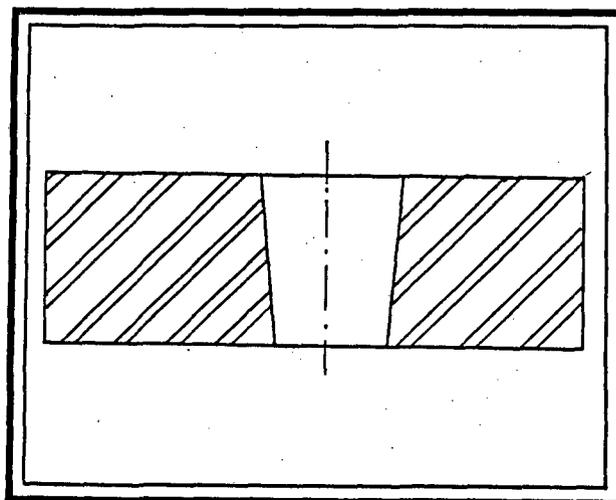


Fig. 6.7 - O furo cônico

e) o furo de preparação para rosca

Esse furo nada mais é do que um furo cilíndrico que contém uma rosca interna. Nesse caso, os parâmetros de entrada do comando são:

- * código
- * profundidade
- * tipo de rosca
- * diâmetro da rosca
- * inclinação do furo na peça
- * se é passante ou não
- * localização

A figura 6.8 esclarece o furo em questão:

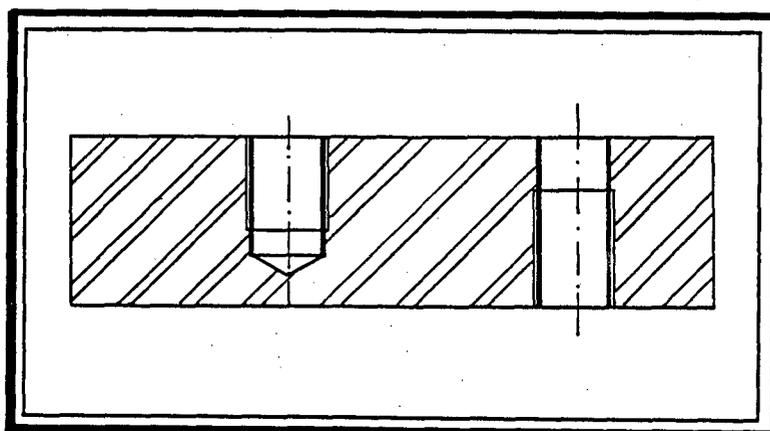


Fig. 6.8 - O furo preparação para rosca

f) o furo qualquer

O furo qualquer, como o próprio nome já diz, foi criado para atender às mais diversas necessidades em termos de furos. Sua forma é flexível, ou seja, o usuário constrói seu furo a partir de elementos básicos que estão mostrados na figura 6.9

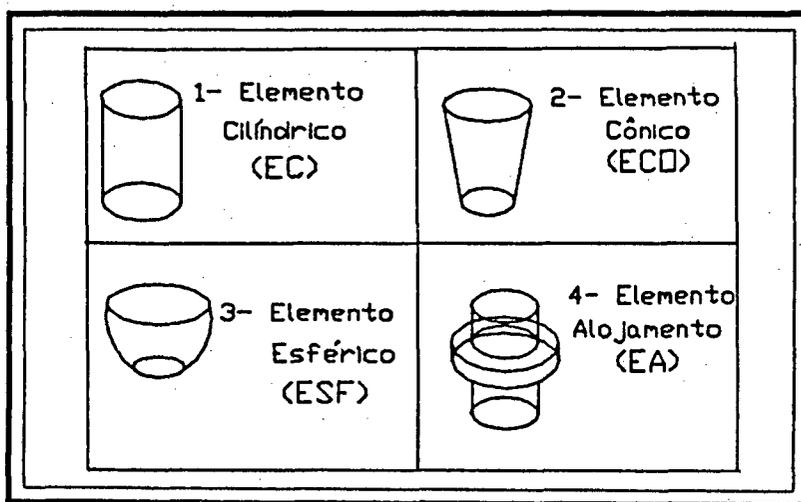


Fig. 6.9 - Os elementos do furo qualquer

Para cada elemento o programa exige algumas características preliminares:

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1 - Elemento cilíndrico | * diâmetro |
| | * profundidade |
| 2- Elemento cônico | * diâmetro superior |

* ângulo inclinação

* profundidade

3 - Elemento esférico

* diâmetro superior

* raio de curvatura

4 - Elemento alojamento

* largura do alojamento

* altura do alojamento

Com a união aleatória desses quatro elementos, pode-se construir furos os mais singulares, conforme mostra a figura 6.10:

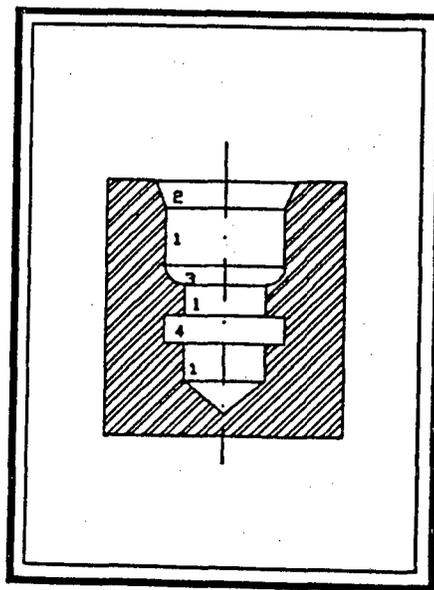


Fig. 6.10 - O furo qualquer

6.1.3 - OS SÍMBOLOS DE ACABAMENTO SUPERFICIAL

O sistema possui uma biblioteca de símbolos de acabamento superficial que pode ser acessada a qualquer momento pelo usuário, para utilização no desenho. Cada símbolo utilizado é acompanhado de informações que determinam a entidade ao qual o mesmo está sendo aplicado. Esse fato permite a posterior identificação no arquivo gráfico da peça. A figura 6.11 mostra o seu fluxo de funcionamento.

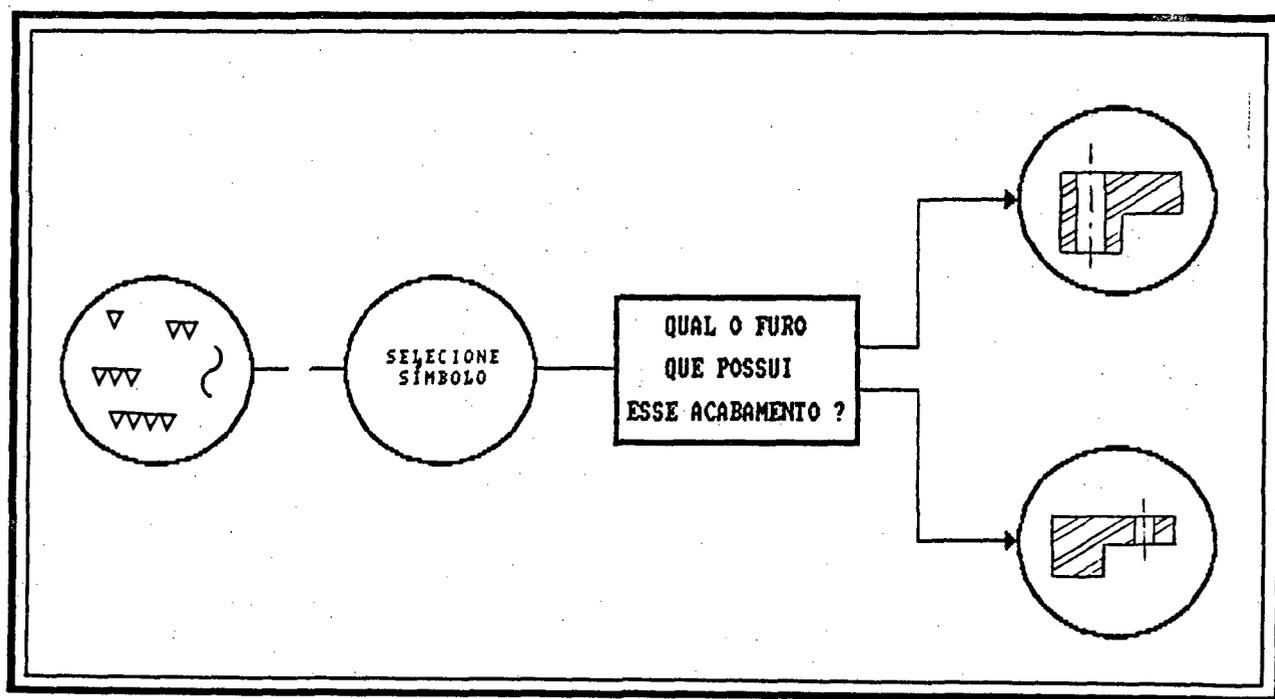


Fig. 6.11 - A simbologia de acabamento superficial

6.1.4 SÍMBOLOS DE GRAU DE RUGOSIDADE

Da mesma forma descrita no item 6.1.3, os símbolos de grau de rugosidade, ao serem utilizados, possuem uma definição geométrica, automática, e uma definição não geométrica feita pelo operador. Essa definição não geométrica inclui características como código do furo que receberá o símbolo, rugosidade superficial (Ra), processo de fabricação e outras características previstas pela norma NBR 6405/88. Com isso, o símbolo grau de rugosidade fica completo, tornando possível a extração das características dos furos com relação ao grau de rugosidade, quando da análise do arquivo gráfico.

6.1.5 TOLERÂNCIAS DE FORMA E POSIÇÃO

A simbologia das tolerâncias de forma e posição estão todas independentemente definidas em uma biblioteca de símbolos. Ao se utilizar dessa simbologia, o operador fornece ao programa dados como o código do furo que se relaciona com a tolerância, o valor da tolerância e a referência, quando necessária. Para a utilização da tolerância de concentricidade, por exemplo, o operador seleciona a tolerância de CONCENTRICIDADE, e o programa pergunta pelo valor da tolerância, pela referência com a qual a mesma se refere além do código do furo sobre o qual a tolerância está atuando.

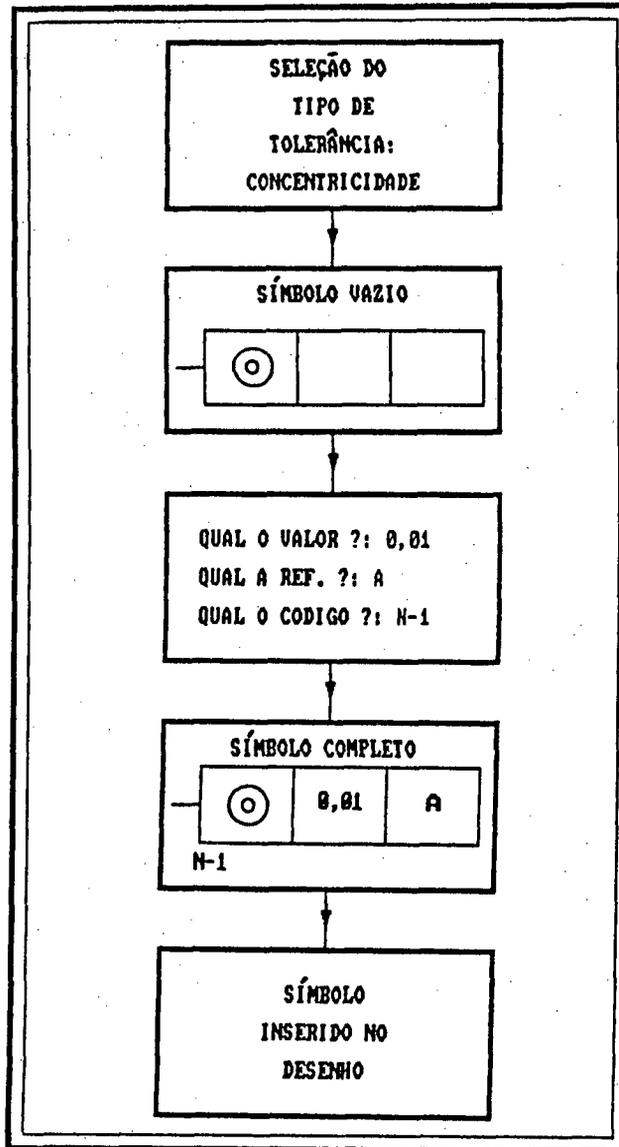


Fig. 6.12 - Tolerâncias de forma e posição

Da mesma forma que nos casos anteriores, esse procedimento garante a extração eficiente dos dados relacionados à tolerâncias de forma e posição, do arquivo gráfico.

6.1.6 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

Dentro das características importantes a serem consideradas na criação de um bom plano de processo estão as tolerâncias dimensionais. As tolerâncias dimensionais desenvolvem o papel de estabelecer limites dimensionais que irão colocar a peça dentro dos padrões de projeto e funcionalidade exigidos.

No caso de furo, as tolerâncias dimensionais se aplicam ao diâmetro e à profundidade.

Nos furos em corte considerados pelo sistema de integração CAD/CAPP proposto, as tolerâncias dimensionais são levantadas através de um diálogo usuário-sistema. Uma rotina que permite ao usuário definir as tolerâncias dimensionais, tanto de diâmetro como de profundidade, está presente no programa que cria a entidade furo em corte (6.1.1).

Na figura 6.13 é mostrado o fluxo de informações para a entrada de tolerâncias dimensionais.

6.1.7 OS BLOCOS DE CARACTERÍSTICAS

Para garantir que as características fornecidas pelo usuário em qualquer uma das etapas definidas até o momento permaneçam armazenadas, foram criados blocos específicos que têm a função de arquivar de maneira adequada tais informações, agrupando-as devidamente de modo que seja facilitada a análise e extração posterior desses dados junto ao arquivo

gráfico.

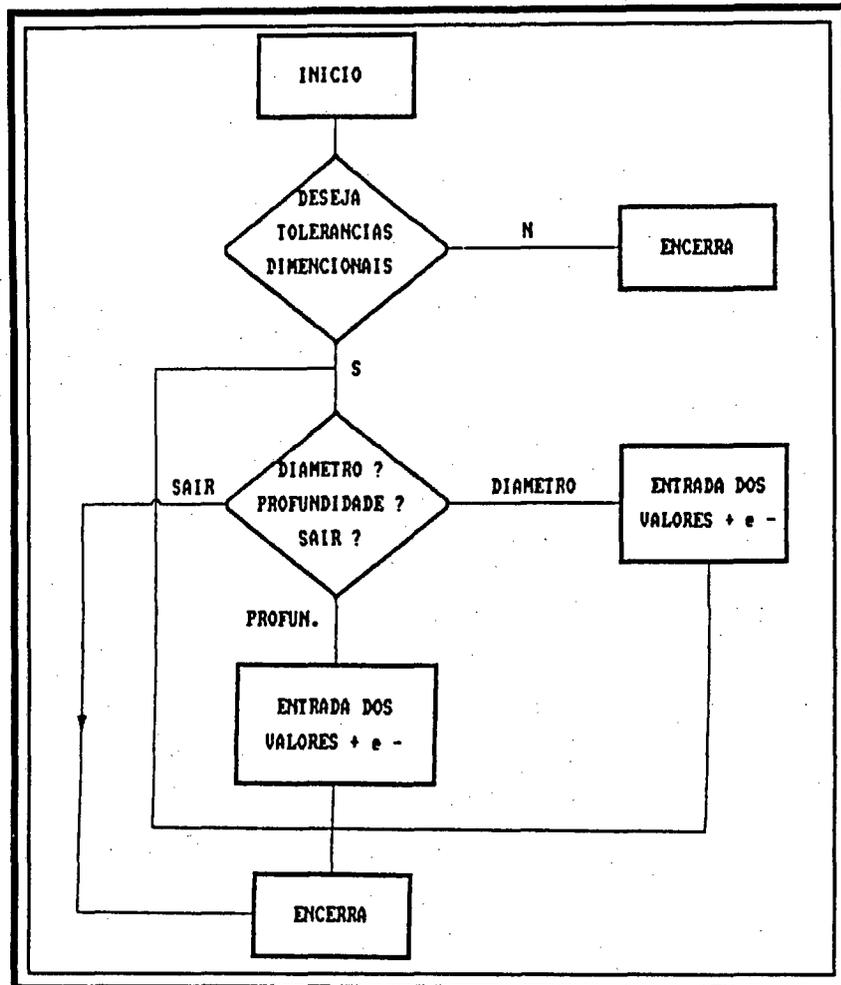


Fig. 6.13 - Tolerâncias dimensionais

Para possibilitar o armazenamento das características que definem os furos em corte, criou-se blocos para as entidades furo em corte, símbolos de acabamento superficial, tolerâncias de forma e posição e tolerâncias dimensionais. O programa que gerencia a criação do furo em corte possui uma etapa em que dados como diâmetro, profundidades, ângulos, raios, etc. são armazenados em seu respectivo bloco. Simbo-

logias de acabamento superficial e todos os tipos de tolerâncias seguem a mesma operação. Para clarificar essa metodologia, o exemplo da figura 6.14 foi montado. A peça está desenhada em corte e possui dois furos cilíndricos com características particulares.

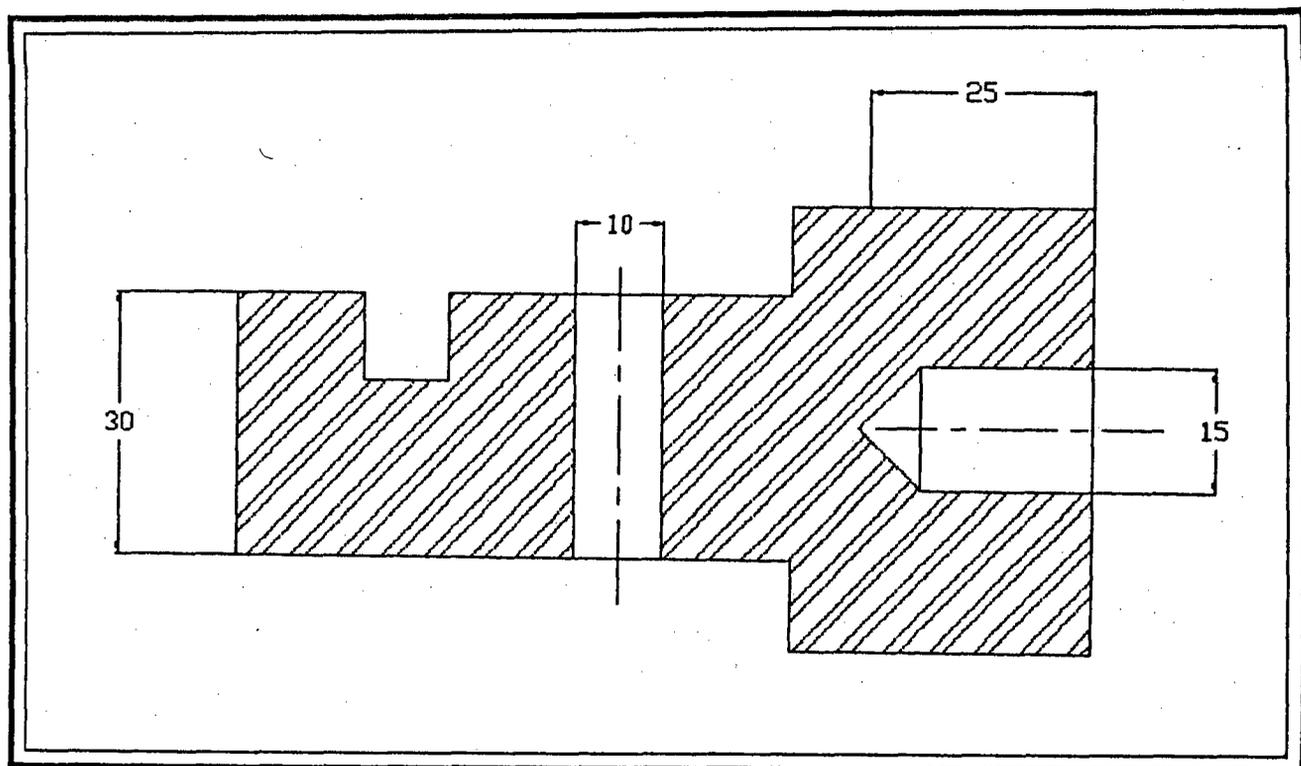


Fig. 6.14 - Um exemplo

O arquivo gráfico que representa essa peça conterà dois blocos que, por sua vez, irão conter as características dos furos de modo ordenado e bem definido.

Quando da análise do arquivo gráfico, será possível extrair essas características e informá-las ao programa CAPP, permitindo que o mesmo forneça o plano de execução da peça, com relação à furação.

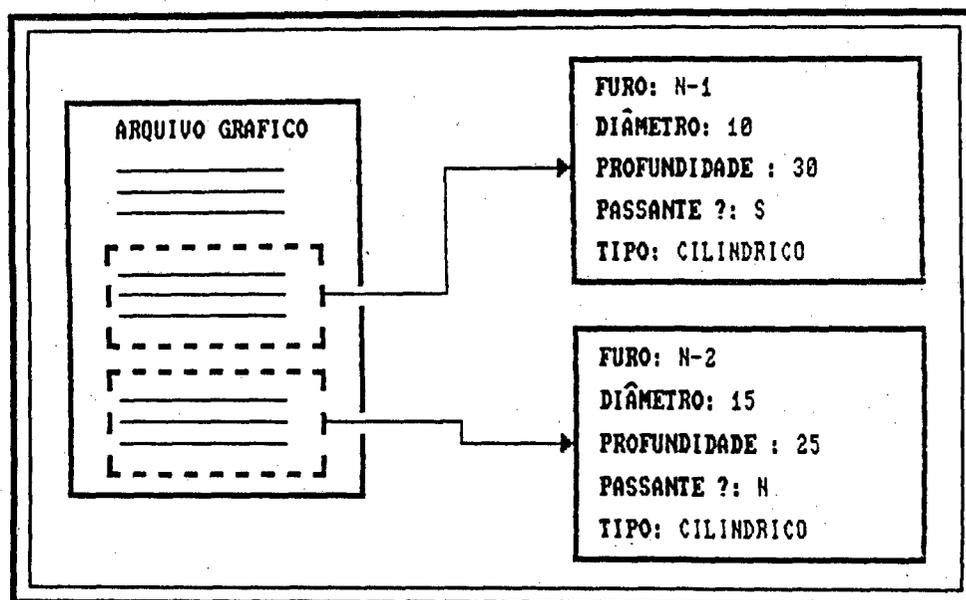


Fig. 6.15 - Os dados no arquivo gráfico

6.1.8 - O ACESSO AOS COMANDOS

Dentro da formação do ambiente CAD-E, foram criados "menus" com o objetivo de dinamizar o processo de escolha dos comandos, pelo usuário. O programa CAD utilizado permite, através de uma sintaxe simples, que se construa "menus" auxiliares. Na tela, esses "menus" estão situados do lado direito do usuário, como mostra a figura 6.16.

No caso da furação, foi criado junto ao "menu" principal do programa CAD um submenu chamado "MENUAPP". Ao acionar esse comando o usuário entra automaticamente no ambiente CAD-E.

