

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

PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
COMPUTADORIZADO DE BANCO DE DADOS DE USINAGEM (CINFUS)

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

LOURIVAL BOEHS

FLORIANÓPOLIS, SETEMBRO DE 1988

PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
COMPUTADORIZADO DE BANCO DE DADOS DE USINAGEM (CINFUS)

LOURIVAL BOEHS

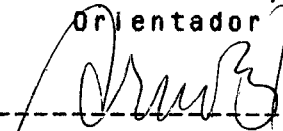
ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
FABRICAÇÃO, APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA.



Aureo C. Ferreira, Ph.D.
Orientador

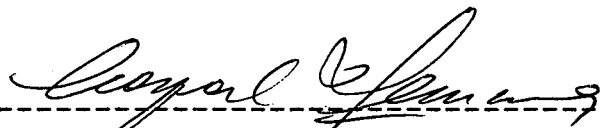


Arno Blass, Ph.D.
Coordenador do Curso


BANCA EXAMINADORA:



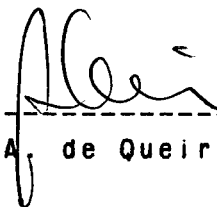
Aureo C. Ferreira, Ph.D.
Presidente



Caspar E. Stemmer, Esp.Eng.Mec.



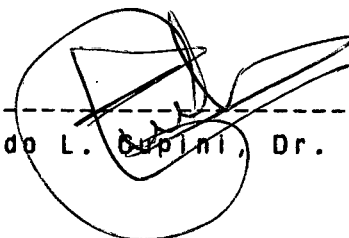
Walter L. Weingaertner, Dr.-Ing.



Abelardo A. de Queiroz, Ph.D.



João Lirani, Ph.D.



Nivaldo L. Cipini, Dr. - Eng.

Aos meus pais: Gabriel e Regina

A minha esposa: Astrid

Aos nossos filhos: Carlos Gabriel e Gustavo

A G R A D E C I M E N T O S

Ao professor Aureo, pela sua orientação sempre firme e objetiva, assim como pelo seu constante incentivo e apoio nas horas de maior dificuldades.

Ao professor König, pela oportunidade que me proporcionou para realizar parte dos estudos no WZL, assim como pela sua orientação, amizade e seu constante apoio durante nossa permanência na Alemanha.

Ao professor Hirsch, pela indicação do tema de tese escolhido e por ter viabilizado a minha estada no WZL.

Ao professor Stemmer, pela sugestão do tema de Tese, pela sua constante disposição e colaboração sempre que foi solicitado, assim como pelas valiosas sugestões que apresentou em relação ao trabalho.

A Frau Wahre, pela sua atuação eficiente e pessoal nas resoluções burocráticas junto ao DAAD.

Aos ex-colegas do WZL pela amizade e discussões técnicas que realizamos.

Ao Renato, pela sua dedicação e esmero na realização de múltiplas tarefas que ajudaram este trabalho a se tornar uma realidade.

Aos ex-acadêmicos Dilto e Jane pelas valiosas contribuições na elaboração de "software". Os mesmos agradecimentos são extensivos ao acadêmico Adilson.

Ao colega Walter, pela revisão do trabalho e suas críticas construtivas.

Ao colega Abelardo, pelas suas sugestões e oportunidades de discussões em torno do tema.

Aos colegas Jair e Hari e suas respectivas famílias, pela amizade e apoio durante as diferentes etapas do curso de Doutorado.

A Rosalva e Soraya, pelo esmero no trabalho de digitação.

A Astrid, minha esposa, pelas inúmeras vezes que se privou dos seus estudos em benefício do meu Doutorado, assim como pela sua valiosa contribuição na revisão do texto deste trabalho.

Aos nossos filhos Carlos Gabriel e Gustavo, pela compreensão que tiveram ao abdicarem de muitas horas de lazer sem minha companhia, em benefício dos meus estudos e deste trabalho.

Aos meus pais que, apesar da origem humilde e suas dificuldades, desde os meus sete anos de idade, sempre foram os

maiores incentivadores para que eu prosseguisse nos estudos, empenhando-se ao máximo para isto se tornar uma realidade.

Ao DAAD, GTZ, WZL, CAPES, CNPq, FINEP, CNEN e UFSC, pelo apoio financeiro e material para a realização dos estudos e das pesquisas.

A WEG, SANDVIK, SECO, SKF, ELETROMETAL AÇOS FINOS S.A., e ao Centro de Pesquisa das Indústrias de Fundição Tupy S.A., pela doação de ferramentas e materias.

A SOBRACON pelo estímulo e apoio na formação do Grupo de Trabalho "Tecnologia de Usinagem", fator decisivo na integração deste trabalho com usuários de diversas empresas.

A todos não citados nominalmente, mas que direta ou indiretamente contribuíram para a efetivação deste trabalho.

S U M Á R I O

SÍMBOLOS E TERMINOLOGIA

RESUMO

ABSTRACT

C A P Í T U L O I	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O ATUAL ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL	1
1.2 - LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA A SER ESTUDADO	3
1.3 - JUSTIFICATIVAS PARA A CRIAÇÃO DO CINFUS	6
C A P Í T U L O II	12
DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E DELIMITAÇÃO DO TEMA A SER ESTUDADO	12
2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO E DELIMITAÇÃO DO TEMA A SER ESTUDADO	12
2.2 - OBJETIVOS GERAIS DO CINFUS	13
C A P Í T U L O III	15
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 - CENTROS DE INFORMAÇÕES (BANCO DE DADOS) DE USINAGEM	15
3.2 - OS PRINCIPAIS CENTROS DE INFORMAÇÕES (BANCO DE DADOS) DE USINAGEM E SEUS PAÍSES DE ORIGEM	17
3.2.1 - Principais características dos bancos de dados de usinagem	19
3.2.1.1 - Modo de operação	19
3.2.1.2 - Estrutura interna de armazenamento	21

3.2.1.3 - Fontes de dados e informações	23
3.2.2 - Interação entre os bancos e usuários	23
3.3 - O CINFUS EM RELAÇÃO AOS DEMAIS BANCOS DE DADOS	25
C A P Í T U L O I V	28
O CENTRO DE INFORMAÇÕES - BANCOS DE DADOS DE USINAGEM "CINFUS"	28
4.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	28
4.2 - O ESTABELECIMENTO DO CENTRO - CONSIDERAÇÕES GERAIS E FINANCEIRAS	28
4.2.1 - Aspectos técnicos para a criação e desenvolvimento do CINFUS	32
4.3 - FONTES DE DADOS E INFORMAÇÕES DE USINAGEM	33
4.3.1 - Padronização e planejamento dos ensaios sistematizados de usinagem	36
4.3.2 - Padronização da coleta de dados de usinagem obtidos sistematicamente	40
4.3.3 - Procedimento experimental para a realização de ensaios sistemáticos de usinagem	43
4.3.4 - Coleta, análise e processamento dos dados procedentes da literatura e da produção	48
4.3.5 - Formas de transferência das informações de usinagem para os usuários	51
4.4 - BANCO DE DADOS E DE MÉTODOS	54
4.4.1 - Estrutura e "software" do banco de dados	55
4.4.2 - Estrutura e "software" do banco de métodos	58
4.5 - DETERMINAÇÃO DE DADOS ORIENTATIVOS DE USINAGEM	63
4.5.1 - Processo de torneamento	68
4.5.2 - Processo de furação	71
4.5.3 - Processo de fresamento	74
4.5.4 - Otimização dos dados de usinagem	77
4.6 - O BANCO DE DADOS EM MICROCOMPUTADOR - SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES	82

4.6.1 - Características do sistema de gerenciamento de informações	85
C A P Í T U L O V	91
INTEGRAÇÃO DO BANCO DE DADOS CINFUS COM SISTEMAS CAD/CAM/CAPP	91
5.1 - A FUNÇÃO DO CINFUS EM RELAÇÃO AOS SISTEMAS CAD/CAM/CAPP	91
5.2 - O BANCO DE DADOS NO SISTEMA EXAPT	92
5.3 - O BANCO DE DADOS NO SISTEMA APT	96
5.4 - O BANCO DE DADOS NO PLANEJAMENTO DO PROCESSO (CAPP) E NO GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS (GEFER)	100
5.4.1 - O Banco de Dados no planejamento do processo (CAPP)	100
5.4.2 - O Banco de Dados no sistema GEFER	103
C A P Í T U L O V I	107
CONCLUSÕES E RECOMENOAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	107
6.1 - CONCLUSOES	107
6.2 - RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	110
BIBLIOGRAFIA	112
APÊNDICE	122
I - CARACTERÍSTICAS DOS PROCESSOS DE TORNEAMENTO, FRESAMENTO E FURAÇÃO	123
1.1 - GENERALIDADES	123
1.2 - ASPECTOS TECNOLÓGICOS E PARÂMETROS OPERACIONAIS	125
1.2.1 - Fatores de restrição na usinagem	129
1.2.2 - Análise para a máxima produção e o mínimo custo de usinagem	132
1.3 - PROCESSO DE TORNEAMENTO	136
1.4 - PROCESSO DE FURAÇÃO	140
1.5 - PROCESSO DE FRESAMENTO	143