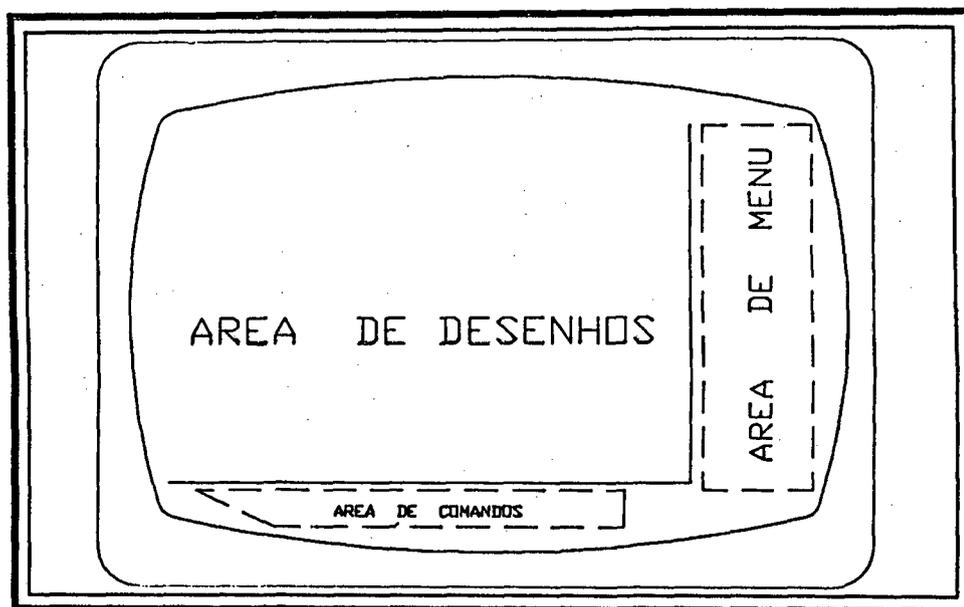


Fig. 6.16 - As áreas de "menus"

Nesse ambiente ele encontrará todas as entidades discutidas anteriormente como furos em corte, tolerâncias de forma e posição e simbologia de acabamento superficial. A forma de construção desses arquivos geradores de menu está detalhado em [27,28].

A figura 6.17 mostra o ambiente CAD-E à nível de "menus" para tolerâncias e acabamento superficial.

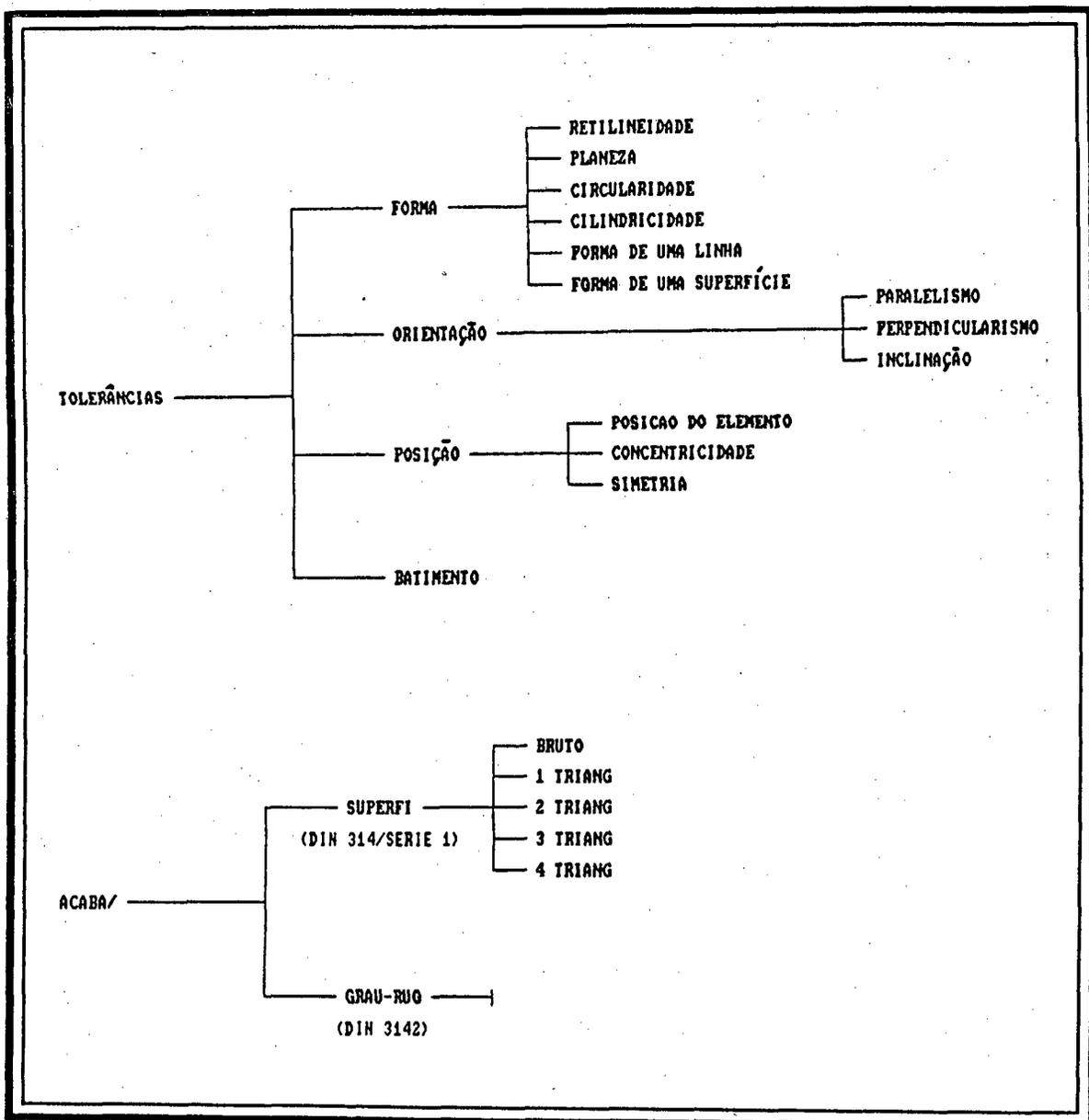


Fig. 6.17 - Os "menus"

6.1.9 Os "MENUS" GRÁFICOS

O menu gráfico são recursos utilizados no sentido de auxiliar o usuário na escolha de suas opções. Esse procedimento faz com que o operador tenha mais segurança ao escolher o tipo de furo que deseja. Feita a escolha o menu gráfico desaparece, retornando o desenho que vinha sendo edita-

do até aquele momento.

A figura 6.18 mostra o menu gráfico para furação.

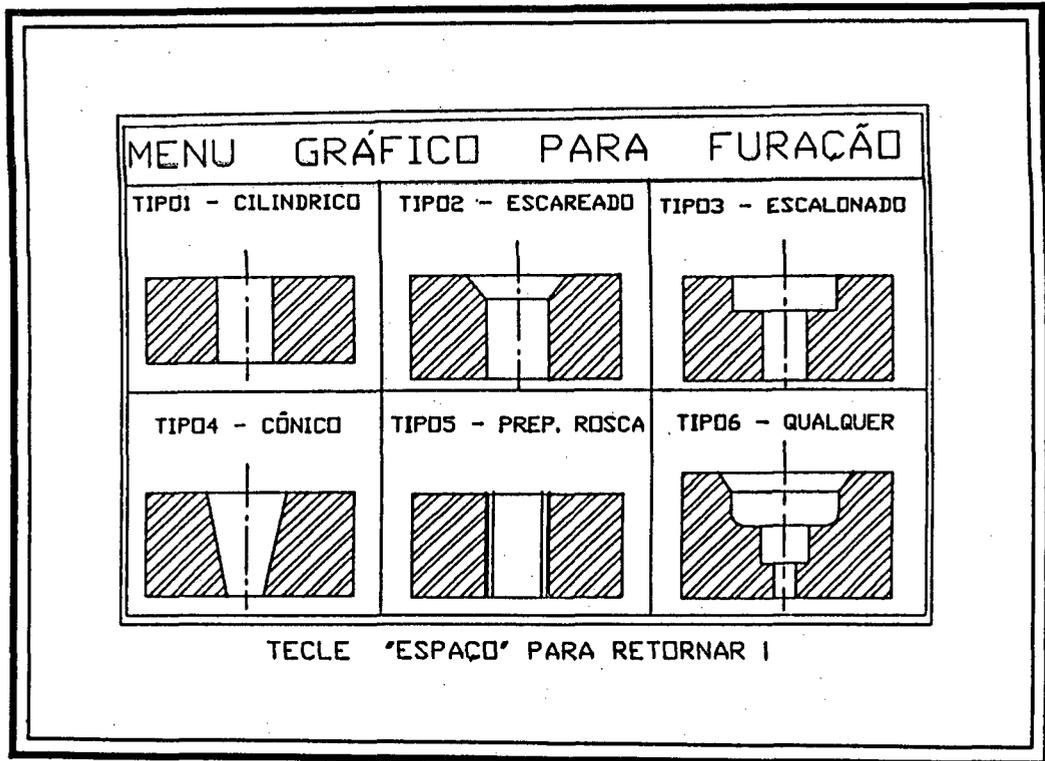


Fig. 6.18 - Menu gráfico para furação

No caso do uso do furo tipo qualquer, como foi visto no ítem 6.1.2, existe a opção "menu" que traz ao usuário um menu gráfico, semelhante ao menu de furos, onde são detalhados os quatro elementos que compõe um furo qualquer. Esse menu de elementos está na figura 6.19.

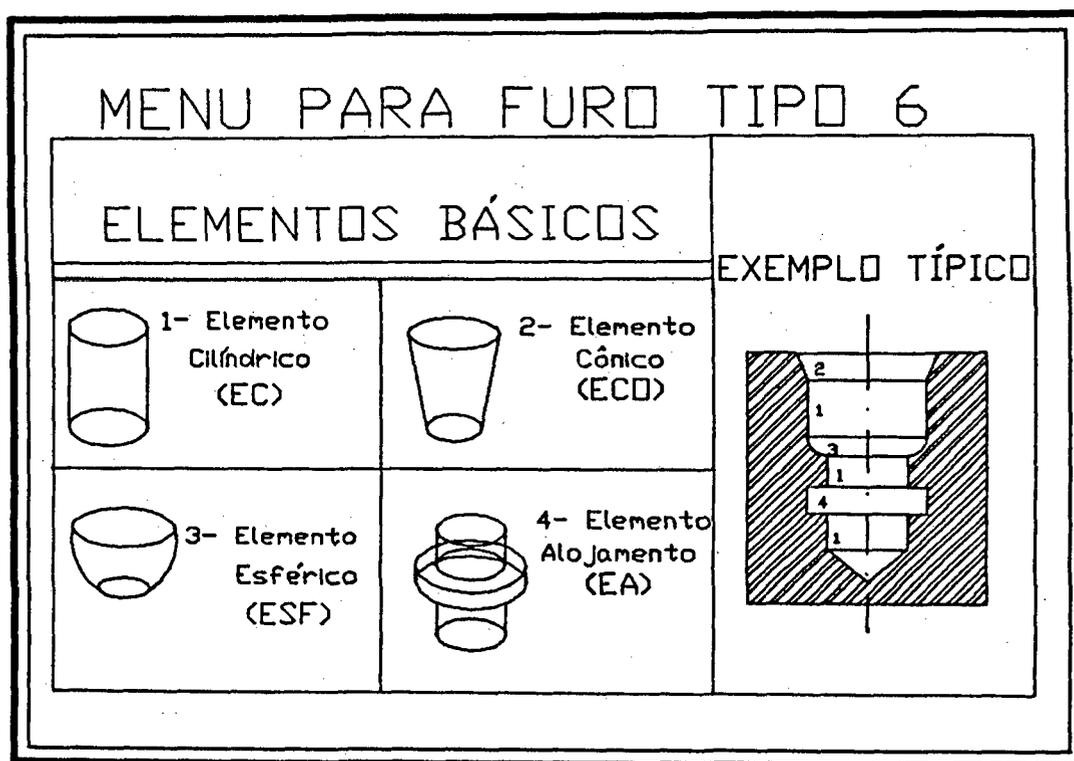


Fig. 6.19 - Menu de elementos do furo qualquer

6.2 - A OPERAÇÃO DO PROGRAMA

Para mostrar o funcionamento do ambiente CAD-E, juntamente com o CAD, será construído agora um exemplo, desde desenho da peça até a extração dos dados relativos à furação. Com isso serão abordadas todas as etapas que compõe o ambiente CAD/CAPP, mostrando todo o seu funcionamento.

A peça objetivo desse exemplo está mostrada na figura 6.20.

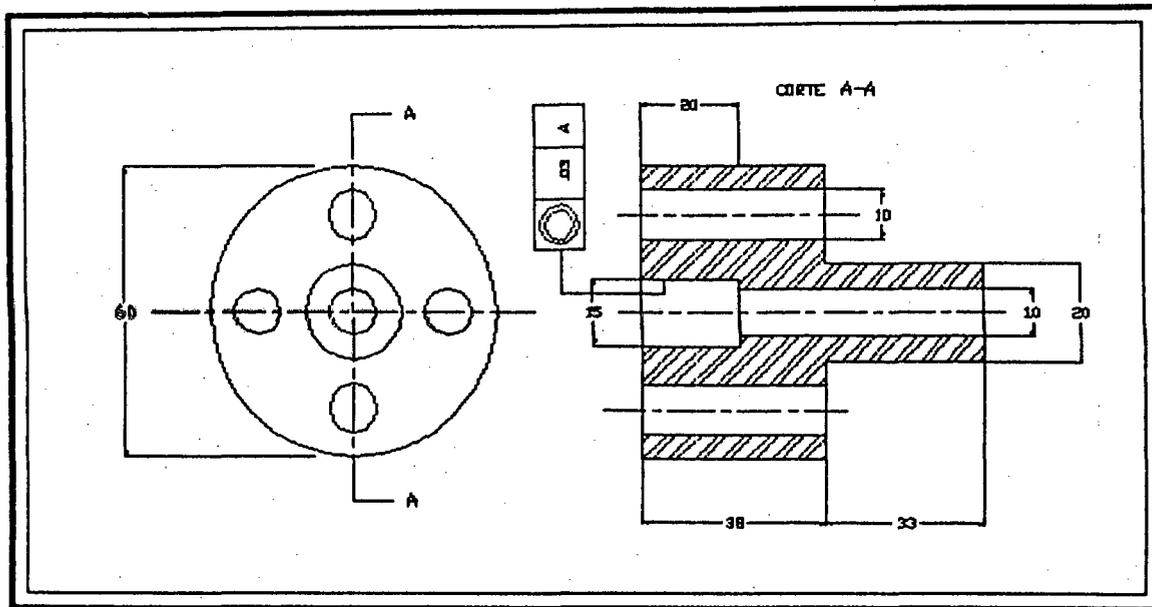


Fig. 6.20 - A peça exemplo

Inicialmente, no ambiente normal do CAD, desenha-se a peça com comandos do tipo "LINE", "ARC" E "MIRROR". Estas etapas são mostradas na figura 6.21.

A próxima etapa consiste nos desenhos dos furos em corte. Para tanto, entra-se no ambiente CAD-E através do "menu", com o cursor apontado em "MENCAPP", como mostra a figura 6.22.

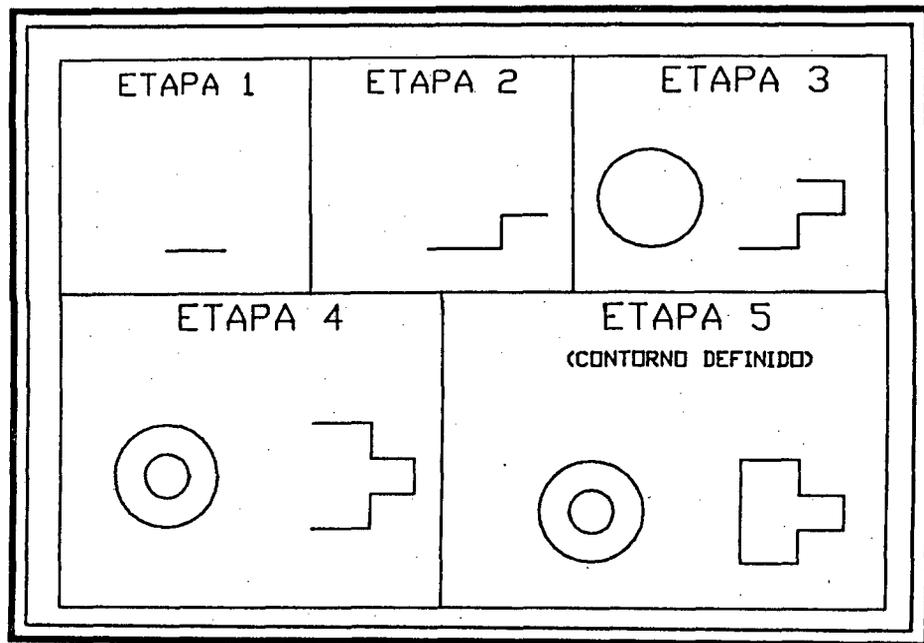


Fig. 6.21 - Desenho do contorno da peça

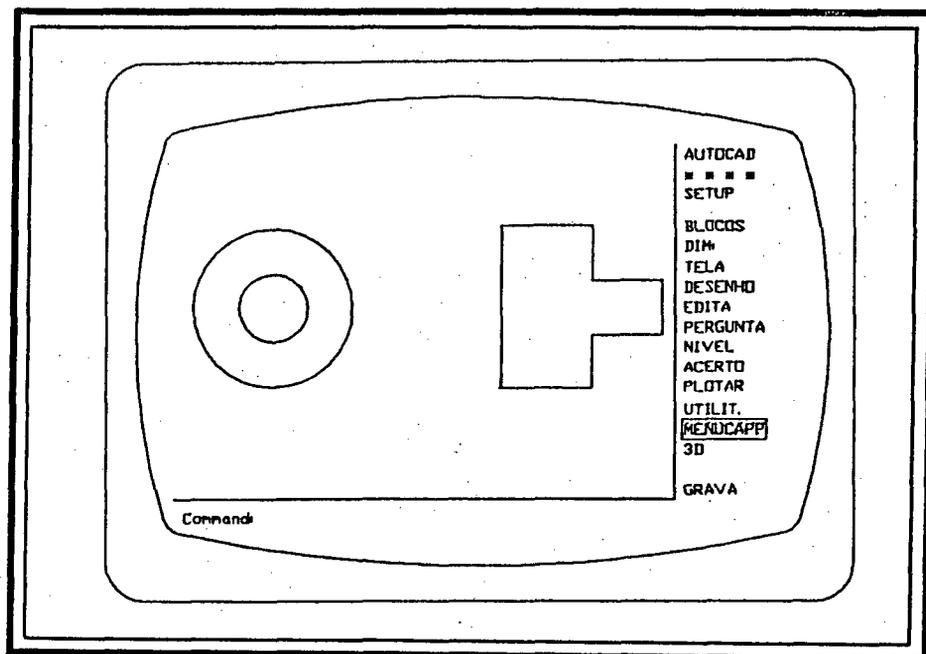


Fig. 6.22 - Entrando no ambiente CAD-E

O menu típico do ambiente CAD-E é mostrado em 6.23.

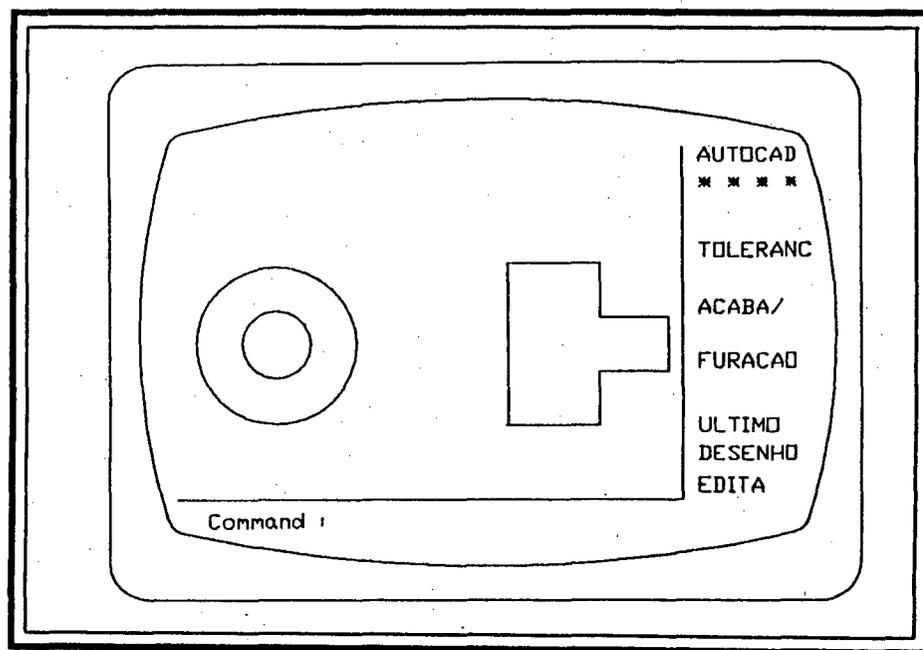


Fig. 6.23 - O menu do ambiente CAD-E

Para desenhar os furos em corte, seleciona-se o módulo de furação, colocando o cursor sobre "FURACAO" e confirmando com "ENTER". A tela agora possui um "menu" relativo à furação, como mostra a figura 6.24.

A peça possui um furo escalonado central. Para construí-lo basta que selecione-se a opção "escalonado" por meio de cursor e confirmando com "ENTER". O comando que introduz o comando "furo escalonado" será então ativado e iniciará o diálogo com o operador, no qual serão informadas as características necessárias para a construção desse furo escalonado.

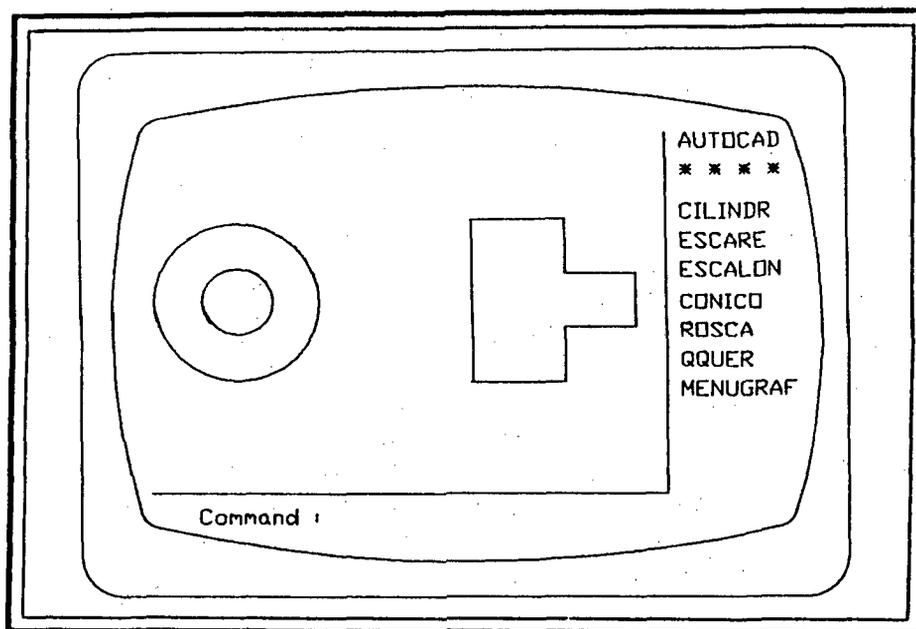


Fig. 2.24 - Menu relativo à furação

Essas informações compreendem nesse caso:

- * Local de inserção do furo: ponto marcado com +
- * diâmetro maior: [10.00]
- * profundidade maior: [55.44]
- * tolerâncias dimensionais de diâmetro: [0.00]
- * diâmetro menor: [10.00]
- * altura do rebaixo: [20.00]
- * tolerâncias dimensionais de profundidade: [0.00]
- * se o furo é passante: [SIM]
- * ângulo de giro em relação à vertical: [90.00]
- * código do furo: [N-1]

Esse diálogo ocorre na parte inferior da tela, denominada de "rodapé".