II - BIBLIOGRAFIA	149
ANEXOS	153
ANEXO I DOCUMENTOS PADRONIZADOS PARA COLETAR DADOS DA PRODUÇÃO E DA LITERATURA	154
ANEXO II RESULTADOS DE ENSAIOS SISTEMATIZADOS DE USINAGEM COM RESPECTIVOS PROCESSAMENTOS VIA PROGRAMAS DESCRITOS NA SEÇÃO 4.4.2	157
ANEXO III "LAY-OUT" DE TELAS DE VÍDEO E EXEMPLOS DE ARQUIVOS DE DADOS DO SISTEMA DE BANCO DE DADOS IMPLEMENTADO EM MICROCOMPUTADOR	161

S Í M B O L O S E T E R M I N O L O G I A

Na definição dos símbolos e da terminologia, especialmente no que se refere aos parâmetros de usinagem e geometria de ferramentas de corte, procurou-se seguir as normas: DIN 6580 de 1985; ISO/DIS 3002/1, 3002/2, 3002/3 de 1982. Além das normas, utilizou-se como referência o livro "Ferramentas de Corte" de autoria do Professor Caspar Erich Stemmer, editado pela editora da UFSC em 1987. O autor apresenta no seu livro uma abordagem atualizada sobre o assunto, baseado nas normas acima listadas e outras fontes bibliográficas. Não se adotou as normas ABNT por estarem sendo revisadas e adaptadas às normas acima relacionadas.

A	mm ²	Seção de cavaco (aparente de contato)
AP=a _p =a _{min} ...	MM=mm	Profundidade de corte
AR	-	Aço rápido
a _e	mm	Largura de contato
b-B1...	mm	Largura de corte
C.FRES.	m=M	Comprimento de fresamento
CF	CZ\$(OTN)	Custo da ferramenta
CLT	CZ\$(OTN)	Custo do local de trabalho
C-VStand	-	Constante da equação de Taylor generalizada
D	mm=MM	Diâmetro da broca
Dm	mm	Diâmetro médio da fresa
E-EConst	-	Expoente da equação de Taylor generalizada

F-FConst	-	Expoente da equação de Taylor generalizada
F_a	N	Força ativa
$F_c=FC$	N	Força de corte
$FCM=F_{cm}$	N	Força de corte média
F_{ciz}	N	Força de corte por gume, numa posição qualquer na peça (entre ψ_1 e ψ_2)
F_{cmiz}	N	Força de corte média por gume
FCM	N	Força de corte média no fresamento
F_{fn}	N	Força de avanço normal
$F_f=FF$	N	Força de avanço
F_p	N	Força passiva
$F=f$	mm=MM	Avanço
$FZ=f_z$	mm	Avanço por dente
f_{zr}	mm	Avanço por dente na direção radial
G-GConst	-	Expoente da equação de Taylor generalizada
H-HConst	-	Expoente da equação de Taylor generalizada
HB	-	Dureza do material segundo Brinell
$h-H1\dots$	mm	Espessura de corte (ou de cavaco)
I	-	Expoente da equação de Taylor generalizada
KB	mm	Largura da cratera na face da ferramenta
$k_{c1.1}=k_{s1.1}$	N/mm ²	Força específica de corte (para uma seção de cavaco de $b.h=1.1\text{mm}^2$)
$k_{f1.1}$	N/mm ²	Força específica de avanço
KM	mm	Distância do centro da cratera até o gume, na face da ferramenta
$k_{p1.1}$	N/mm ²	Força específica passiva
KT	mm	Profundidade da cratera na face da ferramenta

L	mm=MM	Somatório da profundidade dos furos (comprimento de furação)
MC	N.m=N.M	Momento de corte (Torçor)
N-n	min ⁻¹ =rpm	Rotação
PA	kW	Potência necessária para acionar a máquina-ferramenta durante a usinagem (corte)
PC	kW	Potência necessária para realizar a usinagem do material
R _t	Mm	Rugosidade da superfície usinada (da peça)
r ² =R ²	-	Coefficiente de determinação
r	mm	Raio de quina da ferramenta
T	min=MIN	Tempo de usinagem (ou vida da ferramenta)
TF	min=MIN	Vida da ferramenta medido em relação ao avanço
T _{min.c}	min	Vida da ferramenta para o mínimo custo de usinagem
T _{máx.p}	min	Vida da ferramenta para a máxima produção
TTF	min	Tempo de troca da ferramenta
u	mm	Excesso lateral da fresa
V	CM ³ /MIN	Volume de cavaco
VB	mm=MM	Largura da marca de desgaste na superfície de incidência da ferramenta (ou flanco da ferramenta)
VF	mm/min=MM/MIN	Velocidade de avanço
VK	mm	Desgaste genérico (qualquer) da ferramenta (Ex. VB)
V _c -V _{min}	m/min	Velocidade de corte
V _e	m/min	Velocidade efetiva
W	min ⁻¹	Velocidade angular
W _{ciz}	N.ψ _C	Trabalho de corte por gume
Z	-	Quantidade de gumes (dentes) da fresa

Z_c	-	Quantidade de gumes (dentes) da fresa em contato com a peça num dado instante
$(1-m_c)=(1-z)$	-	Expoente da força de corte (em função da espessura de corte h)
$(1-m_f)$	-	Expoente da força de avanço
$(1-m_p)$	-	Expoente da força passiva
α	Graus	Ângulo de folga (incidência)
γ	Graus	Ângulo de saída
λ	Graus	Ângulo de inclinação do gume
σ	Graus	Ângulo de ponta da broca
χ	Graus	Ângulo de direção (posição) do gume (aresta) da ferramenta
ψ	Graus	Ângulo de penetração
ψ_c	Graus	Ângulo de corte
$\widehat{\psi}_c$	rd	Comprimento do arco de corte
ψ_1	Graus	Ângulo de contato na entrada do gume na superfície da peça
ψ_2	Graus	Ângulo de contato na saída do gume da superfície da peça

B I O G R A F I A D O A U T O R

DADOS PESSOAIS

Lourival Boehs
Nascido em 20 de agosto de 1949, em Santo Antônio, Município de São Bonifácio - S.C.

Pais: Gabriel Boehs
Regina E. R. Boehs

FORMAÇÃO

Curso Primário: 1958 - 1962 - Escola Estadual Desdobrada de Santo Antônio. São Bonifácio - S.C.

Curso Ginásial: 1963 - 1966 - Ginásio Moderno Aderbal Ramos da Silva. Estrelito - Florianópolis - S.C.

Curso Secundário: 1967 - 1969 - Curso Técnico Mecânico - Escola Técnica Federal de Santa Catarina. Florianópolis - S.C.

Curso Superior: 1970/2 - 1976/1 - Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis - S.C.

Mestrado: 1977 - 1979/1 - Área de Concentração - Fabricação - UFSC.

Doutorado: 1981/2 - 1983/1 - Área de concentração - Fabricação - UFSC.

1983/2 - 1985/1 - WZL - Laboratório de Máquinas Ferramenta da Universidade Técnica de Aachen - R.F.A.

1985/2 - 1988/2 - Conclusão na Universidade Federal de Santa Catarina.

ATIVIDADES PROFISSIONAIS

Desde julho de 1976 integrante do corpo docente do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, onde desde então ministra a disciplina de Processos de Fabricação I (Usinagem e Máquinas-Ferramenta).

1976/2 - 1983/1 - Coordenador das atividades do Laboratório de Máquinas-Ferramenta da UFSC.

R E S U M O

O presente trabalho trata do projeto e da implantação do primeiro sistema computadorizado de banco de dados de usinagem, desenvolvido no Brasil e implementado tanto em computador de grande porte (IBM-4341) quanto em microcomputador do tipo PC-IBM. Tal sistema faz parte do Centro de Informações de Usinagem (CINFUS), instalado no departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, que dispõe de uma infra-estrutura de pessoal e equipamentos capaz de atender às necessidades desse Centro de Informações. As atribuições principais do Centro são: geração, coleta, armazenamento e divulgação de dados de usinagem, principalmente para o ambiente industrial brasileiro.

A opção pelo citado tema de trabalho, deve-se às dificuldades que existem, na indústria metal-mecânica nacional, para se obter dados de corte que possam representar as condições de usinagem mais favoráveis em relação a custos, volume de fabricação e qualidade do produto a ser produzido. Esta constatação é válida para os diferentes processos de usinagem.

Nessa etapa inicial de funcionamento o sistema foi desenvolvido para os processos de torneamento, fresamento e furação.

O trabalho comprova o grande potencial do sistema de banco de dados de usinagem, não só através de suas múltiplas aplicações, mas também através de suas características de funcionamento e possibilidades para formação de uma ampla base de dados, cujo crescimento tornará seu conteúdo cada vez mais representativo. Em função desse resultado, justifica-se o investimento na expansão do sistema para outros processos de usinagem, assim como para a intensificação dos trabalhos experimentais, com vistas à obtenção de dados de usinagem complementares.

A B S T R A C T

The present study deals with the design and setting up of Brazil's first computerized machining Data Bank System (CINFUS), implemented on main-frame (IBM-4341) and IBM-PC-type microcomputer, both available at the data processing infrastructure of the Mechanical Engineering Department of the Federal University of Santa Catarina (UFSC). This Department has a personnel and equipment infrastructure able to attend the needs of the Data Center. The main attributions of the Center are in generating, collecting, storing and informing about machining data, mainly for the Brazilian industrial environment.

The option for the above mentioned subject originated from the difficulties existing in the metal-mechanical industry in Brazil, to get cutting data representing the most favorable machining conditions regarding cost, manufacturing volume, and quality of product to be obtained. Such conclusions are valid for the different machining processes.

At this initial operational stage, CINFUS is developed for the turning, milling and drilling processes.

From the work, it is possible to conclude that the CINFUS system has a large potential, because of its multiple applications, working characteristics, and the possibility to develop a large data base, which will be more and more representative as it grows. Investments are justified not only for system expansion, towards other machining processes but also to intensify the experimental work in order to get complementary machining data.

C A P Í T U L O I

I N T R O D U Ç Ã O

1.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O ATUAL ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL

Os últimos anos desta década revelam que estamos atravessando uma nova revolução industrial, que se manifesta de forma muito clara nos campos da eletrônica, da mecânica, do planejamento, da organização e da administração das indústrias.

A eletrônica foi uma das molas propulsoras dessa revolução, pois foi ela a maior responsável pelo advento do computador, comprovadamente uma poderosa ferramenta de trabalho nas mais diversas áreas.

Na indústria, a tendência atual é de que todas as tarefas, desde o planejamento do produto até sua expedição, sejam conduzidas pelo computador, levando, dessa forma, à manufatura integrada por computador - CIM ("Computer Integrated Manufacturing") /1/.

Na área da mecânica, se poderiam apresentar inúmeros exemplos de transformações, entretanto, se comentará as novas gerações de ferramentas de usinagem e de máquinas-ferramenta,

assuntos que estão diretamente relacionadas com este trabalho.

No que se refere às ferramentas, destaca-se, entre outros avanços, a obtenção das novas gerações de materiais cerâmicos /2,3,4/, como os a base de nitretos e carbonetos de silício, os quais proporcionam velocidades de corte muito altas, até então impraticáveis com ferramentas de geometria definida. Com isto, tornou-se possível reduzir drasticamente os tempos principais de usinagem e melhorar a qualidade das superfícies usinadas.

Nas máquinas-ferramenta ocorreu uma grande transformação na sua concepção e construção onde o operador, considerado um verdadeiro artesão no passado e, portanto, um dos principais responsáveis pela qualidade do produto, recebeu como auxiliares o computador e outros componentes eletrônicos e mecânicos. Com essa transformação, as máquinas passaram a apresentar maiores recursos operacionais, tornando-se mais flexíveis e conseqüentemente possibilitando a usinagem de peças mais complexas, com maior precisão e num tempo muito menor. Isso significa que, tanto os tempos ativos quanto os tempos de movimentação em vazio da ferramenta, foram substancialmente reduzidos nas novas gerações de máquinas.

Nos países desenvolvidos, muitas indústrias já se encontram num adiantado estágio de modernização da manufatura, utilizando intensamente os novos potenciais tecnológicos disponíveis. Por outro lado, para os países em desenvolvimento, como o Brasil, isso representa um alerta, mostrando que a concorrência está se tornando mais acirrada, exigindo, dos fornecedores, produtos com níveis de qualidade crescente a custos mais reduzidos. Para esses países, isso significa que há

uma necessidade urgente de introdução dessas novas tecnologias, de forma a poder exercer um controle cada vez mais rigoroso sobre o processo produtivo.

Para a sua modernização, em todos os níveis de atividades, a indústria depara-se com uma série de dificuldades que se manifestam de três formas distintas, quais sejam: disponibilidade e domínio de novas tecnologias, disponibilidade de recursos humanos, recursos financeiros e materiais. Cada uma dessas dificuldades precisa ser superada paulatinamente e de forma muito planejada, sob pena de haver uma grande frustração no futuro.

Este trabalho tem contribuições tanto no contexto científico, quanto no tecnológico e, por extensão, na formação de recursos humanos, cujos resultados deverão produzir benefícios tanto na manufatura moderna, quanto na manufatura tradicional.

1.2 - LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA A SER ESTUDADO

Na manufatura moderna, onde um grande número de tarefas já são realizadas pelo computador, ou mesmo na manufatura tradicional, onde praticamente todas as atividades são realizadas sob intervenção humana, a obtenção de uma peça, ou conjunto de peças, envolve três etapas principais de trabalho, quais sejam, o projeto, o planejamento e a produção, figura 1 /5/. Modernamente, essas três etapas podem ser apoiadas por computador, formando o CAD/CAPP/CAM ("Computer Aided Design/ Process Planning/ Manufacturing") /6/.

No CAD, que se caracteriza pela fase de projeto da peça ou do produto, tem-se as seguintes etapas principais: esboço do

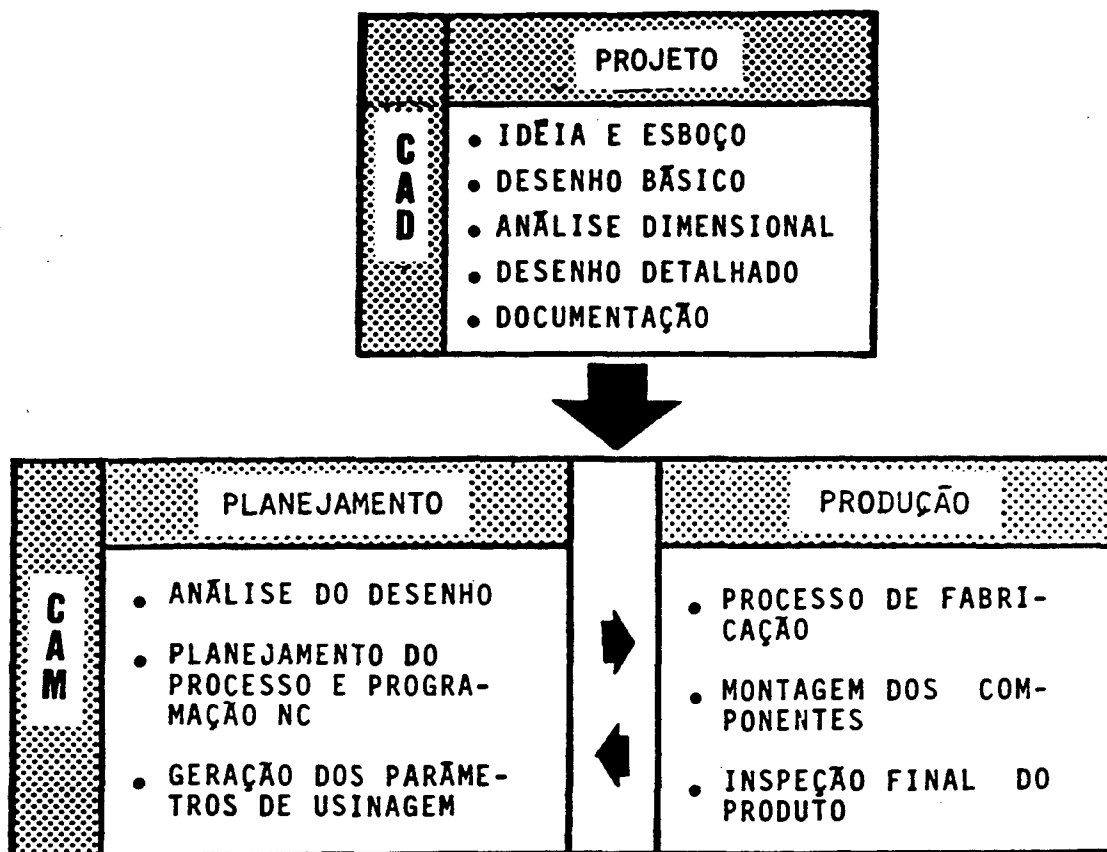


Fig. 1 - Etapas da manufatura de um produto.

produto: desenho básico: análise com uso de elementos finitos e outras técnicas de cálculo: desenho detalhado e a documentação.