Após essas informações serem fornecidas, o programa desenha no local determinado o furo escalonado em corte, com base nas dimensões fornecidas pelo usuário. A tela agora irá apresentar o aspecto da figura 6.25.

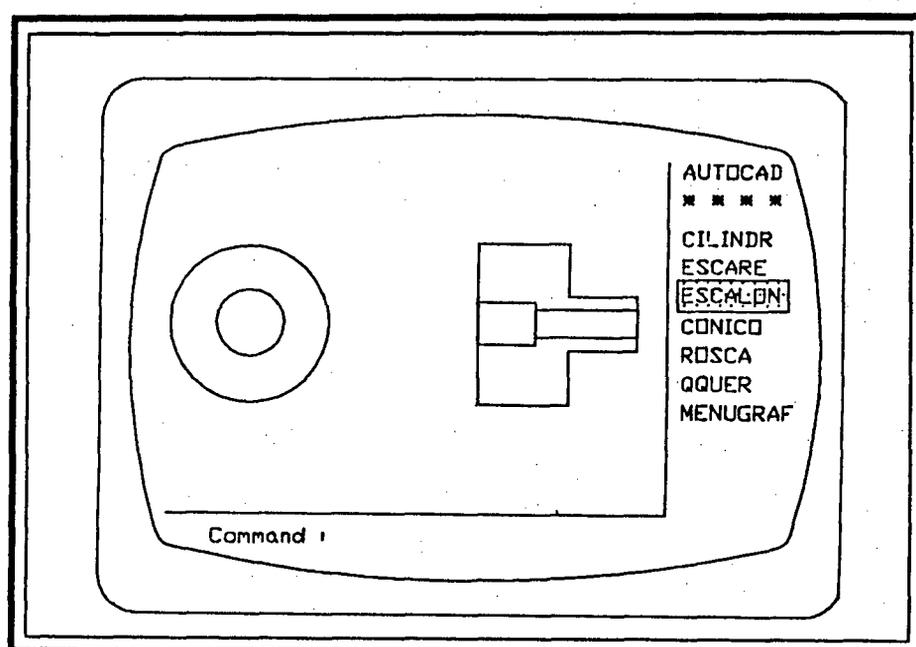


Fig. 6.25 - O furo escalonado

Parte-se agora para o desenho dos quatro furos cilíndricos do flange. Para isso, seleciona-se a opção "CILINDRI". O comando correspondente será acionado e iniciará o diálogo pelo qual serão informadas ao programa as características de cada furo cilíndrico. São elas:

* localização do furo:

- * diâmetro do furo: [10.00]
- * profundidade do furo: [32.00]
- * tolerâncias dimensionais de profundidade: [0.03]
- * se é passante ou não: [SIM]
- * ângulo de giro em relação à vertical: [0.00]
- * código do furo: [N-2]

Feito isso o programa desenha o furo no local determinado. As informações fornecidas são armazenadas por meio de blocos para posterior extração. Na tela o resultado dessa operação é mostrado pela figura 6.26.

O mesmo procedimento se repete para os outros três furos cilíndricos, de modo que encerra-se a parte de furação. O próximo passo é completar o desenho com os símbolos de acabamento superficial. Ainda dentro do ambiente CAD-E seleciona-se a opção ACABA/ por meio do cursor. Surge agora o "menu" de tipos de acabamento superficial como mostra a figura 6.27.

Deve-se então optar pelo tipo de símbolo que será utilizado, que no caso do exemplo é o tipo "SUPERFIC". Após confirmada a opção, a tela mostrará o menu de acabamento superficial, como mostra a figura 6.28.

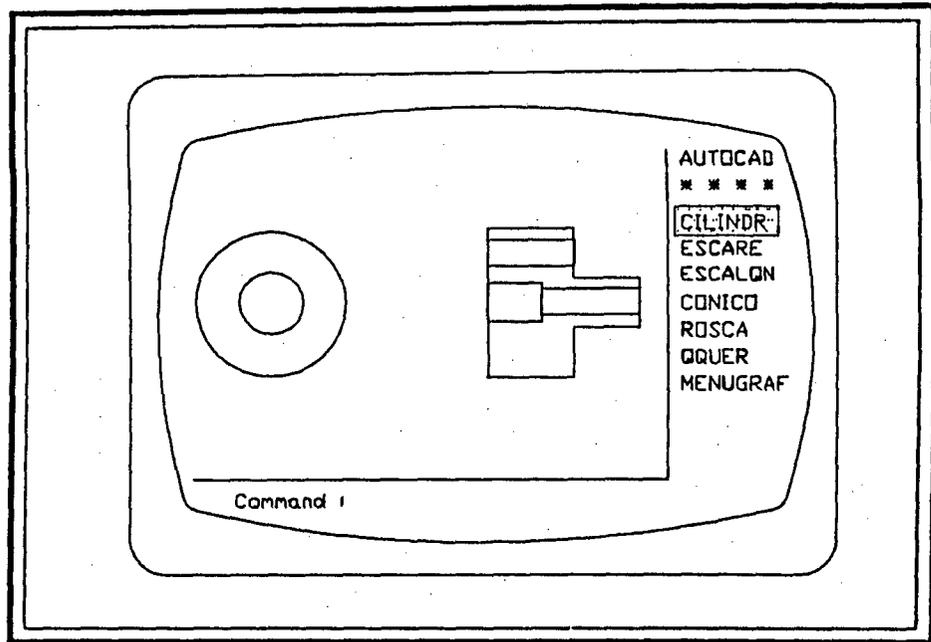


Fig. 6.26 - O furo cilindrico

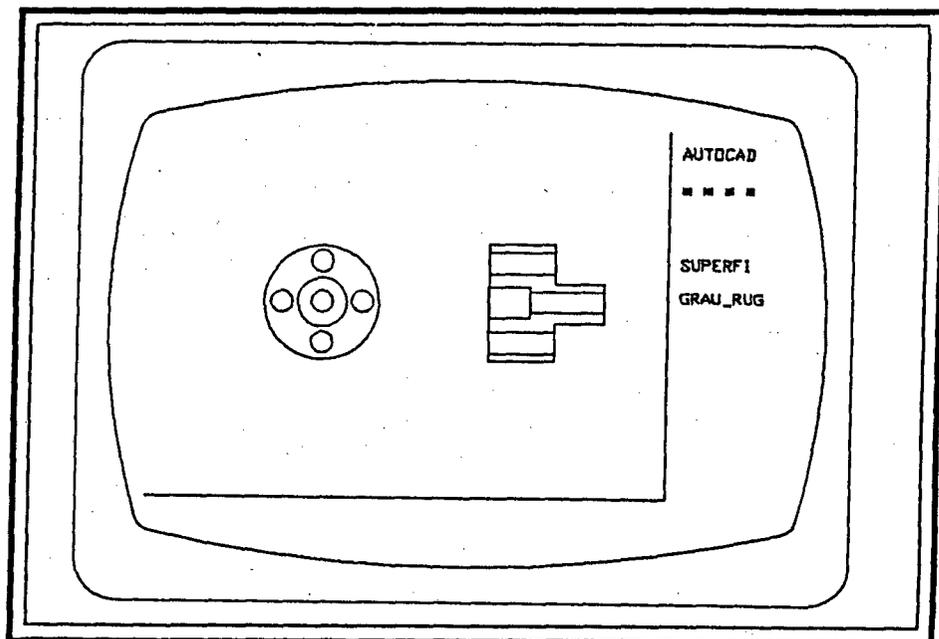


Fig. 6.27 - Menu de acabamento superficial

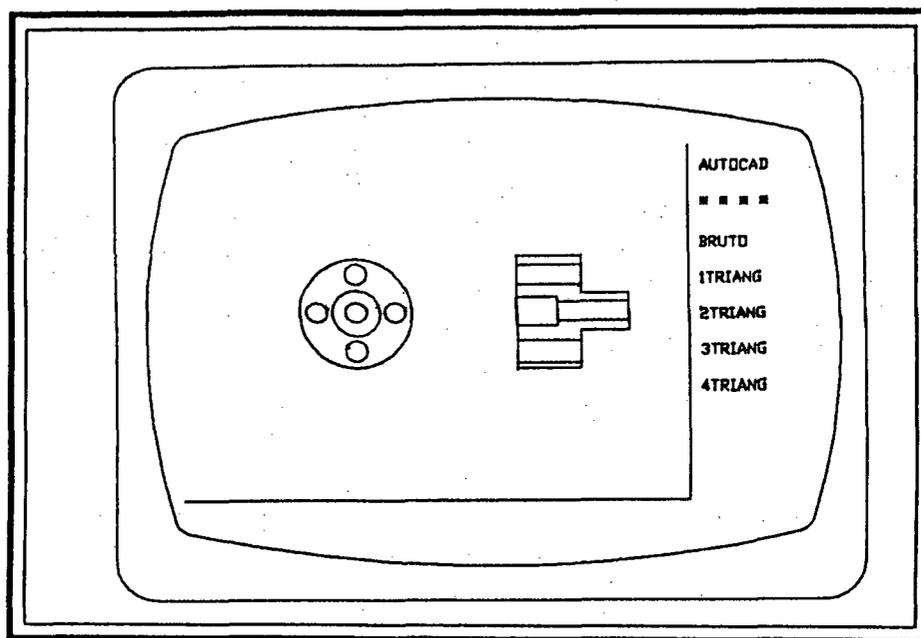


Fig. 6.28 - As opções de acabamento superficial

No caso dos furos cilíndricos o acabamento é do tipo dois triângulos. Posiciona-se o cursor sobre "2TRIANG" e confirma-se a escolha. O programa então irá inserir o bloco que contém a definição geométrica do símbolo e pergunta sobre o local de inserção do símbolo. Também informa-se através de diálogo (interatividade), o código que identifica o furo, segundo o usuário, com esse acabamento superficial. O desenho então recebe o símbolo no local escolhido, como mostra a figura 6.29.

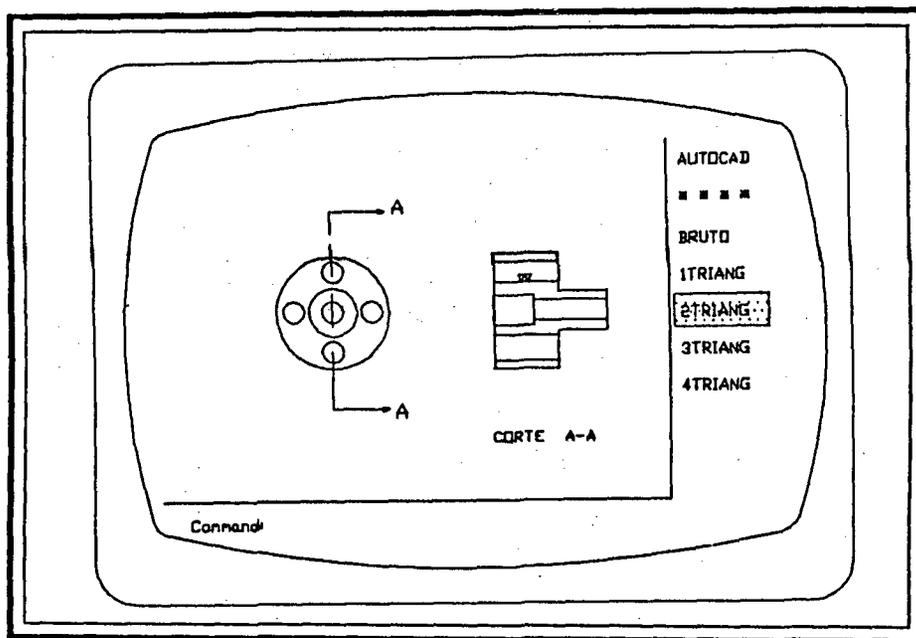


Fig. 6.29 - O desenho do símbolo

Da mesma forma, pode-se completar o restante da simbologia de acabamento superficial, encerrando essa etapa do desenho.

A próxima etapa é a introdução do símbolo da tolerância de concentricidade que o furo escalonado possui. Partindo do ambiente CAD-E, seleciona-se a opção "TOLERANC", que levará às tolerâncias de forma e posição, conforme mostra a figura 6.30.

Seleciona-se então o grupo de tolerâncias de "POSIÇÃO" onde encontra-se a opção de concentricidade, como mostra a figura 6.31.

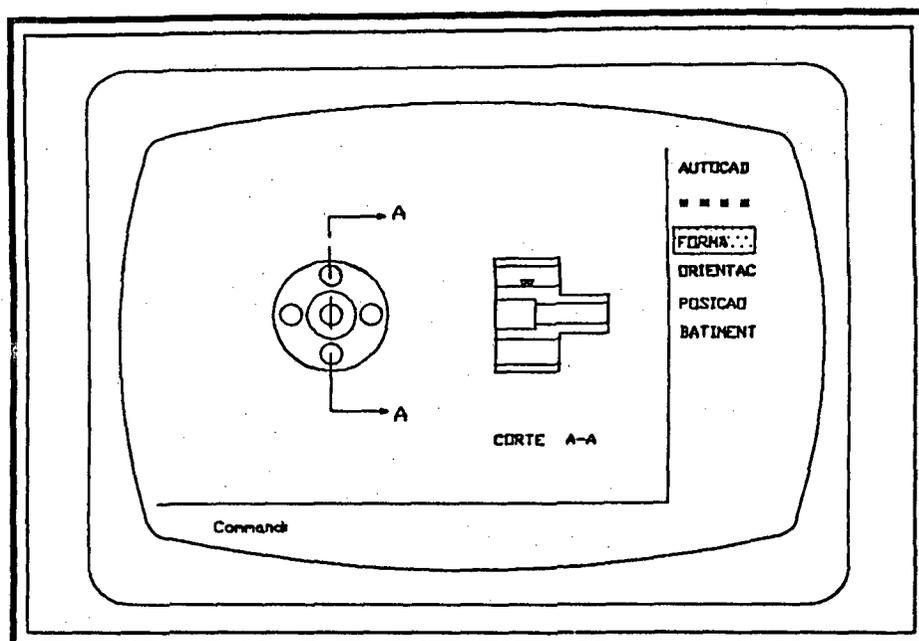


Fig. 6.30 - As tolerâncias de forma e posição

Após confirmada a opção "CONCENTR" inicia o diálogo através do qual informa-se o valor da tolerância, a referência à qual se refere, o código do furo que a contém e o local de inserção. O símbolo é então inserido no desenho de modo a obter-se a seguinte situação, mostrada na figura 6.32.

Para inserção de outros tipos de tolerâncias de forma e posição o procedimento é o mesmo descrito anteriormente. Os passos seguintes referem-se à comandos comuns do CAD que irão completar o desenho da peça como linhas de cota, hachuras, etc.. O desenho final é mostrado na figura 6.33.

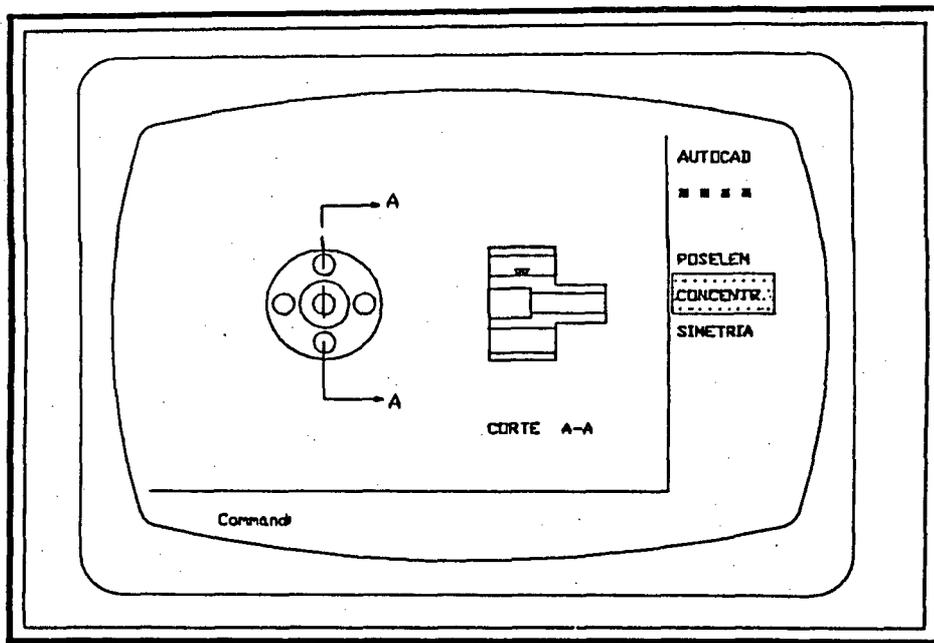


Fig. 6.31 - A escolha da "concentricidade"

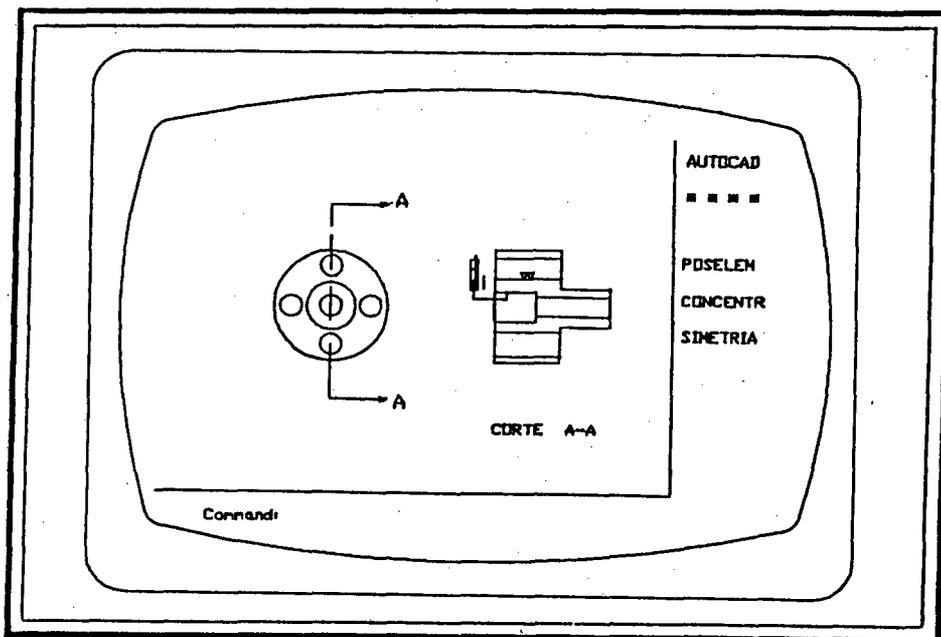


Fig. 6.32 - O desenho do simbolo de concentricidade

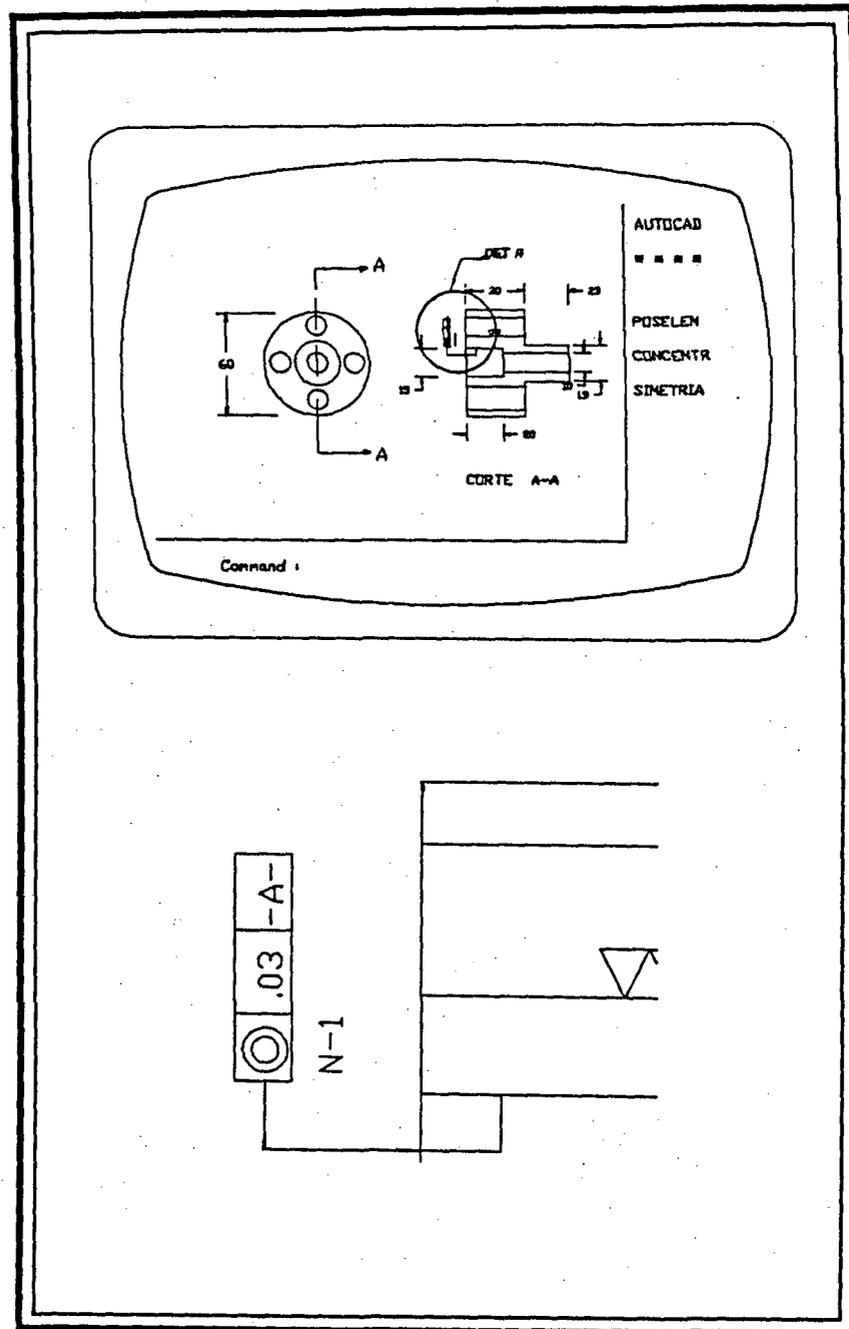


Fig. 6.33 - 0 desenho final

6.3 - OS ARQUIVOS GRAFICOS

Encerrada a edição do desenho, surge o momento de criar-se os arquivos gráficos sobre os quais será feita a análise para extração de dados.

Um dos arquivos gerados é o arquivo gráfico padrão do sistema CAD em uso. O outro é o arquivo gerado também pelo CAD porém dentro de padrões IGES. Estruturalmente, os dois arquivos são totalmente diferentes. Os dados extraídos desses arquivos porém serão os mesmos. O fato de se trabalhar com dois arquivos é apenas a título de comparação dos resultados de extração, em termos de velocidade e eficiência.