O CAM, abrange as etapas de planejamento e produção. O planejamento inicia pela análise do desenho do produto, passando a seguir para o planejamento da usinagem (ou de outros processos de fabricação), a programação NC - Comando Numérico ("Numerical Control") e a determinação dos parâmetros de corte. A produção identifica-se pelo processo de fabricação, pela montagem dos componentes e pela inspeção final do produto.

Mais recentemente o CIM /7,8/, passou, como o próprio nome sugere, a integrar todas as etapas de atividades na manufatura, como Comando Numérico Computadorizado - CNC ("Computerized Numerical Control"), CAD/CAM, Controle de Qualidade - CAQ ("Computer Aided Quality"), Planejamento do

Processo - CAPP, Planejamento da Produção - CAP ("Computer Aided Planning") e a Administração /8/, figura 2 /8/.

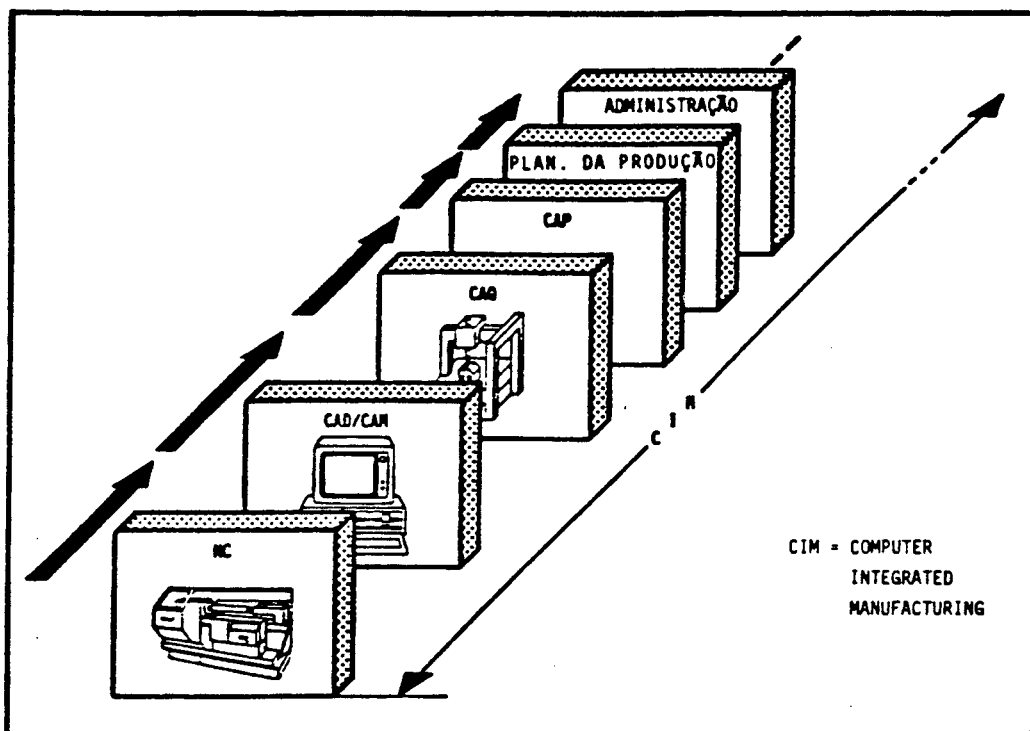


Fig. 2 - Manufatura integrada por computador /8/.

No Brasil, o planejamento da usinagem é uma das áreas mais deficitárias na manufatura, pois esse setor não tem acompanhado o ritmo de modernização e desenvolvimento dos demais segmentos que compõem o sistema de produção como as ferramentas, máquinas-ferramenta e os meios auxiliares de fabricação.

No planejamento da usinagem os principais problemas a serem superados são:

- Falta de informações, especialmente no que se refere a dados de corte necessários para definir com maior exatidão as condições de operação das máquinas e das ferramentas;
- Falta de meios auxiliares de trabalho, como programas de computador ("software"), que possam ser utilizados para determinar, com maior rapidez e exatidão, essas condições

operacionais, bem como auxiliar em outras atividades que necessitem de um maior apoio no planejamento da usinagem;

- Falta de um número maior de profissionais treinados e especializados, que possam atuar mais eficientemente nessa área de conhecimentos.

Com base nesses problemas, iniciou-se em 1983, a criação de um centro de informações de usinagem e seu respectivo banco de dados. Com esse centro e banco de dados, que passaram a ser denominados CINFUS, tem-se como meta prestar apoio à indústria no Brasil na obtenção de dados e informações de usinagem, desenvolvimento de "Software" e formação de recursos humanos. No contexto do presente trabalho, as terminologias banco de dados de usinagem ou sistema computadorizado de banco de dados de usinagem tem o mesmo significado.

As iniciativas para a criação do CINFUS partiram do Grupo de Pesquisa e Treinamento em Comando Numérico (GRUCON) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

1.3 - JUSTIFICATIVAS PARA A CRIAÇÃO DO CINFUS

No que se refere à problemática da falta de dados e informações de usinagem, necessários para definir com maior exatidão as condições operacionais das máquinas e das ferramentas, a criação do CINFUS e do seu banco de dados de usinagem justificam-se pelas seguintes razões:

a) Os escassos dados de usinagem hoje disponíveis no Brasil são, na maioria das vezes, incompletos e insuficientemente detalhados, dificultando consideravelmente uma definição mais exata dos

valores tecnológicos de usinagem, para as inúmeras tarefas de usinagem que se apresentam na indústria:

b) A maioria dos dados disponíveis já estão obsoletos, principalmente devido aos novos desenvolvimentos de materiais para ferramentas, novas geometrias de ferramentas, máquinas-ferramenta e materiais de peças:

c) A maioria dos dados disponíveis foram gerados em outros países, onde os materiais de peças, de ferramentas e máquinas-ferramenta apresentam características próprias e, portanto, necessitam ser corrigidos para que possam ser usados eficientemente nas condições da indústria no Brasil:

d) De certo modo o próprio setor de planejamento é corresponsável por essa deficiência, pois os profissionais que atuam nessa área, com raras exceções, não têm se preocupado em manter registradas as informações geradas no próprio local de trabalho. Esse tipo de informação representa um dos acervos tecnológicos mais importantes da empresa, pois geralmente leva muito tempo para ser formado e representa apreciáveis gastos para ser produzido.

Em função dessas dificuldades, o planejador acaba utilizando valores de corte incorretos, mais baixos ou maiores do que os admissíveis. Com isso, as ferramentas e as máquinas passam a ser subutilizadas ou utilizadas além da capacidade real. Ambas situações representam, para a indústria, apreciáveis prejuízos que podem se manifestar na produtividade, sobre os equipamentos e máquinas ou na qualidade do produto produzido.

Por outro lado, a determinação e a otimização de dados de usinagem, no decorrer do próprio processo de fabricação, estão se tornando cada vez mais difíceis e anti-econômicas. Isso em decorrência das novas filosofias de produção, como o "just-in-

time" /9,10/, onde se procura fabricar lotes com um número de peças restrito apenas ao que seja absolutamente necessário para um dado momento, visando com isso reduzir estoques em processo. Isso exige uma agilidade maior na determinação mais adequada das condições de corte, para que rapidamente se possa estar produzindo com eficiência.

Um banco de dados de usinagem proporciona uma contribuição importante minimização desses problemas. Através da técnica de banco de dados, o usuário poderá formar uma base de dados ajustada ao seu sistema de produção, sendo que a recuperação e a atualização desses dados são efetuadas de forma muito rápida e bastante simplificada. Os dados desse banco de usinagem poderão ser obtidos através de pesquisas realizadas em laboratórios especializados no Brasil, por intermédio da própria indústria e da literatura.

Numa pesquisa realizada no Brasil /5/, entre possíveis usuários de um banco de dados de usinagem com as características citadas, 95% das respostas classificaram o assunto na faixa de muito importante a importante, figura 3, o que representa um dos mais significativos argumentos para a criação do Banco de Dados de Usinagem - CINFUS.

No que se refere aos processos de usinagem, constatou-se que para essas indústrias surgem em ordem decrescente de importância os processos de torneamento, furação, fresamento, retificação e mandrilamento, figura 4.

Nessa mesma pesquisa apurou-se, também, que as maiores dificuldades desses possíveis usuários estão na determinação dos valores de velocidade de corte, avanço, profundidade, vida e desgaste da ferramenta, entre outras.

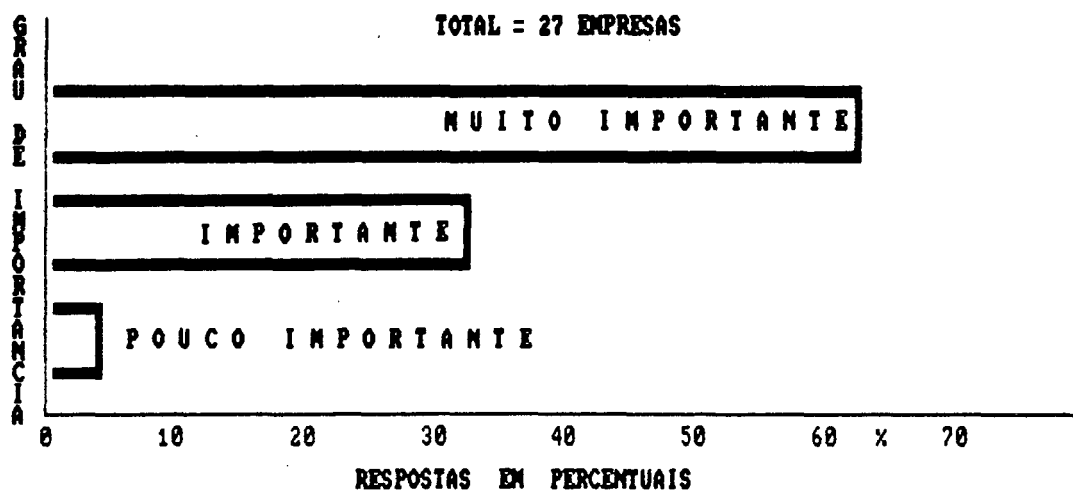


Fig. 3 - A importância da existência de um banco de dados de usinagem no Brasil, segundo pesquisa realizada na indústria /5/.

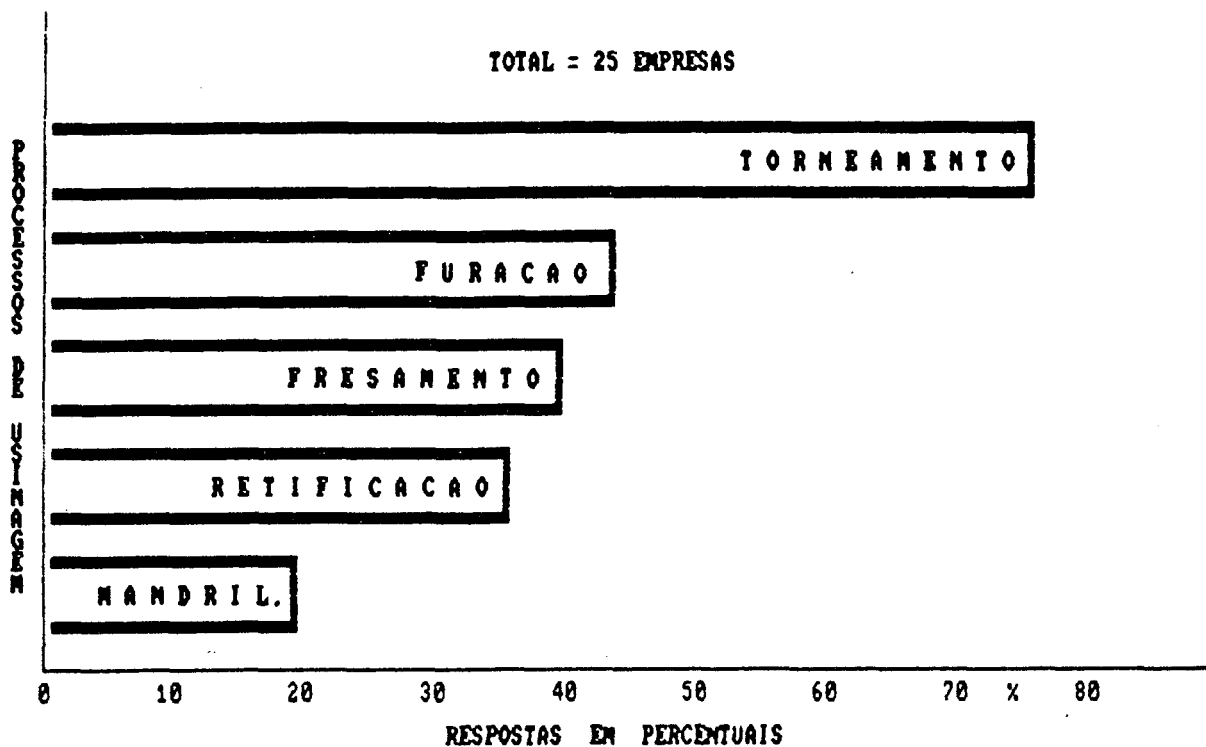


Fig. 4 - Processos de usinagem mais utilizados na fabricação de peças pela indústria brasileira.

Quanto à obtenção de meios auxiliares de trabalho para o setor de planejamento, justifica-se a criação do CINFUS pela sua atuação no desenvolvimento de "Softwares". Esses "Softwares" são necessários para que se possa racionalizar e dar uma maior dinâmica na execução das tarefas no setor de planejamento da

usinagem, assim como tornar essas soluções mais exatas, melhor elaboradas e conseqüentemente mais confiáveis. Entre os vários "Softwares" que podem ser desenvolvidos, visando atingir tais objetivos, citam-se:

- "Software" de banco de dados de usinagem, para a determinação e administração de dados de corte;
- "Software" para a otimização de dados de usinagem em função de custos de usinagem e do volume de produção;
- "Software" para integração do banco de dados CINFUS com sistemas computadorizados de programação de máquinas NC (CAM);
- "Software" para gerenciamento de ferramentas de usinagem incluindo seus suportes e a determinação das condições de corte.

Com relação aos recursos humanos, observa-se freqüentemente que os profissionais, que fazem o planejamento da usinagem e a programação de máquinas, são ex-operadores de máquinas. Apesar de possuírem sólidos conhecimentos práticos, via de regra, não apresentam uma bagagem de conhecimentos teóricos, suficientemente profundos, para desempenhar com eficiência a função que exercem, principalmente levando-se em conta a rapidez com que surgem novos desenvolvimentos, novas técnicas e informações. Entende-se que na solução desse problema a contribuição do CINFUS ocorrerá através de ação direta e/ou indireta na formação de profissionais para o setor de planejamento da usinagem.

A formação direta se dará através de cursos e palestras, ministradas por especialistas do CINFUS, no próprio Centro, na indústria e em outras instituições de ensino e pesquisa. Além disso, tal treinamento também ocorrerá através da atuação de profissionais no desenvolvimento de pesquisas tanto no próprio

Centro como na indústria.

Indiretamente ocorrerá uma divulgação e conseqüente formação de outras pessoas através de publicações especializadas que resultarão de tais pesquisas.

C A P Í T U L O I I

DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E DELIMITAÇÃO DO TEMA A SER ESTUDADO

2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO E DELIMITAÇÃO DO TEMA A SER ESTUDADO

As iniciativas desencadeadas, a partir de 1983, com vistas à implantação de um sistema computadorizado de banco de dados de usinagem, despertaram grande interesse da comunidade brasileira de profissionais que atuam na área de usinagem. Isso levou à realização do presente trabalho, que tem por objetivo projetar e implementar uma infra-estrutura para o estabelecimento do "Centro de Informações e seu Banco de Dados de Usinagem (CINFUS)", considerando as particularidades de um país em desenvolvimento como o Brasil.

A infra-estrutura a ser obtida envolve duas frentes principais de atividades:

a) Aquisição e desenvolvimento de "know-how" em testes de usinagem, visando à formação de um banco de dados, capaz de ser usado eficientemente na determinação, seleção e otimização das condições de corte, para um determinado processo de usinagem.

tes

Nesse conteúdo, a meta é determinar a forma de realizar os ensaios sistemáticos de usinagem, para os processos de torneamento, fresamento e furação, elaborar as respectivas normas de procedimentos bem como as formas de coletar e armazenar as informações geradas através das experiências.

b) Obtenção de "know-how" em sistemas de processamento de dados dos bancos de usinagem. Com base nos conhecimentos adquiridos, desenvolver um conjunto de "softwares" para o Banco de Dados CINFUS, que atenda aos processos de torneamento, fresamento e furação.

Esse conjunto de "softwares" será constituído por programas de computador para armazenamento e processamento de dados, tanto para microcomputadores como para computadores de grande porte.

2.2 - OBJETIVOS GERAIS DO CINFUS

O Centro de Informações de Usinagem - CINFUS - possui o seguinte programa de trabalho:

- Realização de uma coleta centralizada de dados de usinagem, visando à formação do Banco de Dados CINFUS. Esses dados serão analisados, processados e colocados à disposição dos usuários de forma que a busca se torne simples e rápida;
- Desenvolvimento de "software" para a determinação dos parâmetros de usinagem dos materiais;
- Elaboração de programas de computador para aplicações específicas dos usuários, como o "software" GEFER /11/ e o DADUS-T /12/;
- Preparação de dados de usinagem para utilização em sistemas de

programação de máquinas NC assistidos por computador;

- Realização de cursos de treinamento de pessoal na área de usinagem dos materiais, especialmente para profissionais da indústria;

- Composição de material bibliográfico na área de usinagem dos materiais /13/.