Para o exemplo desenvolvido, o arquivo IGES possui 94.136 bytes e o padrão do CAD possui 31.092 bytes. Esse fato inviabiliza que sejam anexados ao trabalho.

6.4 - A ANÁLISE E EXTRAÇÃO DOS DADOS

O programa que faz a extração dos dados foi desenvolvido em PASCAL [29] e tem por função extrair do arquivo IGES todos os dados, referentes à furação, necessários para o programa CAPP executar suas tarefas. Além da extração dos dados é também função desse programa a montagem do arquivo intermediário (secção 6.3.) que irá conter todos os dados referentes aos furos das peças (geométricas, tolerâncias, etc.).

A estrutura geral do programa analisados de arquivos gráficos e mostrado na figura 6.34.

6.4.1 - A LEITURA DOS REGISTROS

A leitura dos registros é feita sequencialmente, desde o topo do arquivo até seu final. Inicialmente é feita uma leitura de todo o arquivo de modo a conhecer-se o número de furos que o mesmo contém. Essa informação é necessária para que se possa dimensionar o arquivo intermediário. Como os dados são extraídos de modo não sequencial, o arquivo intermediário é preenchido de modo aleatório é isso obrigou a utilização de um arquivo de acesso randômico.

A figura 6.35 apresenta o nível de leitura dos registros mais detalhadamente.

6.4.2 - A SELEÇÃO E CODIFICAÇÃO

Nessa etapa do programa, cada registro lido é analisado até que se encontre um registro que seja importante para a extração dos dados. Caso isso aconteça os dados do registro são identificados e extraídos. A fig. 6.36 apresenta essa etapa do programa.

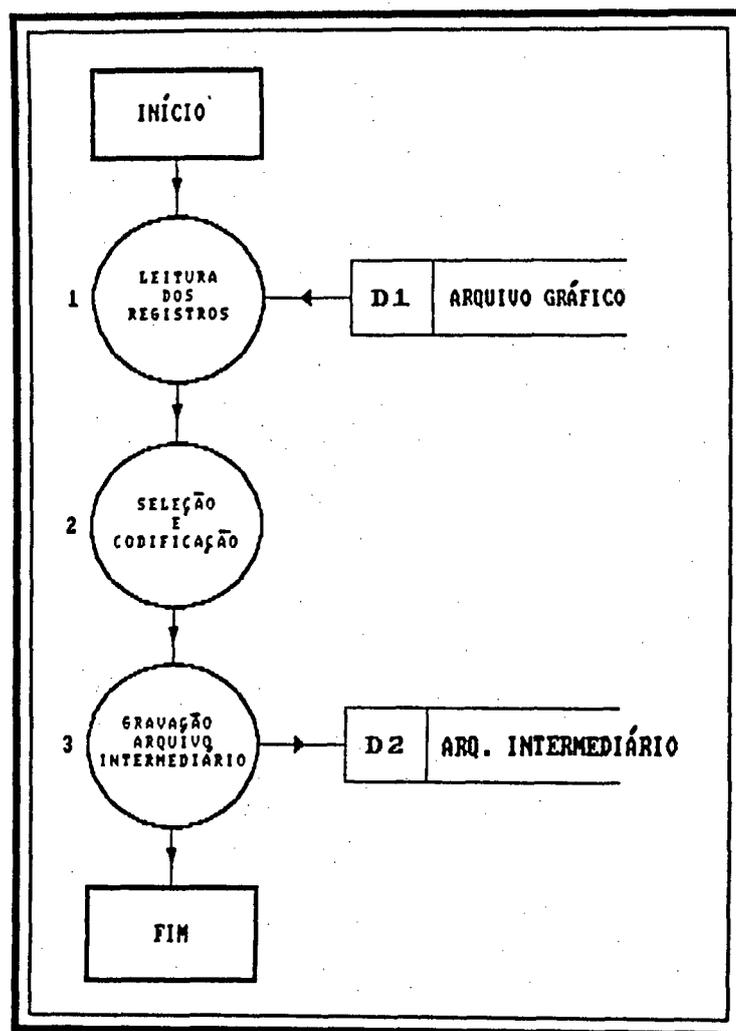


Fig. 6.34 - O program analisador

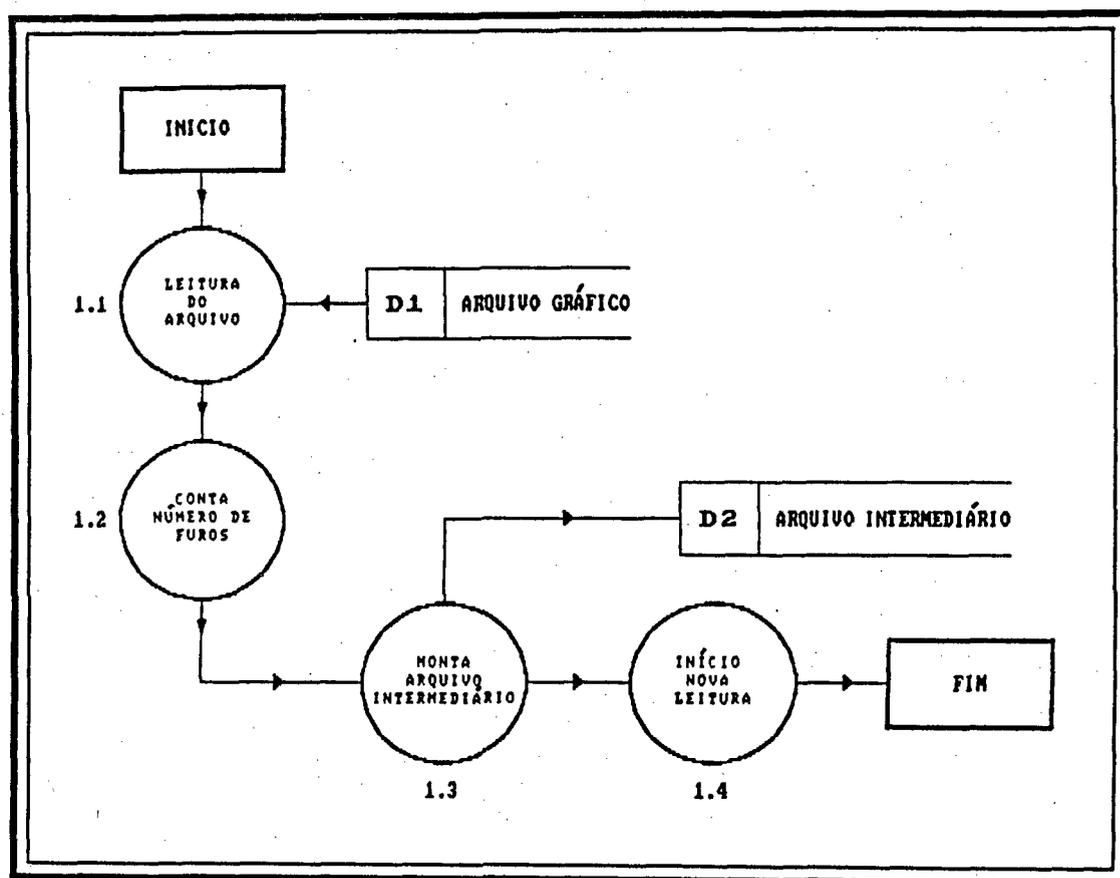


Fig. 6.35 - A leitura dos registros

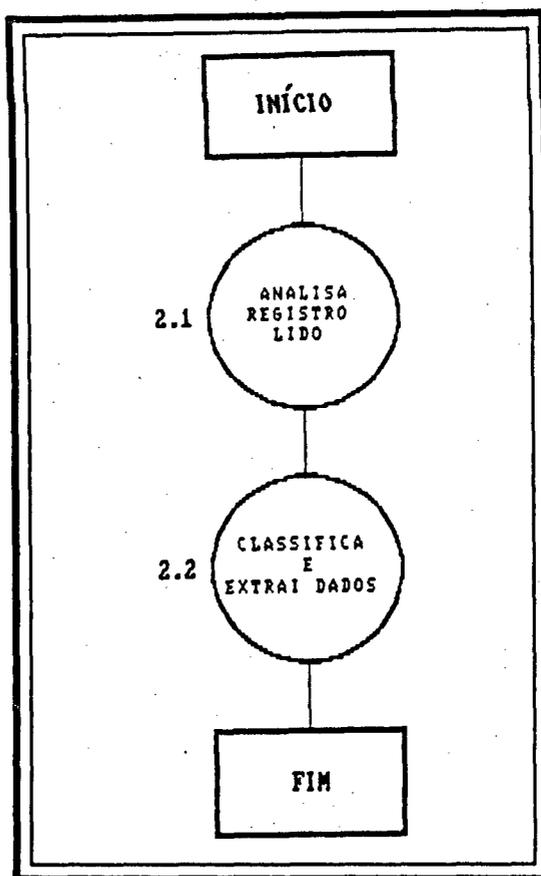


Fig. 6.36 - A seleção e codificação

Para o exemplo proposto, serão mostradas a seguir, as áreas dos arquivos gráficos, tanto na forma padrão do CAD como na forma IGES, onde esses registros importantes se encontram, bem como as informações que representam.

a) Arquivo Padrão CAD

A figura 6.37 mostra uma parcela do arquivo gráfico padrão do CAD contendo uma área de dados relativo a um dos furos que a peça contém. Pode-se identificar os dados de diâmetros, profundidade, além de características como se o furo é passante ou não.

```

INSERT
  8
  0
  66
  1
  2
CASO3
  10
  2.0
  20
  2.0
  0
ATTRIB
  0
  10
  -1.25
  20
  3.26
  40
  3.0
  1
  n=1 - código do furo
  CODIGO - indica furo escalonado
  70
  1
  72
  1
  11
  2.0
  21
  3.26
  0
ATTRIB
  0
  10
  -20.25
  20
  8.28
  40
  3.0
  1
  2.000000000000497 - valor do diametro maior
  DIMA - indica diametro maior
  70
  1
  72
  1
  11
  2.0
  21
  8.28
  0
ATTRIB
  0
  10
  -20.0
  20
  13.3
  40
  3.0
  1
  12.000000000000499 - valor do diametro menor
  DIMM - indica diametro menor
  70
  1
  72
  1
  11
  2.0
  21
  13.3
  0
ATTRIB
  0
  10
  -20.75
  20
  10.32
  40
  3.0
  1
  72.500000000000488 - valor da profundidade
  PROF - indica profundidade
  70
  1
  72
  1
  11
  2.0
  21
  10.32
  0
ATTRIB
  0
  10
  -18.75
  20
  23.34
  40
  3.0
  1
  2.000000000000049 - valor da altura do rebordo
  HREF - indica altura do rebordo
  70
  1
  11
  2.0
  21
  29.62
  0
  SEQEND
ATTRIB
  0
  10
  1.0
  20
  29.62
  40
  3.0
  1
  2 - diz que o furo e passante
  PASSA - indica caracteristica de Passante
  70
  1
  72
  1
  11
  2.0
  21
  29.62
  0
  SEQEND
  
```

Fig. 6.37 - O arquivo padrão CAD

Ao encontrar esses registros, o programa extrai os dados relativos e os armazena na posição correta dentro do

arquivo intermediário.

b) Arquivo padrão IGES

Da mesma forma que no caso anterior, a figura 6.38 mostra uma parcela do arquivo IGES onde são identificados os mesmos dados que no caso anterior. Nota-se uma grande diferença na forma construtiva do arquivo, porém os dados são os mesmos.

```

0.0D+0,3Hn-1;
406,2,7HCODIGO3,3Hn-1; {furo escalonado e seu codiqol}
212,1,18,4.4D+1,3.0D
0.0D+0,18H15.0000000
406,2,4HDIMA,18H15.000 {diâmetro maior do furo}
212,1,18,435D+1,3.0D
1.3298374410068D+1,0.
406,2,4HDIME,18H10.000 {diâmetro menor do furo}
212,1,18,5.0D+1,3.0D+
0.0D+0,18H55.44526477
406,2,5HPROF3,18H55.44 {profundidade do furo}
212,1,18,4.45D+1,3.0D
2.3341373885684D+1,0.
406,2,4HHREB,18H20.000 {altura do rebaixo}
212,1,1,2.0D+0,3.0D+0,1,
0.0D+0,1HS;
406,2,5HPASSA,1HS; {furo passante}
408,63,2.0D+0,2.0D+0,0.0

```

Fig. 6.38 - O arquivo padrão IGES

6.4.3 - A GRAVAÇÃO DOS DADOS NO ARQUIVO INTERMEDIÁRIO

A gravação dos dados é feita inicialmente com a leitura do valor da respectiva posição dentro do arquivo e posterior alteração do valor antigo pelo valor encontrado no arquivo gráfico. A figura 6.39 mostra essa etapa.

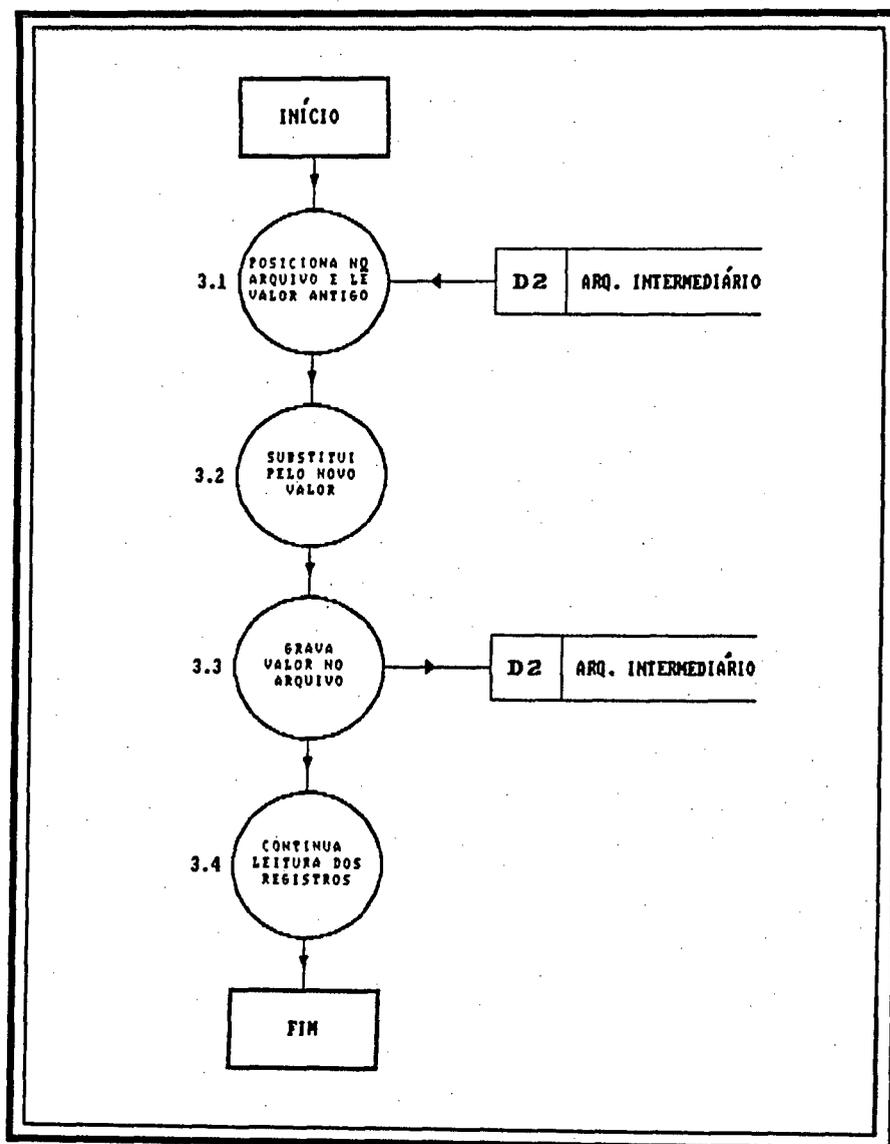


Fig. 6.39 - A gravação dos dados

6.4.4 - O ARQUIVO INTEMEDIÁRIO

O arquivo intermediário é uma entidade armazenada em disco. Sua estrutura é conhecida [secção 6.3], porém não pode-se visualizá-lo de modo a constatar a posição que os dados ocupam em sua estrutura.

Para se ter acesso aos dados contidos no arquivo intermediário, após a análise dos arquivos gráficos (IGES ou DXF), criou-se um programa que lê os dados relativos à cada furo à partir do arquivo intermediário e fornece um relatório, via impressora, contendo características diversas sobre a furação das peças. Esse relatório serve também de ligação entre o hardware e o operador, além de permitir que analise-se a coerência dos dados ali contidos, apontando o sucesso ou insucesso da operação de extração dos dados.

Para mostrar a potencialidade do sistema criado, será apresentado agora um exemplo industrial. Trata-se de um molde de injeção, composto por nove placas, cada qual com vários furos. A seguir são apresentados o desenho de conjunto e os desenhos das respectivas placas que o compõe, segundo sua representação em corte. O desenho foi executado com auxílio do sistema e os dados contidos no seu arquivo intermediário são mostrados em forma de relatório extraído por impressora, como forma de avaliar o seu conteúdo.

7 - Conclusões

Os conceitos de Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP) e de Projeto Auxiliado por Computador (CAD), mostram uma necessidade e a possibilidade natural de sua integração. Os sistemas CAPP são alimentados por informações geométricas, tecnológicas e de produto. Os sistemas CAD detêm a capacidade de facilitar o projeto de produtos, através da reunião de tais informações, por meio de uma linguagem gráfica (homem) e computacional (arquivos gráficos). As soluções apresentadas para consolidar a integração CAD/CAPP, se caracterizam pela extração dos dados geométricos, tecnológicos e de produto (projeto) e seu fornecimento aos sistemas CAPP. Originalmente, tal extração se torna difícil, fato atribuído a aspectos construtivos dos arquivos gráficos dos sistemas CAD, já que os mesmos tratam apenas das informações geométricas, deixando características importantes ao CAPP como tolerâncias e acabamento superficial, de lado. A solução para o problema se apresenta como uma padronização de arquivos gráficos de CAD, através da utilização de padrões gráficos (IGES, PDES/STEP) onde, além da forma construtiva unificada, seria dada especial atenção à definição do produto, suas características geométricas, tecnológicas e de produto. Esse fato garante também a troca de informações (desenhos) entre sistemas CAD de fabricantes diferen-

tes. No caminho trilhado para a concretização da integração CAD/CAPP, muitas soluções vêm sendo apresentadas, desde a construção de sistemas CAD dedicados ao CAPP, parcialmente dedicados ou mesmo a utilização de sistemas CAD de uso corrente.

A solução apresentada nesse trabalho se baseou na integração de sistemas CAPP à sistemas CAD de uso corrente à nível de computadores pessoais. A nova geração de sistemas CAD permitiu que lhes fossem adicionadas funções especiais, programadas de acordo com as necessidades do usuário. Esse fato criou um novo conceito de integração, em que, através de comandos criados, foi possível dar especial atenção às características geométricas, tecnológicas e de produto, permitindo sua extração e consequente alimentação do sistema CAPP. Nesse caso, a integração foi alcançada por meio da análise de arquivos gráficos padronizados (IGES), sem a necessidade de qualquer adaptação em sua estrutura. O tempo e os custos de implantação de um sistema desse tipo se mostraram menores, quando comparados a outros sistemas mais complexos, mostrados em outros trabalhos.

No sistema criado para a integração CAD/CAPP à nível de furação, a técnica se mostrou bastante eficiente, permitindo que todos os dados geométricos e tecnológicos (tolerâncias dimensionais, tolerâncias de forma e posição, acabamento superficial, etc.) fossem identificados e extraídos dos arquivos gráficos. Para tanto, foi criado o ambiente CAD-E (CAD Enriquecido com operações de manufatura), onde são encontra-

dos os furos em corte, as tolerâncias dimensionais, tolerâncias de forma e posição, além de símbolos de acabamento superficial. Tal ambiente se mostra transparente ao usuário comum, uma vez que a utilização do sistema CAD para tarefas corriqueiras não é influenciada pela presença do ambiente CAD-E. Com isso, todas as informações relativas à furação permaneceram invioladas, facilitando sua extração. Os dados extraídos são então armazenados em um arquivo denominado intermediário, que possui uma estrutura para dados de furação. A utilização do arquivo intermediário confere flexibilidade ao sistema, permitindo que os dados sejam lidos e fornecidos a diferentes sistemas CAPP. A utilização do sistema confere ainda aumento da velocidade da obtenção do desenho em si, já que os elementos presentes no ambiente CAD-E são desenhados automaticamente, determinando uma excelente habilidade do sistema. A facilidade de utilização do sistema bem como suas potencialidades ficaram demonstradas nos exemplos analisados.

Com o desenvolvimento de novos padrões como o STEP, onde a definição do produto é especialmente considerada, juntamente às técnicas aplicadas nesse trabalho, a integração CAD/CAPP e a integração entre sistemas Auxiliados por Computador CAX (CAD, CAP, CAQ, CAE, etc.) será facilitada. Terá sido dado um grande passo em busca da total integração da manufatura por computador, o CIM.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Baseado nas potencialidades apresentadas pela técnica utilizada no presente trabalho e com os desenvolvimentos em termos de padrões gráficos citados anteriormente, alguns caminhos de aperfeiçoamento e de novas pesquisas podem ser delineados:

Na área de extração de dados tecnológicos e geométricos, é de vital importância que se adapte a filosofia de finida nesse trabalho aos novos padrões que vêm surgindo como o caso do STEP, que surge como virtual padrão do futuro. Após essa adaptação, poderão ser feitos trabalhos relativos à extração de dados de torneamento e fresamento, buscando sua integração com o planejamento do processo.

Na área da integração com a manufatura, a integração CAD/CAPP abre uma frente de trabalho no que diz respeito à integração CAD/CAM, tanto para os processo de furação, torneamento como fresamento, possibilitando que, a partir do projeto da peça se obtenha o respectivo plano de processo e toda a programação NC para sua usinagem, por exemplo.

Na área de controle de qualidade, a integração CAD/CAPP indica o desenvolvimento de sistemas de orientação dos procedimentos de controle dimensional, baseados nas informações contidas em desenho. Além disso torna-se possível a integração com as técnicas de Controle Estatístico do Processo (CEP)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BUFFA, E. S. - Administração da produção - Livros Técnicos e científicos editora S.A. - São Paulo - 1977.

[2] ZDEBLICK, W.J.- O Planejamento do Processo Auxiliado por Computador - Boletim da SOBRACON n 19 - São Paulo - 1985.

[3] NBS-GCR-83-441 - Advances in Computer Aided Process Planning - National Bureau of Standards - Department of Industrial Engineering and Operation Research - Virginia - July - 1983.

[4] SRIHARI, K., GREENE, T.J. - Alternate Routings in CAPP implementation in a FMS - Computers in Engineering - Vol 15 N 1-4 - 1988.

[5] HAM, INYONG - Aplicações de Tecnologia de Grupo para maior Produtividade na Fabricação - Tradução de Eduardo V. Gonsalves - USP.

[6] EW,A.N. - O Planejamento do Processo Auxiliado por Computador aplicado a operações de furação - Dissertação de Mestrado - Florianópolis - 1989.

[7] CHANG, T.C., WYSK, R.A. - An Introduction to Automated Process Planning Systems - Ed. Prentice Hall Inc. - New Jersey - 1985.