C A P Í T U L O I I I

R E V I S Ã O B I B L I O G R Á F I C A

3.1 - CENTROS DE INFORMAÇÕES (BANCOS DE DADOS) DE USINAGEM

Foi a partir da década de 60, com a definitiva introdução das máquinas de comando numérico na produção, que passou a existir, em vários países da Europa e nos Estados Unidos da América, uma maior preocupação com a obtenção, organização e otimização dos dados de usinagem. Nesse mesmo período surgiram os primeiros centros de informações e seus bancos de dados de usinagem /14,15/.

As terminologias centros de informações e banco de dados de usinagem podem causar uma certa confusão ao leitor. Convém esclarecer que em alguns casos os bancos de dados de usinagem passaram a ser conhecidos pelo nome do centro de pesquisa ou centro de informações de usinagem no qual foi concebido e desenvolvido o banco.

No Brasil, são raras e recentes as iniciativas que se enquadram nesse propósito, resumindo-se aos trabalhos realizados por pesquisadores nas universidades de Florianópolis e de Campinas /14 e 16 a 23/, especialmente com relação aos processos

de torneamento, fresamento e furação, em discussão neste trabalho.

Os trabalhos relacionados com a criação e desenvolvimento dos bancos de dados, sempre visaram fundamentalmente o aumento da produtividade dos processos e uma maior dinâmica de trabalho no planejamento da usinagem. Constatava-se já naquela época que, por razões econômicas, na usinagem com máquinas NC, havia uma necessidade de definir-se dados de corte bem ajustados ao processo de usinagem e que essa definição fosse viável num tempo muito reduzido.

Isso se justifica pelo fato de que essas máquinas são bem mais caras do que as convencionais e foram desenvolvidas para a usinagem, principalmente, de peças complexas e lotes com pequeno número de unidades, o que representa uma intensa troca de tarefas na máquina.

Conforme pode-se constatar /24 a 28/, os bancos de dados de usinagem exercem, atualmente, uma função importante, tanto na fabricação que usa modernas técnicas e métodos de trabalho, quanto na fabricação tradicional. Eles formam, juntamente com outros elementos, a base de dados necessária para a implantação da manufatura integrada por computador (CIM).

Os bancos de dados de usinagem procedem de diferentes origens, quais sejam /28/:

- Institutos de pesquisa e universidades;
- Fabricantes de ferramentas de usinagem e de máquinas-ferramenta;
- Fornecedores de pós-processadores para máquinas NC;
- Empresas de consultoria;
- Firmas ou usuários individuais.

3.2 - OS PRINCIPAIS CENTROS DE INFORMAÇÕES (BANCO DE DADOS) DE USINAGEM E SEUS PAÍSES DE ORIGEM

Procurou-se reunir os bancos de dados de usinagem mais importantes, seus respectivos países de origem, bem como suas principais características, figura 5 /26 a 30/. Sobre uma série de outros bancos de dados citados na literatura /28,29/ não se dispõe de informações detalhadas.

Pelo que se pode constatar na literatura, o primeiro banco de dados de usinagem foi criado nos Estados Unidos em 1963, pelo MDC - Centro de Dados de Usinagem ("Machinability Data Center") /31,32/ o qual, nessa data, já dispunha de um bom acervo de dados de corte. Na década de 60 foram implantados ainda os bancos de dados: COROCUT da Sandvik - Coromant na Suécia em 1965 /33,34/, o INFOS - "Informationszentrum für Schnittwerte" - na República Federal da Alemanha em 1969 /27,29 e 35 a 40/ e o TRI no Japão em 1970 /29,41,42/.

Na década de 70 foram concebidos: PERA - "Machining Data Bank", na Inglaterra /26,28,43/, CETIM /27,44,45/ e USIDATA /46/, na França, GRIF, na Bélgica /27,29/, SWS - "Schnittwertspeicher", na República Democrática da Alemanha /47,48/ e TECHNION, em Israel /27,28/.

Mais recentemente, na década de 80, foram criados: DATAMAC, na Índia /30/, CINFUS, no Brasil /14,16,49/ e INCERP, na Iugoslávia /24/. DATAMAC é baseado no modelo INFOS e utiliza vários "Softwares" desenvolvidos pela instituição alemã /30/.

LEGENDA X Em uso * Em desenvolvimento 0 Em planeamento - Não identificada	INSTITUIÇÃO		SIGLA DA INSTITUIÇÃO.	PROCESSOS DE USINAGEM				PROCEDÊNCIA DOS DADOS UTILIZADOS.				SERVIÇOS PRESTADOS AOS USUÁRIOS					CONTRIBUIÇÕES	
		PAÍS		TORNAMENTO	FURAÇÃO	FRESAMENTO	RETIFICAÇÃO	ENSAIOS SISTÊMICOS.	DADOS DA PRODUÇÃO.	EQ. DE TAYLOR	EQ. DE KIENZLE	MANUAIS	TABELAS	SOFTWARE	SEMINÁRIOS CURSOS E PALESTRAS	CONSULTAS	OBRIGATORIAS	CONTRIBUIÇÕES NÃO OBRIGATORIAS.
	Research Center of the Belgian Metal Working Industry.	Bélgica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	S		
	Centre Technique des Industries Mecanique	França	X	X	X	0	X	X	X		X	X	X	X	X	S		
	Informationszentrum für Schnittwerte	Rep. Fed. da Alemanha	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	S		
	Machining Information Center Technical Research Institut.	Japão	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X			-	
	Production Engrg. Resch. Assn. Machining Data Club.	Inglaterra	X	X	X	-	X	X	-	X	X	-	X	X	X	S		
	Mateut Research Association Inc.	Estados Unidos	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	*	X	X	S		
	Schnittwertspeicher	Rep. Dem. da Alemanha	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	S		
	Technion Haifa	Israel	X	X	X	-	X	-	-	-	X	*	-	X				
	Sandvik Coromant Data Service	Suécia	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X		N	
	Central Machine Tool Institut	Índia	X	X	X	-	X	X	X	X	0	X	-	X	X		-	
	Banque de Donnes de Coupe Industrielle	França	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	X	X		-	
	Universidade Federal de Santa Catarina.	Brasil	X	X	X		X	X	X	*	0	X	X	X	X		-	

Fig. 5 - Os principais centros de informações de usinagem e suas características.

3.2.1 - Principais características dos bancos de dados de usinagem

Entre os bancos de dados relacionados, tem-se destacado pela atuação o MDC, INFOS, SWS, TRI e CETIM, principalmente, em função do volume de dados que eles dispõem e em consequência do atendimento que eles oferecem aos usuários.

Os sistemas computadorizados de bancos de dados de usinagem - CMDBS ("computerized machinability data base systems") podem ser analisados sob três pontos de vista distintos /28/, quais sejam, modo de operação, estrutura interna de armazenamento de dados de corte e informações de usinagem e, ainda, em relação às fontes desses dados e informações de usinagem. Com base nessa divisão, pode-se esquematizar um projeto interno de banco de dados /28,29,30,50/ conforme a figura 6.

Uma das partes mais importantes num sistema do tipo apresentado na figura 6 é o gerenciador - DBMS ("data base management system") do sistema computadorizado de banco de dados de usinagem.

É através do DBMS que se estabelece toda a estratégia de manipulação interna e externa (em nível de usuário) dos dados e informações disponíveis no banco, a forma de interação entre os vários módulos, bem como o nível de acesso ao sistema por categoria de usuário.

3.2.1.1 - Modo de operação

Em relação ao modo de operação existem dois tipos de sistemas computadorizados de banco de dados, os independentes ("stand-alone") e os integrados.