[8] TOZZI, C.L. - PAC Projeto Auxiliado por Computador - Editora da Unicamp - Campinas - 1986.

[9] SHEPERD, D.W. - Geometric Tolerancing. Key to Assembly and Interchangeability - Machine Design - August - 1986.

[10] FOLEY, J.D., VAN DAN, A. - Fundamentals of Interactive Computer Graphics - USA - 1982.

[11] GRAYS, J. C. - Compound Data Structures for Computer Aided Design: A Survey - Proceedings of ACM National Conference Thompson Books - Washington D.C. - 1967.

[12] WILLIAMS, R. - A Survey of Data Structures for Computer Graphics Systems - Computer Survey - Vol 3 - N.1 - Março - 1971.

[13] KUTTNER B.C. - Assessing Standards and Alternative means of data transfer - Auerbach Publishers Inc. - 1986.

[14] VOGUEL, S.A. - Interfacing Computer Aided Process Planning with CAD/CAM.

[15] LI, R.K.; BEDWORTH, D.D. - A framework for the Integration of Computer Aided Process Planning - Computer Ind. Engineering - Vol.14 No 4, pp 395-413 - 1988.

[16] Database Management: Gateway to CIM - American Machinist October - 1987.

[17] SPUR, G. - Looking to the Future - Proceedings of CAM-18 Annual Meeting of Members - Texas - November - 1979.

[18] EW, A.N., ROSA, J.M.D. - Um sistema CAPP para Furação - 1 Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Usinagem - São Paulo - Março - 1989.

[19] SCHROETER, R.B. - Alargamento de precisão em alumínio aeronáutico com ferramenta de gume único regulável - Florianópolis - Depto. Engenharia Mecânica - UFSC - (Em andamento)

[20] GODOY, R.J.M. - Furação profunda no alumínio de aviação com brocas normais - Florianópolis - Depto. Engenharia Mecânica - UFSC - 1987 - Dissertação de mestrado.

[21] ROCHA, A.S. - Determinação de um modelo de força de usinagem para a Furação, a partir do modelo de força de usinagem do torneamento - Florianópolis - Depto. Engenharia Mecânica - UFSC - 1985 - Dissertação de mestrado.

[22] NAU,D.S., CHANG,T.C. - Prospects for Selection Using Artificial Intelligence - Computers in Industry - N 4 - 1983.

[23] DAVIS,S.W. - Análise e Projeto de Sistemas. Uma abordagem estruturada - Livros Técnicos e Científicos Editora S/A São Paulo - 1987.

[24] STEMMER,C.E. - Ferramentas de Corte - Editora da UFSC - 1987.

[25] AUTOLISP PROGRAMER S REFERENCE - Auto Desk INC. - 1986.

[26] HEAD,G.O. - AutoLisp in Plain English - Ed. Ventana Press - USA 1987.

[27] THOMAS,R.M. - Advanced Technics in AutoCAD - Ed. Sybex USA - 1988.

[28] RAKER,D., RICE,H. - Inside AutoCAD

[29] O BRIEN, S.K. - Turbo Pascal: The Complete Reference - Borland Osborn/McGraw-Hill - 1986.

[30] GROOVER, M.P. - Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing - Prentice Hall - USA - 1987.

[31] Associação Brasileira de Normas Técnicas - Tolerâncias de Forma e Posição - P-NB-273 - ABNT - 1976.

[32] Deutches Institut Fur Normung - DIN 3141 - Sinais Superficiais em Desenhos.

[33] Deutches Institut Fur Normung - DIN 3142 - Caracterização de Superfícies por Grau de Rugosidade.

[34] CERTI - CENTRO REGIONAL DE TECNOLOGIA EM INFORMATICA - Projeto CIM - Publicação Interna - Florianópolis - 1988.

[35] KISHINAMI, T., KANAI, S., SAITO, K. - An Integrated Approach to CAD/CAPP/CAM based on Cell Constructed geometric Model (CCM) Robotics and Computer Integrated Manufacturing - Vol 3 - N 2 - 1987.

[36] IWATA, K., SUGIMURA, N. - An Integrated CAD/CAPP system with know-how on Machining Accuracies of parts - Transactions of ASME - Vol 109 - May - 1987.

[37] SHALEY, M.S., ANDERSON, D.C. - Funcional Specification for CAD Databases - Computer Aided Design - Vol 18 - April - 1986.

[38] KUSIAK, A. - Modelling and Design of Flexible Manufacturing Systems - Ed. Elsevier - New York - 1986.

[39] G517-0247 - O conceito CIM e as soluções IBM - 3 ed. - Agosto 1986.

[40] HITOMMI, K. - Manufacturing Systems Engineering - Taylor and Francis Ltd. - London - 1979.

[41] MEYER, R. - Experts Fight it Out Over IGES - Machine Design June - 1987.

[42] GUDITZ, R. - The case for direct translation - Machine Design June - 1987.

[43] DESCOTTE, Y., LATOMBE, J.C. - Making Compromises among Antagonist Constraints in a Planner - Artificial Intelligen-

ce - Nr.27 - 1985.

[44] PFORTMILLER, L.- Data Structures in CAD Software - Byte
June - 1987.

[45] GEOMETRIC DIMENSIONING and TOLERANCING - Manufacturing
Engineering - July - 1986.

[46] RODRIGUES, V., VESCOVI, M.R.- The knowledge based Auto-
matic Extraction of the machinable susfaces for Automatic
CAD/CAM Systems - INPE/MCT - São Paulo - Brasil.

[47] MEYER, R.J.- IGES, one answer to the problems of CAD
database exchange - Byte - June - 1987.

[48] SUNDARAM, R.M., CHENG, T.J.- Microcomputer-based pro-
cess planning using geometric programming - Journal of Pro-
duction Research - Vol.24 - 1986.

[49] MURTHY, T.S., ARORA, J.S., Database Management concepts
in Computer Aided Design optimization - Advanved Engineering
Software - Vol.8 - 1986.

[50] DATE, C.J.- Introdução a sistemas de Banco de Dados -
3 Ed.Campus - Rio de Janeiro - 1986.

[51] FURTADO, A.L., SANTOS, C.S.- Organização de Bancos de
Dados 5 Ed. - Rio de Janeiro - 1985.

[52] REHWALD, P. VDAFS - An Interface to Transfer Surface
Description Data between CAD Systems - Computer and Graphics
- Vol.9 - 1985.

[53] ESKICIOGDO, H., DAVIES, B.J.- An Interactive Process
Planning System for Prismatic Parts (ICAPP) - Journal of Ma-
chining - 1981.

[54] WEIL, R., SPUR, G., EWERSHEIM, W.- Survey of Computer
Aided Process Planning Systems - Annals of CIRP - Vol.
31/02/1982.

[55] TURNING HANDBOOK OF HIGH-EFFICIENCE METAL CUTTING - Ge-
neral Eletric - 1980.

[56] GIRONDI, A.C., FERREIRA, A.C., BOEHS, L.- Determinação
Automática de condições de Usinagem - Máquinas e Metais
JAN/FEV - 1988.

A.1 CONCEITOS DE TECNOLOGIA DE USINAGEM

Uma empresa, não existe pura e simplesmente para fabricar e fazer negócios, mas também para desenvolver tecnologia, ampliando sua capacidade e aprofundando-se na busca da otimização. Baseado nessa fato, muitos estudos vem sendo realizados na busca de ampliar o conhecimento sobre a tecnologia de usinagem, identificando os principais fatores que influem economicamente no ato de produzir peças e componentes.

Nesse apêndice, será feita uma breve análise dos fatores que influenciam o aspecto produtivo e econômico da usinagem.

A.1.1. Princípios básicos

A usinabilidade dos materiais pode ser definida como sendo o comportamento de determinado material, quando submetido à conformação com remoção de cavaco [56].

Atualmente, a vida do gume da ferramenta é considerada como fator mais importante na avaliação da usinabilidade. A vida do gume de corte é o período que o mesmo trabalha sem perder suas características de corte. O critério mais utilizado para fim de vida é o desgaste. O desgaste de uma ferramenta de corte, é influenciado por fatores não integralmente

conhecidos. Por isso, muitas tentativas de se relacionar o desgaste das ferramentas de corte com as condições de usinagem foram feitas. A que melhores resultados obteve e vem sendo utilizada mundialmente é a equação de Taylor, que na sua forma expandida tem a forma abaixo.

$$V_c = C \cdot A_p^e \cdot F^f \cdot V_b^g \cdot T^h$$

onde

V_c = Velocidade de Corte, [m/min]

A_p = profundidade de corte, [mm]

F = avanço, [mm/rot]

T = vida do gume da ferramenta [min]

C = Constante de Taylor

e, f, g, h = expoentes da equação de Taylor

Esse modelo matemático representa satisfatoriamente um ensaio de vida do gume da ferramenta, já que considera, através dos seus expoentes, a influência causada pela variação dos parâmetros de corte na usinagem do material.

Através de ensaios de usinabilidade, onde são utilizados diversas combinações de condições de usinagem, pode-se determinar a constante de Taylor (C) bem como os expoentes (e, f, g, h) da mesma equação. A metodologia de ensaios de usi-

nabilidade é padronizada [52] e envolve informações a respeito do material a usinar (corpo de prova), da ferramenta, da máquina ferramenta, do fluido de corte, do procedimento do ensaio e do processamento e análise dos resultados.

A análise desses resultados, nos dias de hoje, é feita por computador, utilizando técnicas de regressão linear múltipla.

Uma vez determinados os parâmetros da equação de Taylor, podemos calcular diferentes valores de corte para diferentes condições de usinagem, facilitando a otimização dos parâmetros de usinagem para cada par ferramental/material da peça.

Os dois tipos de desgaste do gume da ferramenta mais encontrados são o desgaste de flanco (que é caracterizado pela largura do desgaste V_b) e o desgaste de cratera (representado pela profundidade da cratera, K_t). Como critério de fim de vida em ferramentas de metal duro, utiliza-se valores de $V_b = 0,3$ mm ou $K_t = 0,1$ mm, medidos como mostra a figura A.1.

A.1.2 A otimização da usinagem

A análise da otimização do processo de usinagem tem sido estudada desde 1950, quando GILBERT publicou um trabalho onde foram introduzidos os seguintes critérios:

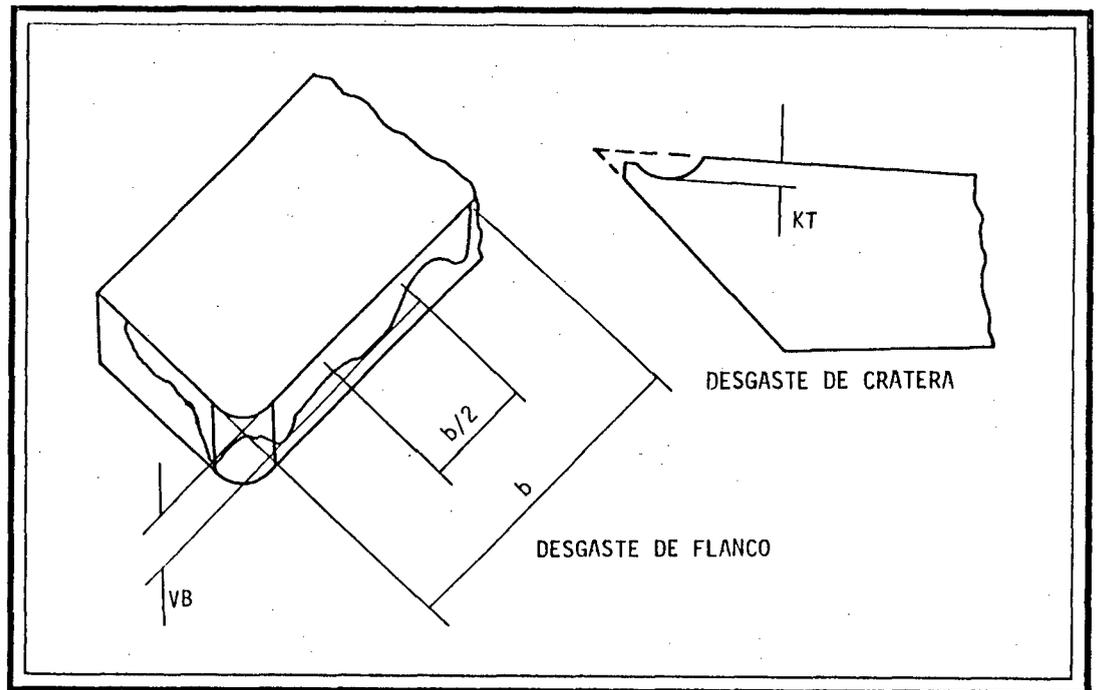


Fig. A.1 - Os tipos de desgaste

- Otimização para um mínimo custo de usinagem

Consiste na seleção de condições de corte, que levam a usar uma peça com o menor custo possível. Esse critério é utilizado quando se está preocupado com o tempo para produção.

- Otimização para o máximo volume de produção

Consiste na seleção das condições de corte que maximizem a quantidade de peças produzidas em um determinado intervalo de tempo, ou seja, com a minimização do tempo de produção. Esse critério é adotado quando se deseja um aumento de produção em prejuízo do custo envolvido.

A otimização da usinagem depende de fatores da máquina, do material, da ferramenta, do processo e de custos da fábrica. Um dos parâmetros mais importantes na análise das condições favoráveis de corte é a velocidade. A determinação da velocidade ótima de corte é baseada nos dois critérios econômicos de máxima produção e mínimo custo.

Pela figura A.2 pode-se observar que, em qualquer situação, a única região em que realmente é viável se trabalhar é a região que se situa entre os dois critérios anteriormente mencionados. Essa região é denominada Região de Máxima Eficiência. Quando trabalha-se fora dela os custos são altos e a produção é baixa, causando prejuízo.

A escolha da velocidade de corte dentro da região de máxima eficiência, é influenciada por alguns fatores que servem de recomendação geral. Tais fatores são mostrados na figura A.3.

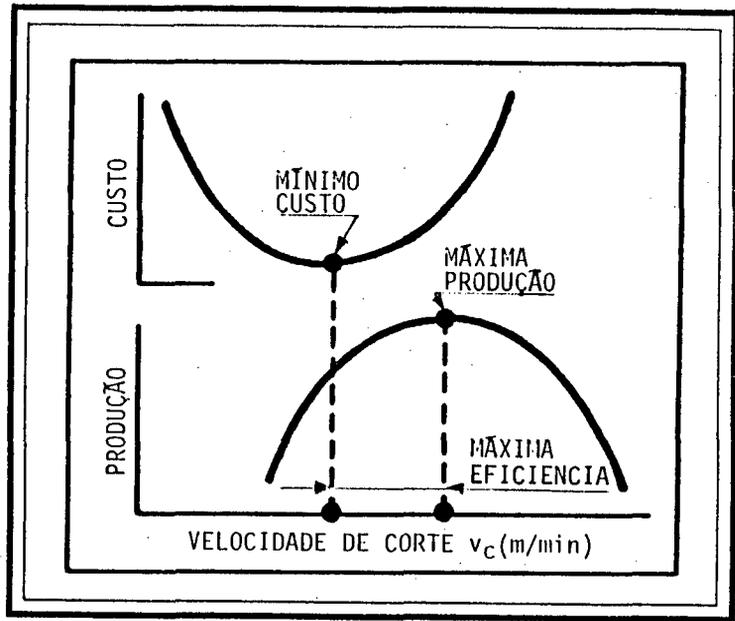


Fig. A.2 - A região de máxima eficiência

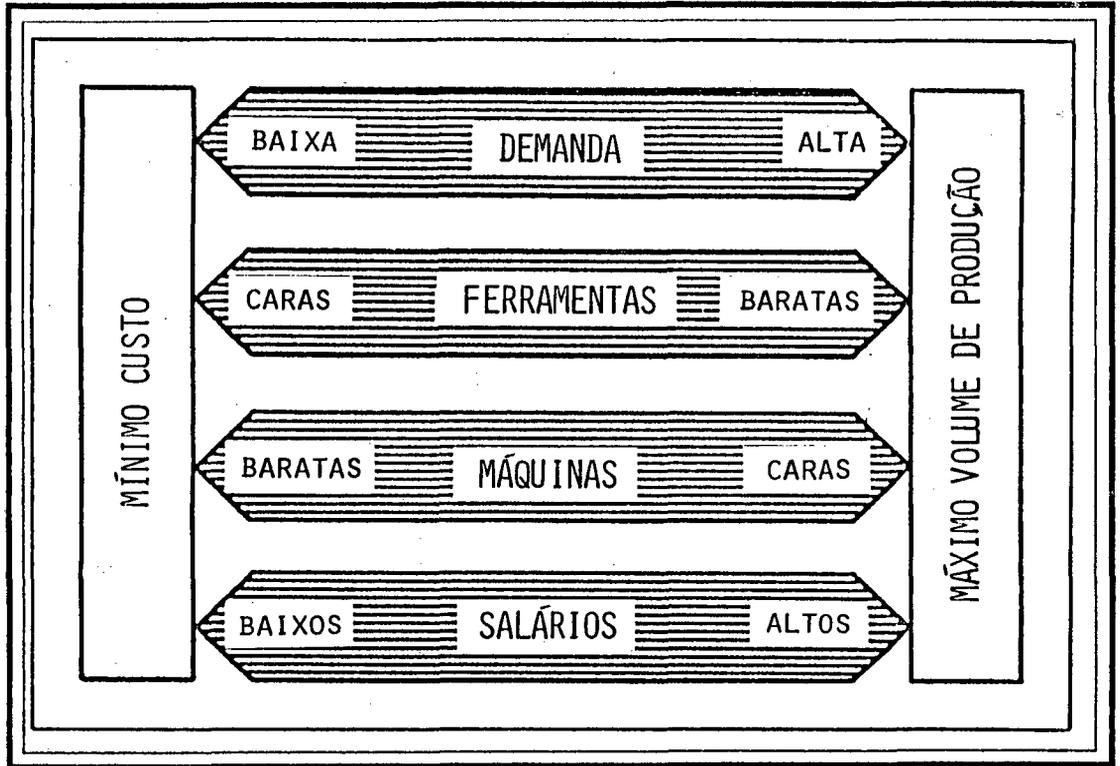


Fig. A.3 - Alguns fatores importantes

Ferramentas com custo elevado exigem que se trabalhe com condições de corte menos severas, o que proporciona maior vida da ferramenta, representando porém menor produção. Análises desse tipo irão apontar para um ou outro extremo da região de máxima eficiência e para cada caso essa análise deve ser feita, adequando-se individualmente os parâmetros de usinagem.

A.1.3 O critério de mínimo custo

O custo total da usinagem de uma peça é determinado com base nos custos de ferramenta, dos custos de máquina, dos custos de operador e de custos fixos ou improdutivos. Conforme pode ser visto na figura A.4, as duas parcelas iniciais são fortemente dependentes da velocidade de corte, enquanto que a última independe desta.

Um aumento da velocidade de corte causa uma redução do tempo de usinagem por peça e conseqüentemente menores custos de máquina e operador por peça. Ao contrário, o custo de ferramenta aumentará, já que com maiores velocidades a vida da ferramenta diminui. A velocidade de corte de mínimo custo de usinagem por peça se encontra no ponto em que o somatório das parcelas individuais de custos apresenta o seu menor valor.

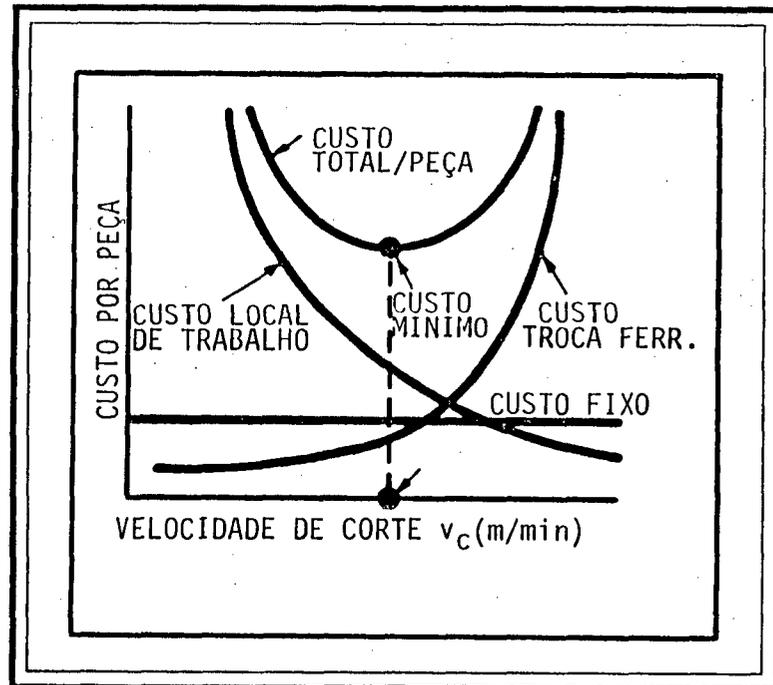


Fig. A.4 - O critério de mínimo custo

Tratamentos matemáticos baseados em dados experimentais levaram à determinação de uma equação que fornece o tempo de vida (T_{mc}) de uma ferramenta para um mínimo custo. Essa equação tem como variáveis o expoente "g" da equação de Taylor, o tempo de troca por gume da ferramenta (t_{tg}), o custo do gume (k_f), o custo de máquina e operador (k_l) e o custo de usinagem (k_m).

$$T_{mc} = (1/[G]-1) \cdot [(k_l \cdot t_{tg} + k_f) / (k_l + k_m)]$$

Como pode-se observar, os dados que compõe a equação nem sempre são disponíveis na empresa. Por isso, uma solução numérica da equação, para mostrar resultados confiáveis, exige que a contabilidade da empresa seja completa para fornecer esses valores de custos parciais.

A.1.4 O Critério de Máxima Produção.

Após análise dos tempos envolvidos no processo de usinagem, define-se o tempo total de fabricação por peça (tt). Para um lote de Z peças será:

$$tt = tc + ttf + ti$$

onde:

tc = Tempo efetivo de corte [min/pç]

ti = Tempo improdutivo (fixação, inspeção,...)
[min/pç]

ttf = Tempo de troca de ferramenta [min/pç]

sendo que

$$ttfr = ttg \cdot tc / T$$

onde:

ttg = Tempo de vida do gume [min/gume]

T = Vida da ferramenta [min]

A figura A.5 mostra a variação da velocidade de corte com a variação dos tempos acima descritos.

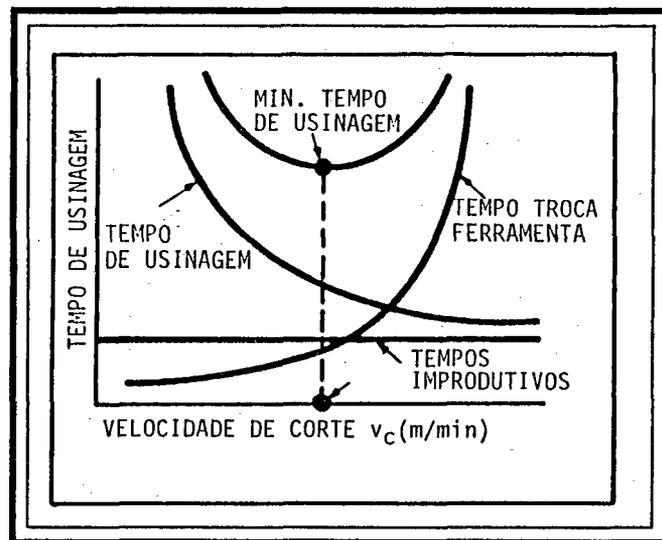


Fig. A.5 - O critério de máxima produção

O ponto em que as parcelas de tempo apresentam o menor somatório é o menor tempo de usinagem, o que implica em má-

xima produção. Por um processo análogo ao critério de mínimo custo, chega-se à equação que fornece o tempo de vida de uma ferramenta para a máxima produção:

$$T_{mp} = (1/[G] - 1) \cdot t_{tg}$$

A.1.5 As Restrições Tecnológicas na Usinagem

Dentro do ambiente de usinagem, a velocidade de corte ocupa uma posição muito importante. Dela depende não só os níveis de produção como também o próprio desgaste da ferramenta. Outros fatores como avanço e profundidade de corte não influem tanto na vida da ferramenta mas provocam um aumento linear na potência e na força de corte, exigindo maior rigidez da máquina e da ferramenta, a fim de evitar o aparecimento de vibrações indesejadas. Outros fatores são as tolerâncias exigidas bem como o acabamento superficial.

A otimização desses fatores não se faz por critérios de máximo e mínimo, já que:

- tanto para o máximo volume de produção como para o mínimo custo o avanço ótimo é o máximo.

- a ótica profundidade de corte é a máxima possível.
- para a mínima rugosidade superficial utiliza-se o menor avanço possível.

Os valores máximos e mínimos dessas variáveis são função de uma série de outros fatores envolvidos no processo de usinagem. Por exemplo, a potência da máquina limita a máxima profundidade de corte utilizável. Outros fatores que limitam a máxima profundidade de corte é o comprimento do gume de corte e a própria resistência do material da ferramenta.

O avanço é igualmente limitado pela potência da máquina-ferramenta, pelo acabamento superficial requerido e pelo próprio avanço máximo disponível na máquina.

Já o acabamento superficial da peça depende do avanço (f), do raio do gume da ferramenta (r) e da profundidade de corte. A equação abaixo é uma boa aproximação para a rugosidade obtível nesses casos:

$$R_t = f / 8.r$$

Na figura a seguir tem-se um quadro que resume as restrições tecnológicas e os dados de usinagem afetados por essas restrições.

B - O PADRÃO GRÁFICO IGES

Como foi apresentado na proposta para a solução do problema da integração CAD/CAPP, a análise da peça será feita sobre um arquivo gráfico no formato padrão.

O IGES (Initial Graphics Exchange Specification) foi escolhido por alguns motivos fundamentados, principalmente, na sua aceitação cada vez maior, à nível mundial, como padrão para a troca de arquivos entre sistemas CAD. Outro fato que levou a utilizá-lo foi o de se possuir uma literatura bastante completa no que diz respeito à sua aplicabilidade, as dificuldades de utilizá-lo e principalmente, sobre a sua estrutura completa, ou seja, a própria norma IGES.

B.1 INTRODUÇÃO

IGES - Initial Graphics Exchange Specification, vem sendo considerado, a nível mundial, como o mais popular método para transferência de dados entre sistemas CAD de diferentes fabricantes.

Foi desenvolvido em 1979 sob a liderança da National Bureau of Standards, com a participação de usuários e fabricantes de sistemas CAD de vários países do mundo, na tentativa de encontrar um protocolo padrão para transferência de dados entre os sistemas CAD.

A versão 1.0 foi publicada em 1981, a 2.0 em 1982 e a 3.0 em 1986. Sua criação surgiu das dificuldades encontradas nos anos 70, quando se iniciou a proliferação da incompatibilidade entre arquivos gráficos de sistemas CAD de diferentes fabricantes.

O IGES utiliza o princípio do "arquivo neutro". Para se ter uma idéia das facilidades que essa técnica traz, é dado o seguinte exemplo:

Possui-se 4 sistemas CAD mutuamente diferentes e necessita-se viabilizar a comunicação entre os mesmos. Nesse caso, 12 programas seriam necessários para a transferência de dados. Para cada 2 sistemas CAD, seriam necessários um programa que interprete os dados do sistema A para utilizar em B e outro programa para interpretar em B e utilizar em A. Ver figura B1.

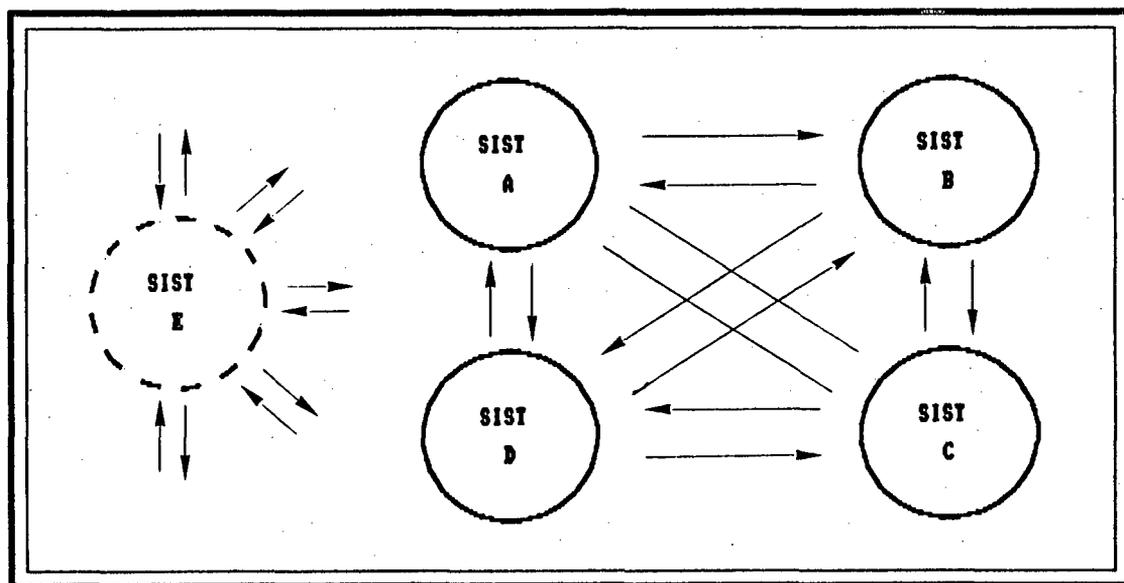


Fig. B.1 - A transferência de dados

No caso de se adicionar um quinto sistema diferente, necessita-se elaborar mais oito programas, para continuar existindo a possibilidade de total intercambiabilidade entre os arquivos gráficos dos sistemas em questão.

No caso da utilização de um arquivo neutro, necessita-se de um tradutor para o arquivo neutro e de um interpretador do mesmo arquivo neutro. Com isso, para quatro sistemas necessita-se de quatro interpretadores e quatro tradutores, além disso, para cada novo sistema necessita-se da construção de apenas dois novos programas (um tradutor e um interpretador). Fig. B.2.

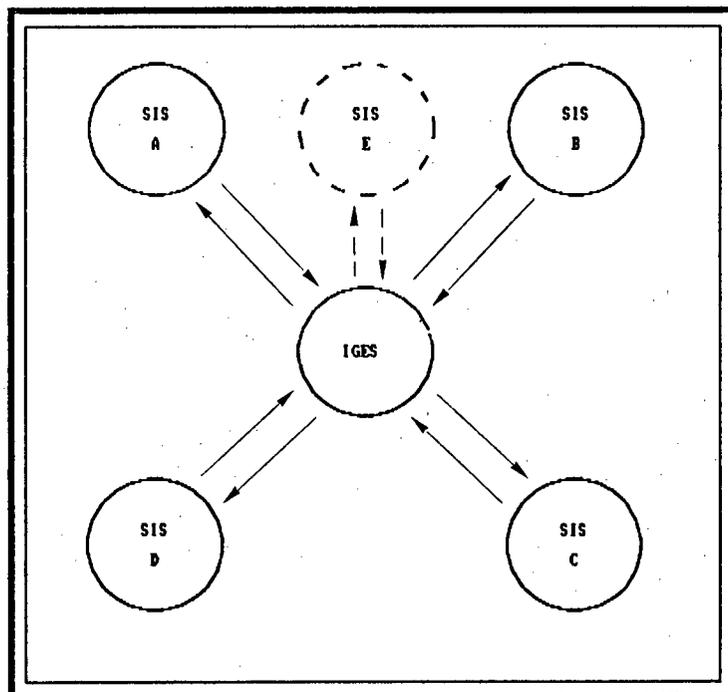


Fig. B.2 - O arquivo neutro

Outro lado positivo do uso da técnica de arquivo neutro é o fato de que esses arquivos podem ser guardados por um longo período (20 - 50 anos) e só então serem retrabalhados. Esse fato possibilita, por exemplo, que um arquivo criado hoje possa ser trabalhado daqui a 30 anos em um sistema CAD totalmente diferente, que ainda será criado!!! Com isso as empresas podem acompanhar de perto a evolução em termos de Hardware e Software sem que tenha de reprojeter tudo que já fizera com um equipamento antigo.

O Software que faz a tradução do arquivo gerado pelo sistema CAD para o IGES chama-se pré-processador e o que faz o caminho de volta, pós-processador. O sucesso da transferência de dados entre sistemas CAD, depende exclusivamente desses processadores.

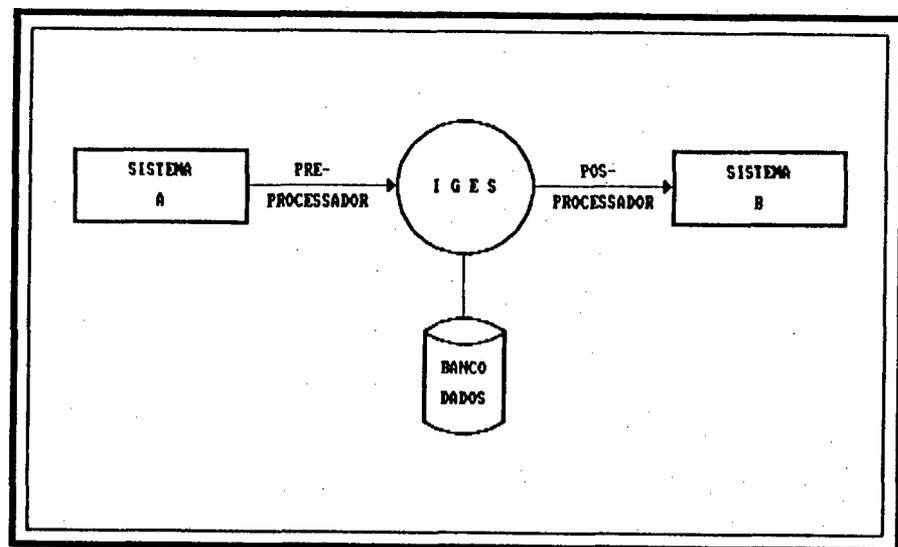


Fig. B.3 - Os processadores

B.2 A ESTRUTURA DO IGES

A FORMA DOS ARQUIVOS IGES

Já se sabe que um formato que permita a troca, entre sistemas CAD, da definição de um produto necessita, no mínimo, o suporte para comunicação de dados geométricos, anotações e dados de organização.

O formato IGES trata a definição dos produtos como um arquivo de entidades, cada uma sendo representada com sua devida formatação. As entidades mencionadas incluem formas comuns encontradas em sistemas CAD, tais como linhas, pontos, círculos, arcos, planos, etc... A unidade fundamental da informação do IGES é a entidade. As entidades são divididas em geométricas e não geométricas. As geométricas definem a parte física da peça que está sendo representada, enquanto que as informações não geométricas são usadas para enriquecimento do projeto, através de informações, perspectivas, dimensionamento, notas gerais, etc... O arquivo IGES consiste de cinco seções básicas:

- inicial
- global
- diretório
- parâmetros
- terminal

Um projeto pode ter quantas entidades forem necessárias e para cada entidade tem-se uma entrada na secção diretório além dos parâmetros descritos, conforme seu tipo, na secção de parâmetros. Os dados de diretório e paramétricos são interligados por meio de apontadores bi-direcionais, para cada entidade. As entidades são providas de associatividade e propriedades. A associatividade cria um mecanismo que estabelece as relações entre o conjunto das entidades. As propriedades denotam características específicas tais como: cor, espessura de linha, tipo, etc... Cada formato de entidade é criado permitindo um número arbitrário de apontadores para associatividade e propriedades.

A seguir são apresentadas mais de perto as cinco secções básicas e suas estruturas.

B.3 A SECÇÃO INICIAL

- Tem como identificador o código ASCII da letra "S".
- Sua função é a de possibilitar a leitura, pelo homem, sobre o conteúdo do arquivo que está se iniciando. Dá informações gerais sobre o arquivo. Utiliza as colunas 1-72 e não tem formato pré-definido pelo IGES. A única exigência é a de conter a letra "S" na coluna 73 seguida de um número de se-

quência nas colunas 74-80.

Esta secção pode ser lida pelo usuário	S00000001
É o prólogo do arquivo. Pode conter um número arbitrário de registros.	S00000002
	S00000003
Utiliza caracteres ASCII nas colunas 1-72.	S00000020

Fig. B.4 - A secção inicial

B.4. A SECÇÃO GLOBAL

- Contém informações que descrevem o pré-processador e outras que são requeridas pelos pós-processador, a fim de manusear o arquivo.

- A letra "G" deve aparecer na coluna 73, além do número de sequência. Os primeiros dois parâmetros são usados para redefinir o delimitador e o delimitador de caracteres gravados, se necessário. Os caracteres "default" são a vír-

gula e o ponto e vírgula respectivamente.

Formato básico da secção global:

Parâmetro	Tipo de campo	descrição
1	string	caracter delimitador (,)
2	"	Delimitador gravação(;;)
3	"	Identif. do produto
4	"	Nome do arquivo
5	"	Sys.ID/Sys.vendor/Versão
6	"	Versão tradutor
7	Integer	Bits repr. inteiros
8	"	Bits precis. simples (exp)
9	"	Bits precis. simples (mant)
10	"	Bits precis. dupla (exp)
11	"	Bits precis. dupla (mat)
12	string	Ident. do produto
13	Pto.Flut.	Escala
14	Integer	Unit Flag
15	String	Unidade (1 - inch 2 - mm)
16	Integer	Num. max. peso linhas
17	Pto. Flut.	
18	String	Data
19	Pto. Flut.	Resolução min.
20	"	Coord. máxima

21	String	Nome do autor
22	"	Empresa

B.5 A SECÇÃO DIRETÓRIO

Essa secção é composta de um diretório de entrada para cada entidade do arquivo. Esse diretório é fixo em tamanho e contém 20 campos de oito caracteres.

Os objetivos da secção diretório são os de possibilitar uma indexação para o arquivo, contendo informações de atributos de cada entidade. A ordem é arbitrária com a exceção de que uma entidade definição deve sempre preceder todas as outras. Alguns dos campos do diretório podem conter tanto um valor atribuído diretamente, como um apontador para outros valores. Nesses campos, um número negativo significa um apontador enquanto que um positivo indica um valor absoluto. A figura abaixo mostra uma listagem abreviada dos campos que constituem o diretório de entrada para cada entidade.

TIPO ENTIDADE	DADO PARAMETRICO	VERSAO	TIPO DE LINHA	NIVEL	VISTA	MATRIZ DEFINICAO	ROTULO DO DISPLAY	STATUS	SEQUENCIA
1 #	2 ►	3 # ►	4 # ►	5 # ►	6 ►	7 ►	8 ►	9 # ►	10 D-----
TIPO ENTIDADE	PESO DA LINHA	N. DA PENA	PARAM. CONTADOR	N. DE FORMA	RESERU.	RESERU.	ROTULO ENTIDADE	SUB-GRUPO	SEQUENCIA
11 #	12 #	13 #	14 #	15 #	16	17	18	19 #	20 D-----

► APONTADOR
VALOR ATRIBUIDO

Fig. B.5 - A secção diretório

B.6. SECÇÃO DE PARAMETROS

Essa secção contém os parâmetros associados a cada entidade que compõe o desenho. Os dados paramétricos estão organizados de modo livre, tendo como delimitador "default" a vírgula. Algumas regras são seguidas como:

O primeiro campo do formato livre deve conter o número código da entidade.

O formato livre termina na coluna 64. As colunas 65-72 devem conter o número de sequência do primeiro registro do diretório da entidade.

A coluna 73 deve conter a letra "P" e as demais contêm o número de sequência.

Abaixo é mostrada a estrutura básica da secção de parâmetros.

65	73
Num. da entidade	P Num. de seq.
Parâmetros separados por	P Num. de seq.
Vírgula	
.	.
.	.
.	.
Parâmetros separados por	P Num. de seq.
Vírgula	

Na lista a seguir tem-se algumas entidades geométricas e seu código correspondente.

ENTIDADE	NÚMERO CÓDIGO
Arco Circular	100
Curva composta	102
Arco Cônico	104
Plano	108
Linha	110
Curva Spline Param.	112
Super. Spline Param.	114
Ponto	116
Superfície	118
Sup. de revolução	120
Cilindro Tabulado	122
Matriz transformação	124
Caminho linear	106

A seguir são apresentadas tres entidades básicas e seu formato para os dados paramétricos.

ARCO CIRCULAR - 100

Param.	Valor	Formato	Comentárioa
1	ZT	Pto.Flut	Dist.paral.ao plano Xt, Yt
2	X1	"	Abcissa do Centro
3	Y1	"	Ordenada do centro
4	X2	"	Abcissa pto. inicial
5	Y2	"	Ordenada pto. inicial
6	X3	"	Abcissa pto. final
7	Y3	"	Ordenada Pto. final
8	N	Inteiro	Num. de "back pointers"
9	DE	Ponteiro	Pont. para notas gerais
8+N	DE	Ponteiro	
9+N	M	Inteiro	Num. de propriedades
10+N	DE	Ponteiro	
			Apontam p/ propriedades
9+N+M	DE	Ponteiro	

LINHA - 110

Param.	Valor	Formato	Comentário
1	X1	Pto. Flut	
2	Y1	"	Ponto Inicial
3	Z1	"	
4	X2	"	
5	Y2	"	Ponto Final
6	Z2	"	
7	N	Inteiro	Num "back pointers"
8	DE	Apontador	Apont.p/ notas gerais
7+N		DE	Apontador
8+N	M	Inteiro	Num. de propriedades
9+N	DE	Apontador	Apont. p/propriedades
8+N+M	DE	Apontador	

PONTO - 116

Param.	Valor	Formato	Comentário
1	X	Pto. Flut.	
2	Y	"	Coord. do ponto
3	Z	"	
4	PTR	Apontador	Aponta p/figura
5	N	Inteiro	Num. de "back pointers"
6	DE	Apontador	
			Associa notas gerais
5+N	DE	Apontador	
6+N	M	Inteiro	Num. de propriedades
7+n	DE	Apontador	
			Aponta p/propriedades
6+N+M	DE	Apontador	

Da mesma forma que para entidades geométricas, tem-se um número código para as entidades não geométricas, as quais estão divididas em:

- entidades de anotação

- entidades estruturais

Anotações:

Nome	Código
Dimensão angular	202
Linha de centro	106
Dimensão de 0	206
Dimensão de raio	222

Estruturais

Nome	Código
Associatividade	302
Macros	306
Propriedades	406
Vistas	410
Definição Texto	310

Assim, de forma semelhante, tem-se uma formatação de parâmetros para cada entidade, seja ela geométrica ou não.

B.7 - A SECÇÃO TERMINAL

Só existe um registro na secção terminal do arquivo. Esse registro é dividido em 10 campos de 8 bits cada. Essa secção deve ser o último registro do arquivo e possui um "T" na coluna 73, seguindo de um número de sequencia nas colunas 74-80. Vale salientar que fazem parte dessa secção os seguintes itens:

- Identificador "T"
- Contador de Bytes
- ASCII "B"
- Cont. Bytes secção binária
- ASCII "S"
- Cont. de bytes da secção inicial
- ASCII "G"
- Cont. de bytes da secção global
- ASCII "D"
- Cont. de bytes da secção diretório
- ASCII "P"
- Cont. de bytes da secção parâmetros

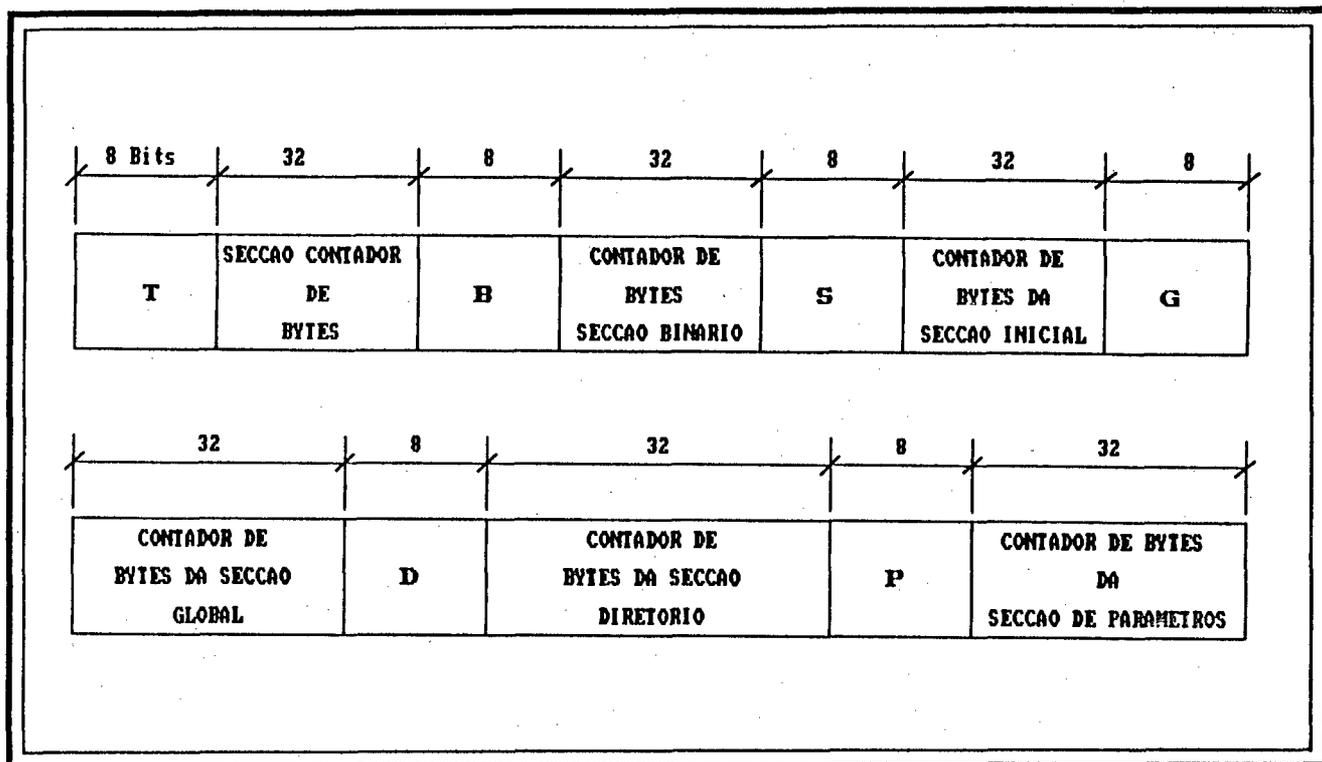


Fig. B.6 - A secção terminal

B.9 - A SITUAÇÃO ATUAL

Atualmente o IGES é oficialmente utilizado por mais de 30 fabricantes de sistemas CAD. Geralmente, é o primeiro método utilizado na transferência de dados de um sistema CAD para outro. Na realidade, algumas vezes o sucesso dessas transferências chega a 100%; em outros é de 0%. Na maioria dos casos se situa entre esses dois extremos. Em geral pode-se dizer que esse percentual de sucesso depende basicamente dos processadores e dos tipos de utilidades que estão sendo

transferidos. É claro que é muito mais fácil transladar linhas, círculos e pontos de uma superfície bidimensional do que superfícies complexas de uma estrutura tridimensional!