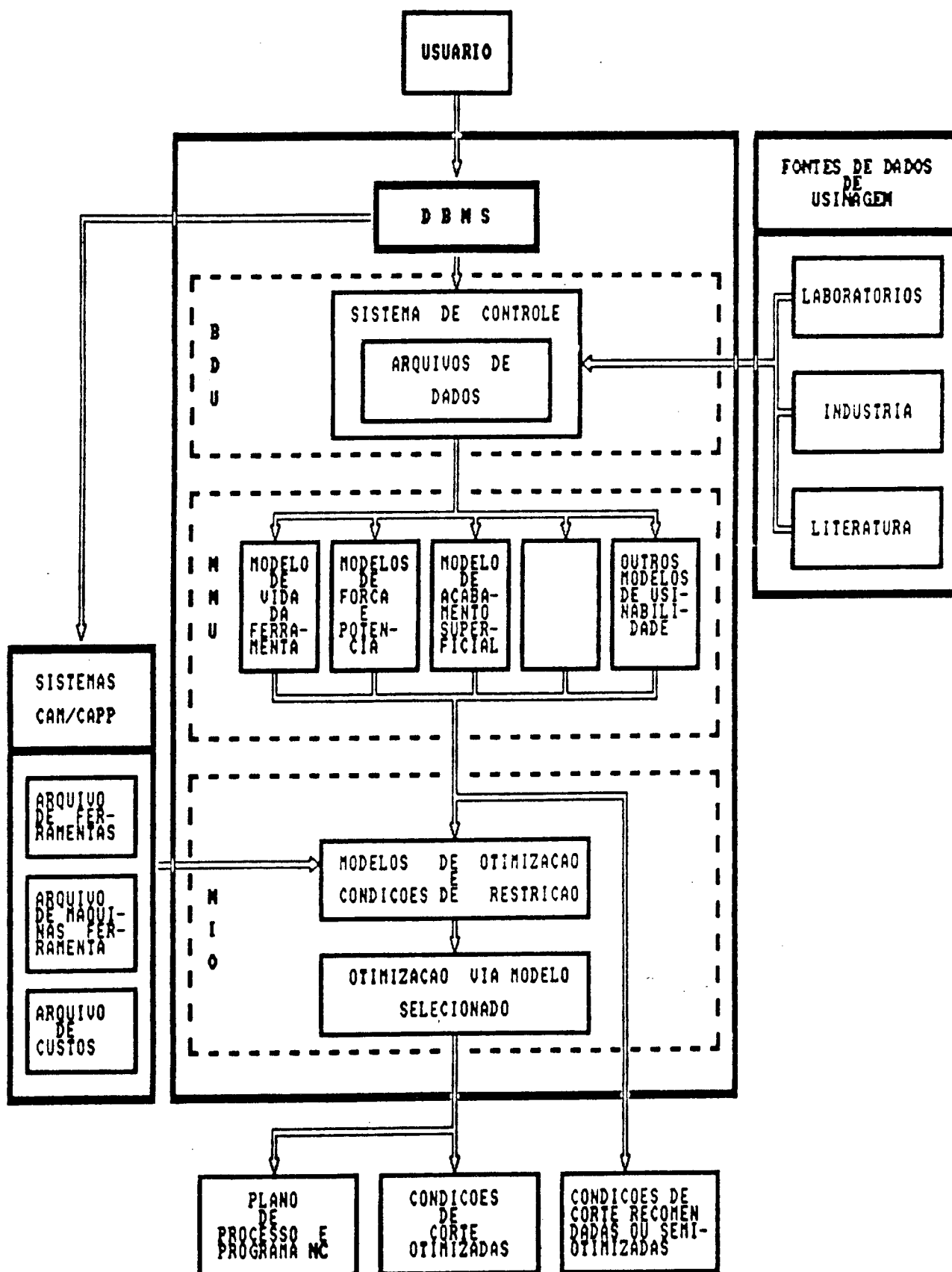


Fig. 6 - Estrutura interna de funcionamento dos bancos de dados de usinagem e a integração com sistemas CAM e CAPP.

Com os sistemas independentes conseguem-se, para uma dada tarefa de usinagem, dados de corte semi-otimizados ou recomendados, utilizando o módulo com modelos de usinabilidade (MMU). Usando esse tipo de sistema, o usuário precisa introduzir, manualmente, os dados de corte selecionados no plano do processo de usinagem ou no programa NC.

Nos sistemas integrados, os dados e informações são transferidos automaticamente, ou seja, sem intervenção humana, para os estágios subsequentes de processamento. Passam inicialmente pelo módulo de modelos de usinabilidade e posteriormente são submetidos à otimização final no módulo de integração e otimização (MIO). Este último módulo, atua de forma integrada com sistemas CAM e CAPP nos quais se têm os arquivos de ferramentas, máquinas-ferramenta e custos. No final do processamento, os dados de corte são então transferidos automaticamente para o programa NC ou para o plano do processo de usinagem. Isso representa, sobre os sistemas independentes, uma expressiva vantagem em termos de tempos e custos, tanto para o planejamento do processo quanto para a usinagem da peça, pois assegura a utilização dos valores efetivamente determinados pelo sistema.

3.2.1.2 - Estrutura interna de armazenamento

Segundo a literatura /28,30/, há três tipos de sistemas de armazenamento de dados de usinagem, que são: sistemas de armazenamento e recuperação de dados; sistemas que utilizam equações empíricas; sistemas que usam modelos matemáticos.

Nos sistemas de armazenamento e recuperação de dados, um

grande volume de valores correspondentes às velocidades de corte, avanço, profundidade e outras informações, obtidos diretamente do processo de fabricação, por intermédio de pesquisas de laboratórios ou de manuais, são armazenados em arquivos computadorizados. Isso significa que nesses arquivos existem numerosas combinações de valores representando as inúmeras combinações possíveis entre processo de usinagem e máquina - ferramenta - material de peça - material de ferramenta. A operação desse tipo de sistema é bastante simples e se assemelha ao modo de utilização das tradicionais tabelas de manuais, porém, oferece como vantagens principais sobre estas, a possibilidade de recuperar e atualizar os dados muito rapidamente.

Os sistemas que utilizam equações empíricas baseiam-se principalmente em dados coletados de diferentes fontes e sob diferentes condições /30/. Esses sistemas eliminam a necessidade de se armazenar um volume de dados individuais tão grande quanto no primeiro tipo, para representar a mesma quantidade de combinações material de peça - máquina - ferramenta - material de ferramenta. Nesse caso, os dados para uma determinada operação de usinagem são reduzidos a uma forma empírica apropriada e expressos como equações empíricas generalizadas ou sob a forma de tabelas ou relatórios de usinabilidade /28,30/. Entretanto, constatou-se que as equações empíricas têm sido pouco exploradas na literatura.

Os sistemas que usam modelos matemáticos são baseados em modelos matemáticos que se adaptam aos dados experimentais, os quais são por natureza empíricos /28/. Os dados utilizados nesses modelos são obtidos, principalmente, através de testes conduzidos sistematicamente em laboratórios de pesquisas e instituições

usuárias /30/. Em função de suas características, nesse tipo de sistemas a quantidade de informações que necessitam ser armazenadas também é inferior em relação ao primeiro tipo. Além disso, somente através dos modelos matemáticos é viável a otimização dos dados de corte em função de custos e volume de produção, o que é apontado como uma grande vantagem adicional sobre os sistemas anteriores.

3.2.1.3 - Fontes de dados e informações

No que se refere às fontes de dados e informações de usinagem distinguem-se dois tipos de bancos de dados /30,16/:

- Os bancos que têm como fonte principal de dados os resultados de testes conduzidos de forma sistemática e sob rigoroso controle. Esses testes são realizados com maior freqüência nos laboratórios de pesquisa;

- Os bancos que utilizam dados coletados na indústria e, portanto, dados de testes individuais, assim como dados da literatura técnica especializada.

Ao primeiro grupo pertencem, entre outros, o INFOS, SWS, TRI, CINFUS e DATAMAC. Ao segundo pertencem o MDC, USIDATA, CRIF e PERA.

Cada uma dessas fontes de dados e informações de usinagem apresenta aspectos técnicos e econômicos positivos e outros negativos, em relação à outra fonte /16/.

3.2.2 - Interação entre os bancos e usuários

A interação entre usuários e o centro de informações e seus bancos de dados de usinagem, transcorre conforme

esquematizado na figura 7 /43/.

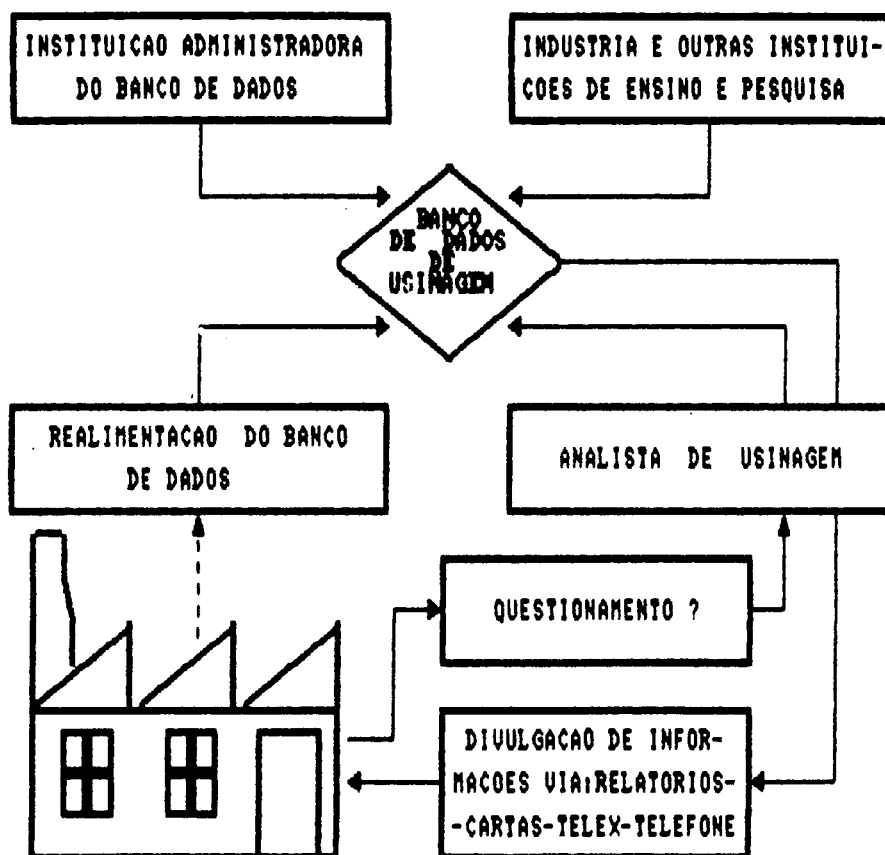


Fig. 7 - Interação entre os bancos de dados de usinagem e seus usuários /43/.