Um bom procedimento para se avaliar a performance da transferência de arquivo via IGES, é a construção de três tipos de arquivos a serem transferidos. O primeiro contendo linhas, pontos e círculos. O segundo testa uma grade. Constrói-se uma série de caixas e coloca-se em cada caixa uma entidade diferente. Esse tipo de teste faz com se saiba se que tipos de entidades são transferidas com sucesso no caso em questão. O terceiro utiliza o desenho normal de uma peça qualquer.

O mais importante método de avaliação do sucesso de uma transferência é por meio de plotagens. Uma anterior à transferência e outra posterior, analisando-as por comparação. Nesse caso pode-se, por exemplo, avaliar o fator cor, espessura de linha, e outros mais.

A causa desses maiores ou menores sucessos quando da transferência de arquivos é o fato de cada desenvolvimento de sistema CAD "produz" seus próprios processadores e, devido à grande variedade de dados existentes no IGES, alguns produzem melhores processadores que outros.

B.9.1 As novas versões

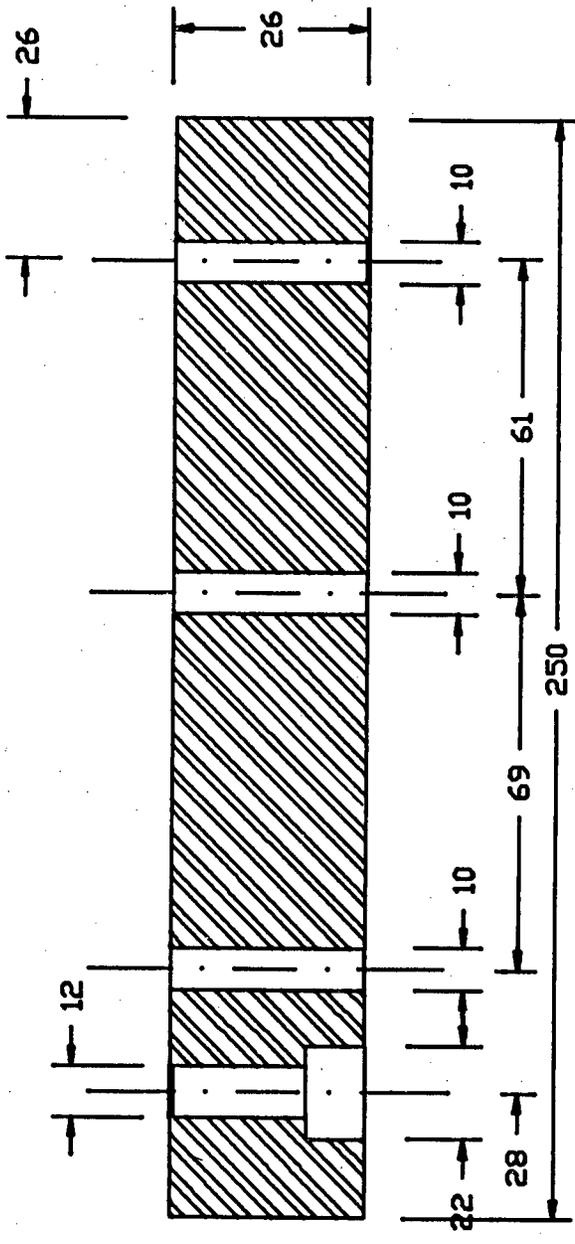
Atualmente, o IGES se encontra em sua 5 versão e alguns melhoramentos foram introduzidos. Desde a versão 3.0, o sistema trabalha com um mecanismo denominado "ASCII comprimido", para reduzir o tamanho dos arquivos gerados. Bibliotecas de símbolos são tratadas com especial atenção e uma nova secção, denominada "binária", passa a compor o arquivo. Na versão 4.0, foi dada especial atenção à possibilidade do padrão representar modelos sólidos, especialmente para trabalhar em elementos finitos. Esses desenvolvimentos prosseguiram durante a versão 5.0, encerrada em dezembro de 1987. A National Bureau of Standards (NBS), prosseguiu com seus desenvolvimentos através do PDES (Product Data Exchange Specification), que atualmente serve de apoio à construção daquele que promete ser o padrão mais aceitável na área de definição de produtos, o STEP.

C - UM EXEMPLO APLICADO

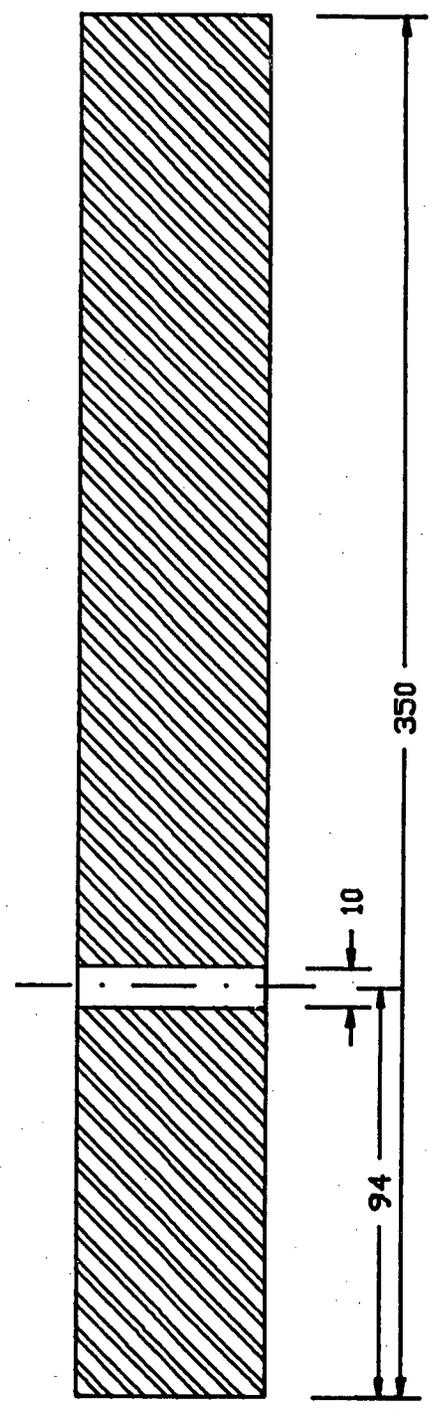
C.1 - Introdução

Esse apêndice ilustra a utilização do sistema em aplicações industriais. Para tanto, foi utilizado o projeto de um molde de injeção, composto por uma série de placas, cada qual com diversos furos a serem executados. A pedido da fonte, algumas cotas foram alteradas e a cavidade não foi detalhada.

Inicialmente é apresentado um desenho de conjunto do molde, em seguida são apresentadas as placas que compõe o molde. Após a análise do desenho pelo sistema, é extraído um relatório, via impressora, contendo as mais diversas informações sobre os furos, comprovando o funcionamento do sistema, já que tal relatório traduz informações contidas no arquivo intermediário desse molde de injeção.



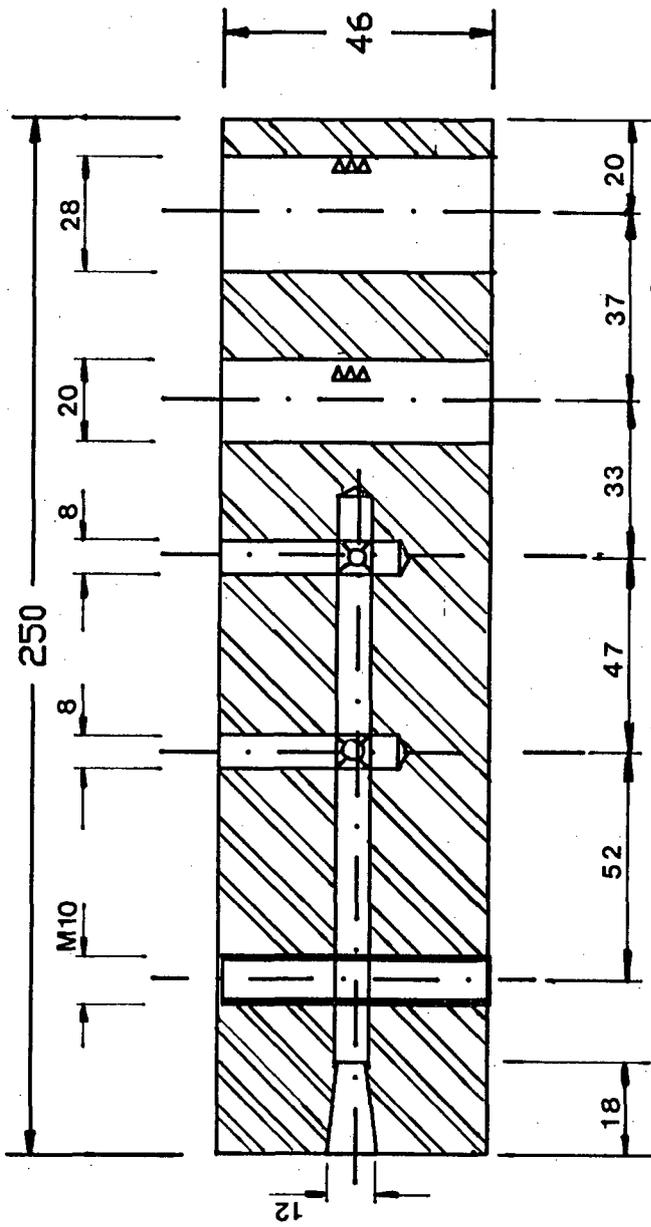
CORTE AA



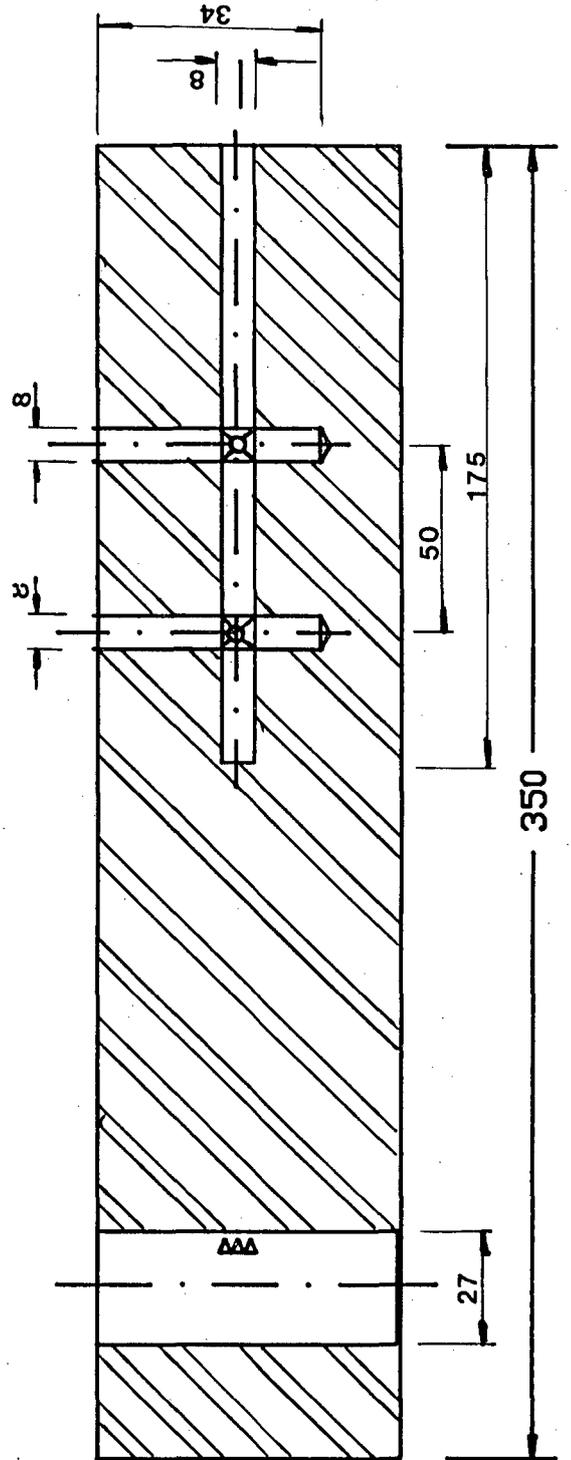
CORTE BB

DETALHE DA PLACA 1

--	--	--

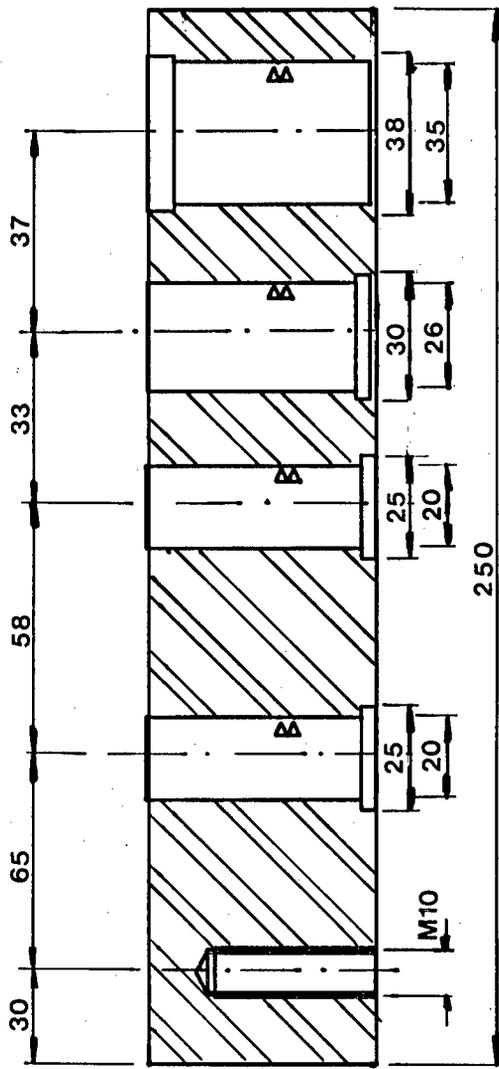


CORTE AA

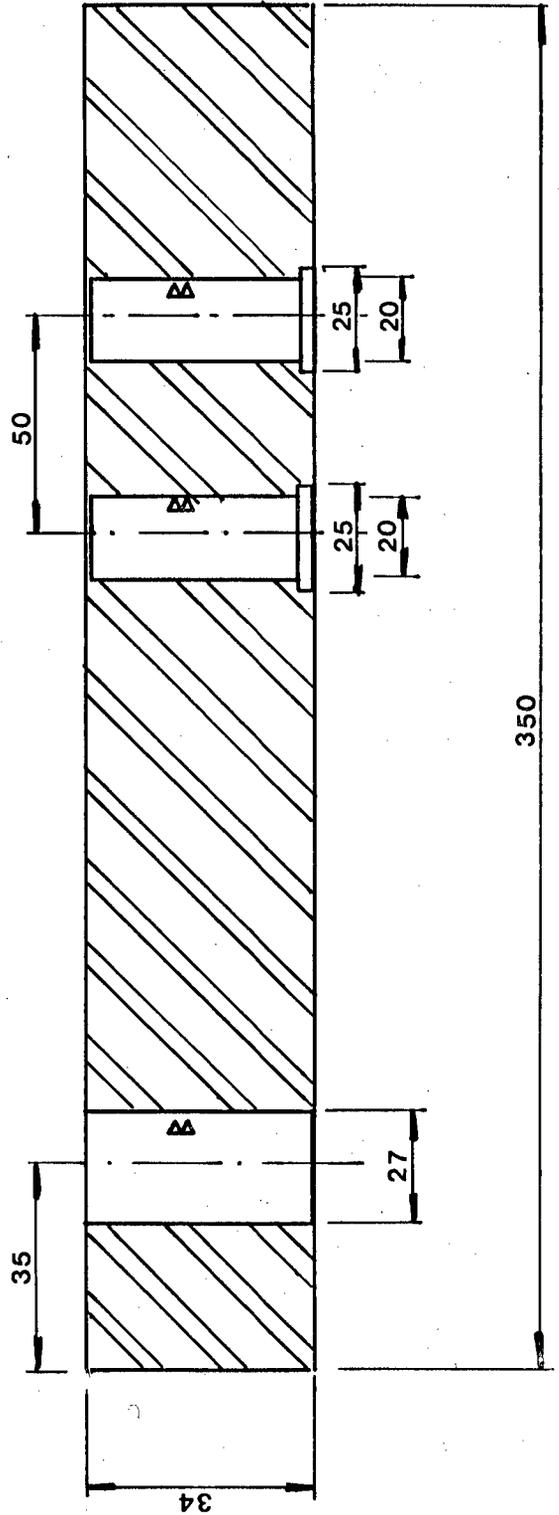


CORTE BB

DETALHE DA PLACA 2

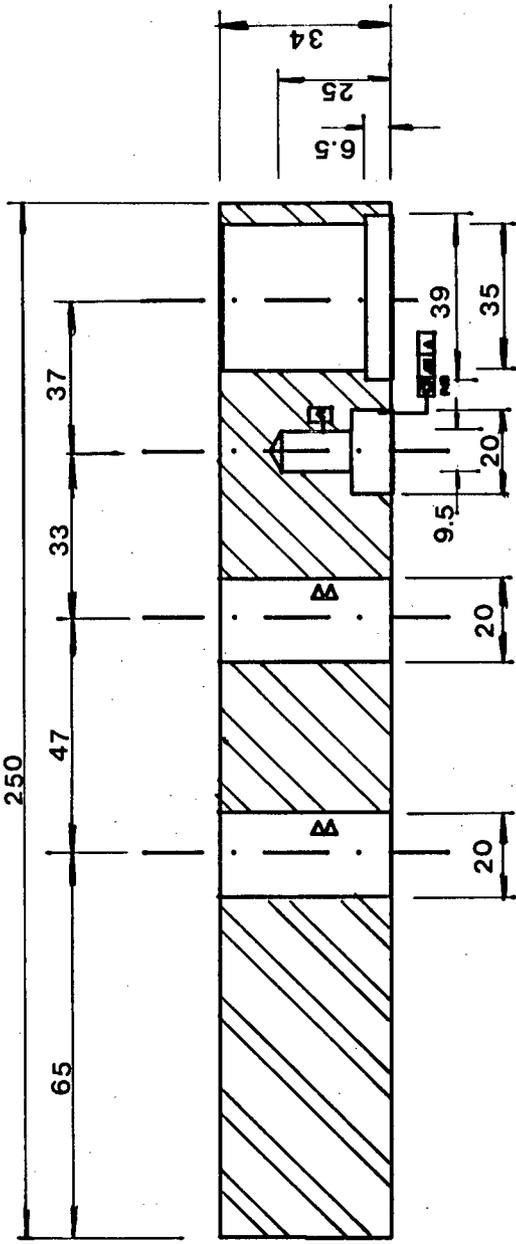


CORTE AA

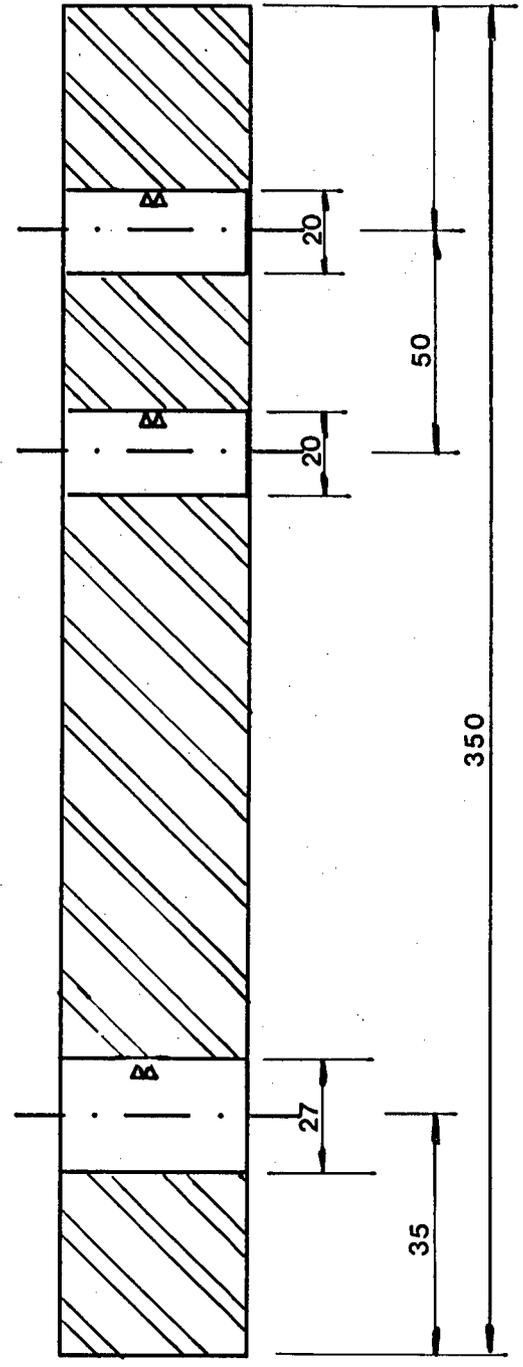


CORTE BB

DETALHE DA PLACA 3

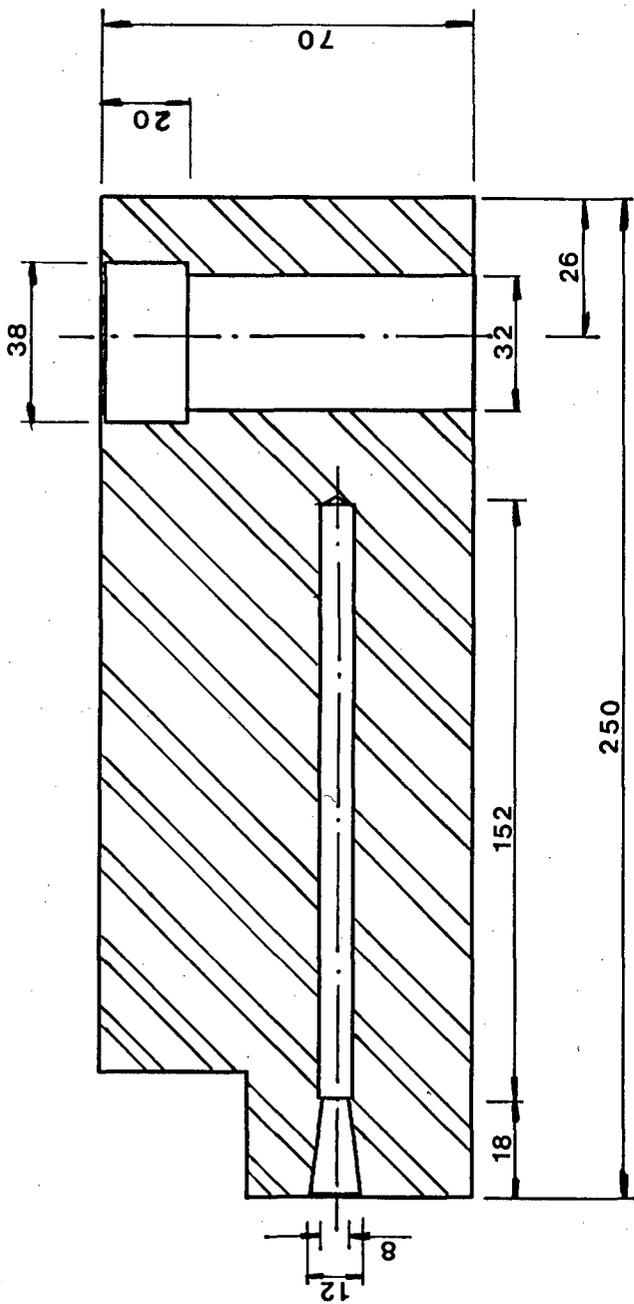


CORTE AA

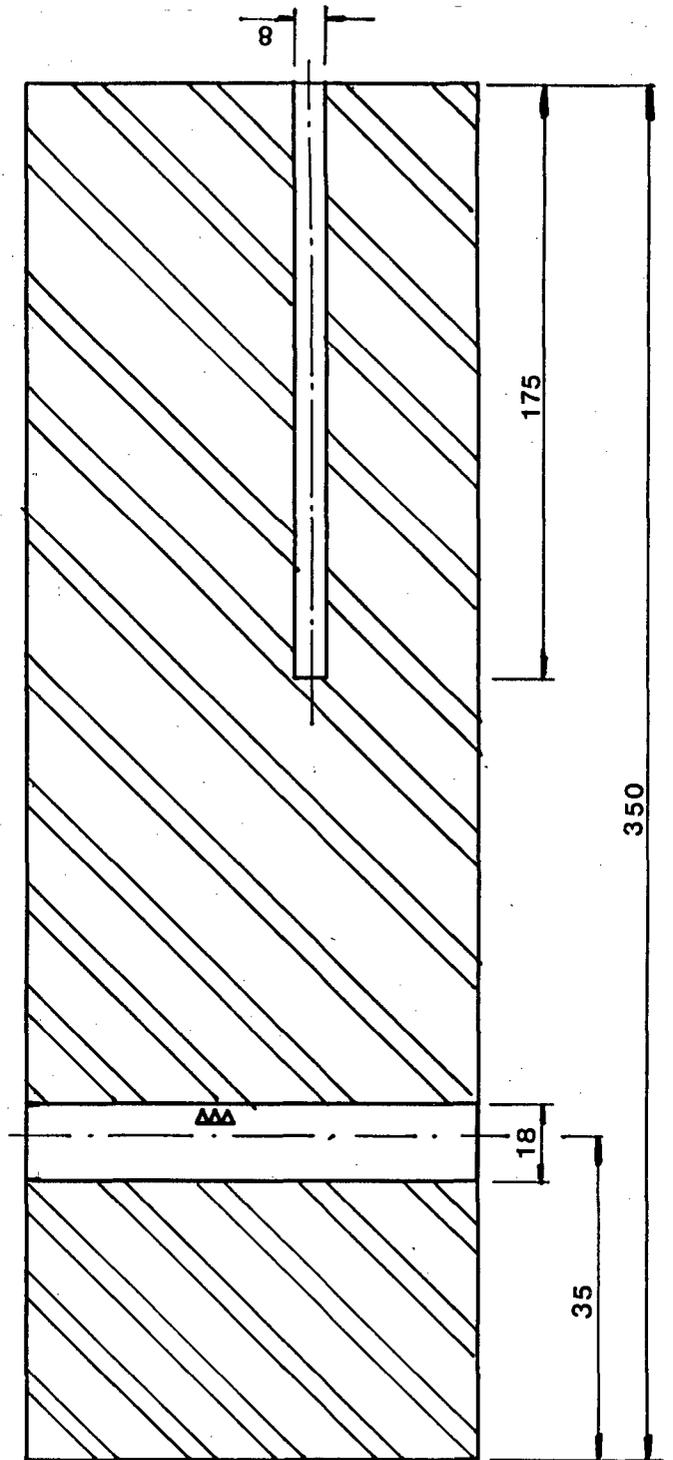


CORTE BB

DETALHE DA PLACA 4

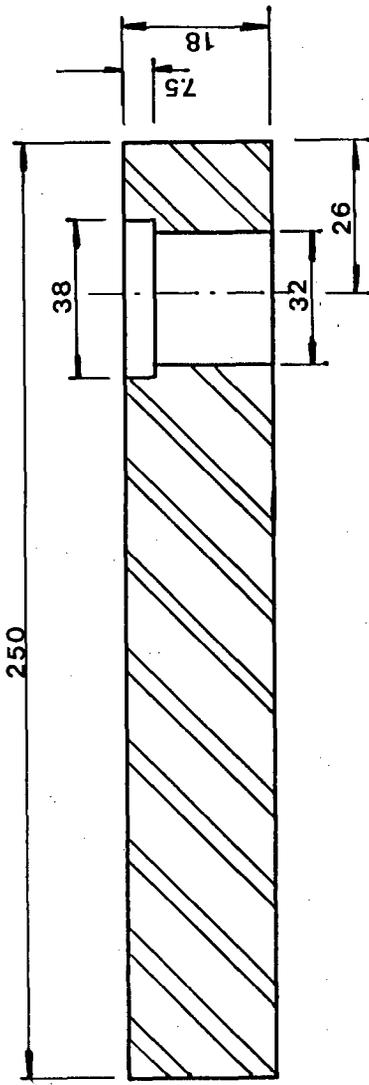


CORTE AA

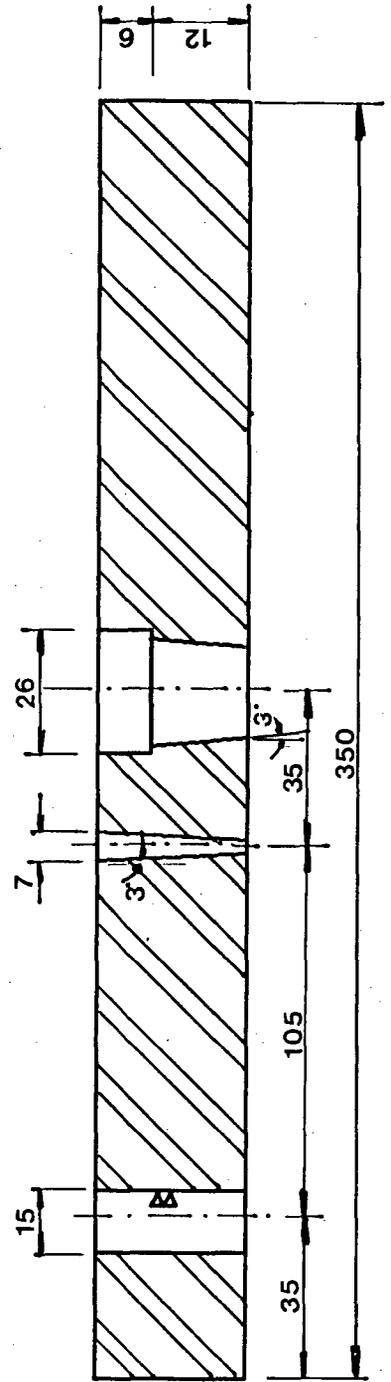


CORTE BB

DETALHE DA PLACA 5



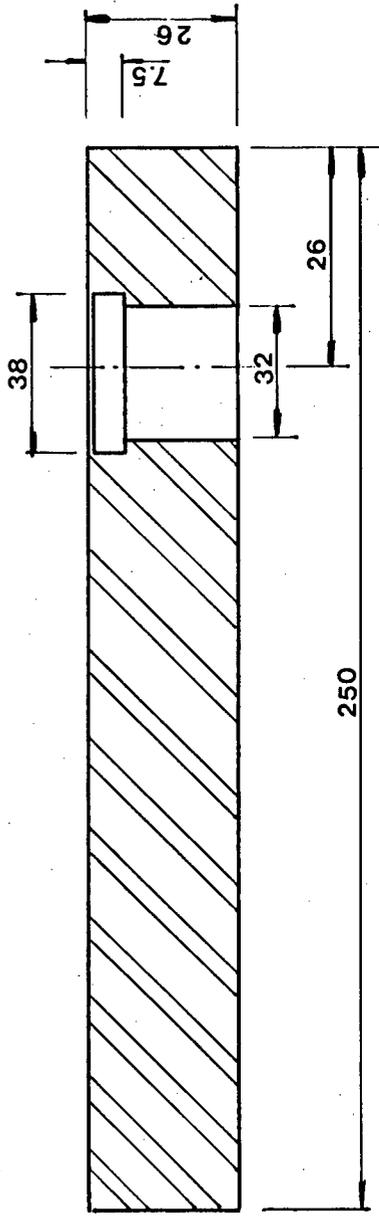
CORTE AA



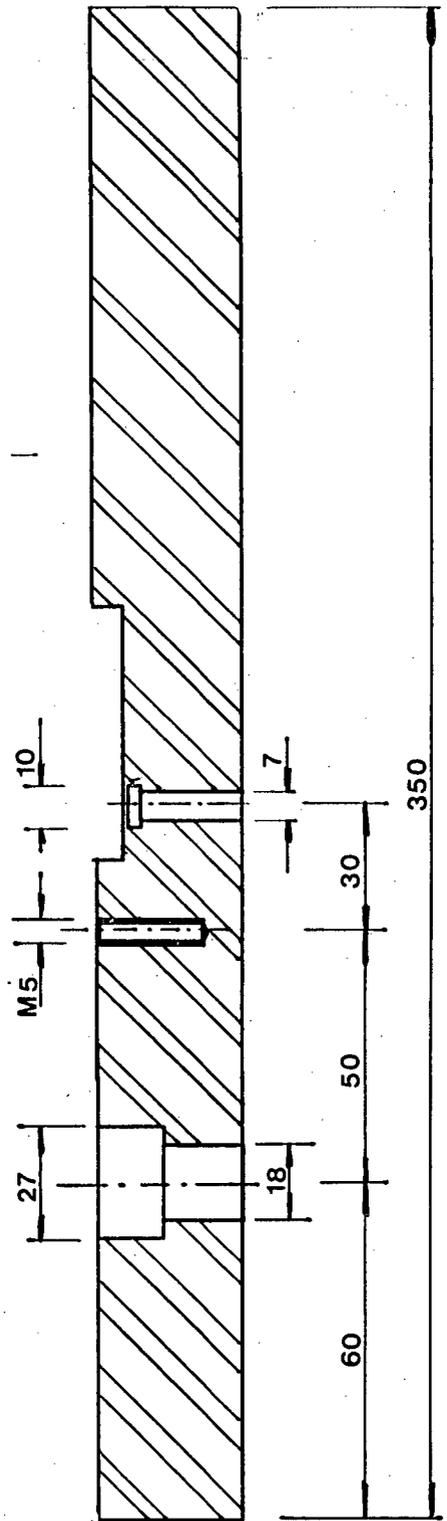
CORTE BB

DETALHE DA PLACA 6

--	--	--

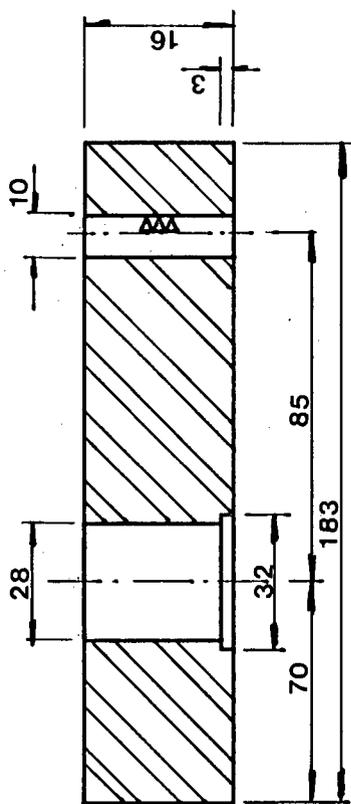


CORTE AA

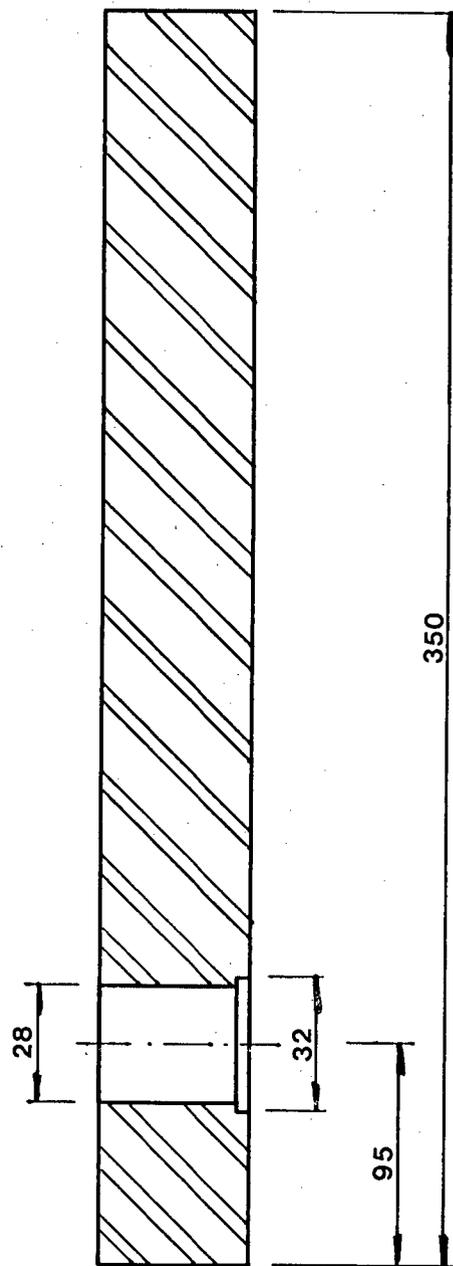


CORTE BB

DETALHE DA PLACA 7

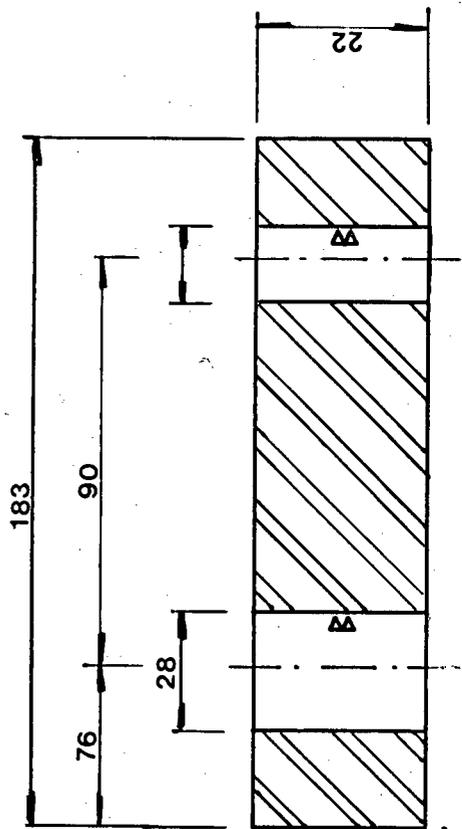


CORTE AA

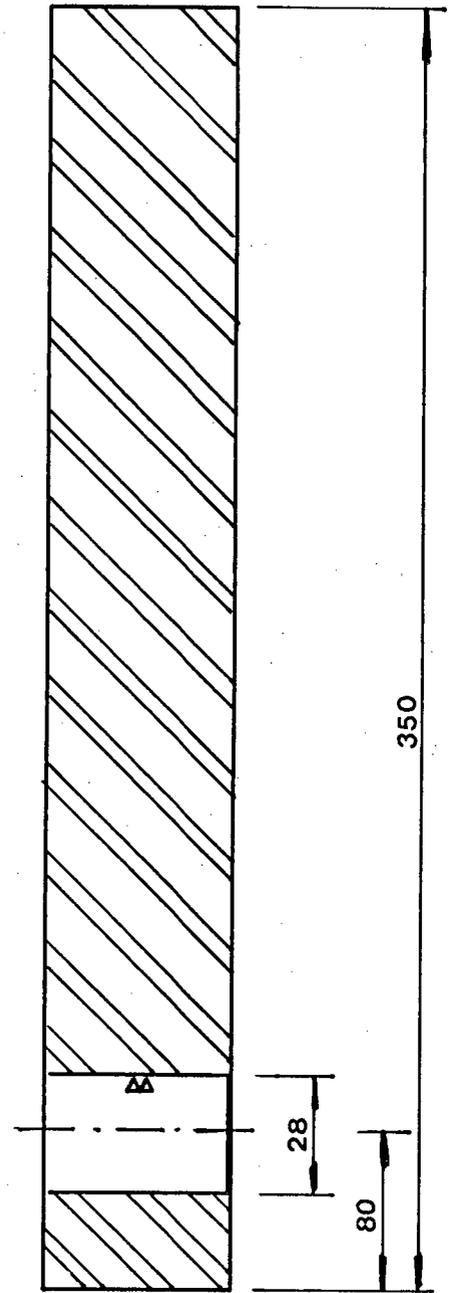


CORTE BB

DETALHE DA PLACA 8



CORTE AA



CORTE BB

DETALHE DA PLACA 9

RELATORIO DAS CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE FURCAO

Nome do arquivo analisado =====>> MOLDE INJECAO

Data : 25/9/1989

*** FURO 3 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 10.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 26.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 4 ***

Tipo : ESCALONADO
Diámetro maior [mm]: 22.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 14.00
Diámetro menor [mm]: 12.00
Profundidade do furo [mm]: 26.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 5 ***

Tipo: CILINDRICO

Diametro [mm]: 10.00 + 0.05
- 0.05

Profundidade [mm]: 26.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

PLACA 2

*** FURO 6 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 28.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 46.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 # 3

*** FURO 7 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 20.00
Profundidade [mm]: 46.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 # 3

*** FURO 8 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 34.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 9 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 34.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 10 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 120.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 11 ***

Tipo : CONICO
Diámetro [mm]: 12.00
Profundidade [mm]: 18.00
Angulo de inclinacao da parede : 7.00

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 12 ***

Tipo de furo : FURO COM ROSCA
Diámetro da rosca : M 10.00
Profundidade [mm]: 46.00
Profundidade da parte roscada [mm]: 64.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 13 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 27.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 46.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] # 3

*** FURO 14 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 34.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 15 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 34.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 16 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 175.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

PLACA 3

*** FURO 17 ***

Tipo : ESCALONADO
Diametro maior [mm]: 38.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 6.50
Diametro menor [mm]: 35.00
Profundidade do furo [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] : 2

*** FURO 18 ***

Tipo : ESCALONADO
Diametro maior [mm]: 30.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 3.50
Diametro menor [mm]: 26.00
Profundidade do furo [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] : 2

*** FURO 19 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 25.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 3.50

Diametro menor [mm]: 20.00

Profundidade do furo [mm]: 34.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 3141] : 2

*** FURO 20 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 25.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 3.50

Diametro menor [mm]: 20.00

Profundidade do furo [mm]: 34.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 3141] : 2

Tipo de furo : FURO COM ROSCA

Diametro da rosca : M 10.00
Profundidade [mm]: 34.00
Profundidade da parte roscada [mm]: 26.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

*** FURO 22 ***

Tipo: CILINDRICO
Diametro [mm]: 27.00 + 0.10
- 0.10
Profundidade [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] : 2

*** FURO 23 ***

Tipo : ESCALONADO
Diametro maior [mm]: 25.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 3.50
Diametro menor [mm]: 20.00
Profundidade do furo [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

*** FURO 24 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 25.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 3.50

Diametro menor [mm]: 20.00

Profundidade do furo [mm]: 34.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

PLACA 4

*** FURO 25 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 20.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

*** FURO 26 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 20.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

*** FURO 27 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 27.00 + 0.10
- 0.10
Profundidade [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] : 2

*** FURO 28 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 28.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] : 2

*** FURO 29 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 20.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 34.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

*** FURO 30 ***

Tipo : ESCALONADO
Diámetro maior [mm]: 20.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 10.00
Diámetro menor [mm]: 9.50
Profundidade do furo [mm]: 25.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

*** Concentricidade ***
Valor ==> 0.05
Referencia ==> A

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

*** FURO 31 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 39.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 6.50

Diametro menor [mm]: 35.00

Profundidade do furo [mm]: 34.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

PLACA 5

*** FURO 32 ***

Tipo : CONICO
Diámetro [mm]: 12.00
Profundidade [mm]: 18.00
Angulo de inclinacao da parede : 7.00

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

*** FURO 33 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 70.00
Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

*** FURO 34 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 18.00 + 0.02
- 0.02
Profundidade [mm]: 70.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 3

*** FURO 35 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 8.00
Profundidade [mm]: 175.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 36 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 38.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 20.00

Diametro menor [mm]: 32.00

Profundidade do furo [mm]: 70.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

PLACA 6

*** FURO 37 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 38.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 7.50

Diametro menor [mm]: 32.00

Profundidade do furo [mm]: 18.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

*** FURO 38 ***

Tipo: CILINDRICO

Diametro [mm]: 15.00 + 0.05
- 0.05

Profundidade [mm]: 18.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos [DIN 3141] : 2

*** FURO 39 ***

Tipo : CONICO
Diámetro [mm]: 7.00
Profundidade [mm]: 18.00
Angulo de inclinacao da parede : 3.00

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 40 ***

Tipo : CONICO
Diámetro [mm]: 26.00
Profundidade [mm]: 12.00
Angulo de inclinacao da parede : 5.00

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 41 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 26.00
Profundidade [mm]: 6.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

PLACA 7

*** FURO 42 ***

Tipo : ESCALONADO
Diámetro maior [mm]: 27.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 17.00
Diámetro menor [mm]: 18.00
Profundidade do furo [mm]: 26.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 43 ***

Tipo : ESCALONADO
Diámetro maior [mm]: 10.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 3.00
Diámetro menor [mm]: 7.00
Profundidade do furo [mm]: 22.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 44 ***

Tipo : ESCALONADO

Diametro maior [mm]: 38.00

Profundidade do rebaixo [mm]: 7.50

Diametro menor [mm]: 32.00

Profundidade do furo [mm]: 26.00

Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

*** FURO 45 ***

Tipo de furo : FURO COM ROSCA

Diametro da rosca : M 5.00

Profundidade [mm]: 22.00

Profundidade da parte roscada [mm]: 22.00

Furo nao passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas caracteristicas

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas caracteristicas

PLACA 8

*** FURO 46 ***

Tipo : ESCALONADO
Diámetro maior [mm]: 32.00
Profundidade do rebaixo [mm]: 3.00
Diámetro menor [mm]: 28.00
Profundidade do furo [mm]: 16.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Nao possui essas características

*** FURO 47 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 10.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 16.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 # 3

PLACA 9

*** FURO 48 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 28.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 22.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

*** FURO 49 ***

Tipo: CILINDRICO
Diámetro [mm]: 18.00 + 0.05
- 0.05
Profundidade [mm]: 22.00
Furo passante

TOLERANCIAS DE FORMA E POSICAO

Nao possui essas características

DADOS SOBRE ACABAMENTO SUPERFICIAL

Numero de triangulos EDIN 31411 : 2