Além das atividades diretamente relacionadas com a parte de banco de dados de usinagem, várias instituições ou centros administradores desses bancos prestam outros relevantes serviços à comunidade de usuários como, desenvolvimento "software" para uso nos sistemas CAM, cursos, palestras e seminários relacionados com a área de usinagem e comando numérico /16,27,28,29/.

Os recursos financeiros necessários para a ampliação, desenvolvimento e manutenção dos bancos de dados e de suas instituições administradoras são obtidos por intermédio de órgãos governamentais de fomento à pesquisa e da indústria ou usuários. Esses dois segmentos de fontes financiadoras geralmente

formam uma agremiação ou grupo de trabalho que, em conjunto, atuam de forma muito decisiva sobre as atividades da instituição administradora.

3.3 - O CINFUS EM RELAÇÃO AOS DEMAIS BANCOS DE DADOS

Em relação aos demais bancos de dados de usinagem, o presente trabalho deverá apresentar suas contribuições principalmente no que se refere aos seguintes aspectos:

- Implantação do Banco CINFUS em microcomputador, de forma que a administração dos dados e utilização do sistema possa ser efetuada pelo usuário de forma simples e objetiva, através de um sistema de gerenciamento. O uso de banco de dados de usinagem em microcomputador é um tema pouco e não claramente explorado na literatura consultada. Entretanto, a opção pelo microcomputador assume uma importância crescente, principalmente devido a relação custo/benefício que é cada vez mais atraente. Sua utilização assume uma importância ainda maior para a indústria brasileira, que é constituída fundamentalmente por empresas de pequeno até médio porte, das quais grande parte está ingressando definitivamente na era da informática, especialmente através do microcomputador.

- Organização de documentação e armazenamento de resultados experimentais. Informações sobre o procedimento experimental a ser adotado na realização dos ensaios sistemáticos de usinagem, encontram-se bastante dispersas na literatura, assim como as informações referentes a documentação para cadastrar os resultados desses ensaios. Nesse sentido, foi elaborada uma documentação que descreve o procedimento experimental e que

permite cadastrar de forma sistematizada todos os resultados de pesquisa para os processos de torneamento, fresamento e furação. Além disso, desenvolveu-se o "Software" que possibilita armazenar e recuperar rapidamente esses resultados de pesquisa, assunto sobre o qual também não foram encontradas informações mais detalhadas na literatura.

- Integração do Banco de Dados de Usinagem com o sistema de gerenciamento de ferramentas de corte (GEFER). A disponibilidade de um sistema que seja capaz de realizar o gerenciamento de informações de ferramentas de corte, dos seus dispositivos de fixação e a determinação de dados de usinagem é, hoje, uma necessidade da indústria, principalmente quando esta utiliza máquinas com múltiplas ferramentas e quando a intensidade de troca de tarefas nas máquinas for elevada, e conseqüentemente o volume de informações, como é o caso da produção de pequenos e médios lotes. No sentido de efetuar esse gerenciamento, o "software" GEFER é uma poderosa ferramenta de apoio para o planejamento de usinagem e a programação NC.

O GEFER é um sistema com características próprias e inéditas, apresentando valiosas contribuições para o desenvolvimento desse moderno método de gerenciamento de informações, que passou a ser abordado na literatura a partir de 1986. Embora o GEFER não seja o tema principal em discussão neste trabalho, ele se insere plenamente no contexto do banco de dados de usinagem, tendo sido desenvolvido pelo autor em paralelo com o Banco. O Banco CINFUS assume uma função importante para o GEFER, pois é através dele que este sistema obterá os valores necessários para a determinação dos dados de usinagem.

Quanto ao funcionamento, o banco de dados de usinagem

(CINFUS) em desenvolvimento no Brasil, deverá possuir uma combinação das características que apresentam os demais bancos, as quais foram descritas nas seções anteriores. Isso se justifica em função do atual nível de conhecimentos e desenvolvimento em bancos de usinagem e, com base nas necessidades e limitações brasileiras.

O desenvolvimento do Banco CINFUS em módulos distintos, permitirá operá-lo como um sistema "stand-alone", como sistema integrado, ou até mesmo como um sistema não computadorizado. Neste último caso, o usuário deverá operá-lo fazendo uso de tabelas ou relatórios de dados de usinagem.

Em função das fontes de dados de usinagem que se prevê utilizar e devido a integração do Banco com sistemas CAD/CAM e CAPP, a estrutura interna de manipulação de dados e informações do CINFUS permitirá utilizar modelos matemáticos, modelos empíricos, assim como armazenar e recuperar dados individuais. Como fontes de dados se utilizarão os testes sistemáticos de laboratórios, dados da indústria e da literatura.

No decorrer deste trabalho se abordará, fundamentalmente, o sistema CINFUS baseado em modelos matemáticos e utilizando os testes sistemáticos de usinagem como fonte de dados. Nesse particular, o CINFUS segue uma orientação que se identifica com os bancos de dados INFOS, SWS e DATAMAC.

Quanto ao financiamento das atividades futuras do CINFUS, prevê-se a obtenção de recursos junto aos órgãos nacionais de financiamento de pesquisas e, de forma cada vez mais intensa, através dos próprios usuários.

C A P Í T U L O I V

O C E N T R O D E I N F O R M A Ç O E S - B A N C O D E D A D O S D E U S I N A G E M " C I N F U S "

4.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No capítulo inicial apresentou-se a introdução e as justificativas para a implantação de um centro de informações de usinagem no Brasil e seu respectivo banco de dados, denominado CINFUS. Nos capítulos seguintes foram apresentados os objetivos do presente trabalho e do CINFUS, assim como, uma revisão bibliográfica sobre os bancos de dados de usinagem existentes em outros países.

No presente capítulo, abordar-se-ão os aspectos pertinentes à criação, implantação e desenvolvimento do Banco de Dados de Usinagem CINFUS, bem como a geração e apresentação dos dados de corte para os usuários do Banco.

4.2 - O ESTABELECIMENTO DO CENTRO - CONSIDERAÇÕES GERAIS E FINANCEIRAS

O trabalho de criação e implantação do CINFUS, o que

significa dizer, aquisição de "know-how" em banco de dados de usinagem e desenvolvimento de uma infra-estrutura própria, até o presente tem sido financiado pelos governos brasileiro e alemão, tendo recebido adicionalmente a colaboração de algumas indústrias brasileiras. O apoio institucional tem-se destinado principalmente à formação de recursos humanos, aquisição de equipamentos de pesquisa nacionais e importados, assim como para a manutenção de uma equipe técnica de apoio. Por parte da indústria, obteve-se auxílio de alguns fabricantes de ferramentas de corte, fabricantes de aços e de ferro fundido, doando material de consumo para uso na pesquisa experimental no Centro.

Na medida em que o CINFUS for concluindo sua infra-estrutura e, portanto, criando uma certa autonomia, há uma tendência de que uma parte cada vez mais significativa dos recursos necessários para as pesquisas e manutenção do Centro, sejam obtidos da indústria, como retribuição da assistência técnica a ela prestada.

Para que um trabalho dessa natureza e de tamanha amplitude tenha êxito, é indispensável que se envolva na sua realização outras instituições de pesquisa, ensino e a indústria, ou seja, os seus próprios usuários. Pois no desenvolvimento e na manutenção do Centro e do seu Banco de Dados exigem-se, constantemente, recursos humanos, financeiros e materiais, os quais serão obtidos por intermédio de um grupo de trabalho ou agremiação, constituída conforme apresenta a figura 8 /5,16/.

Essa agremiação será formada basicamente por usuários da indústria mecânica, indústria eletro-eletrônica, fabricantes de ferramentas, máquinas-ferramenta, indústria do setor de meios de transportes, instituições de ensino, pesquisa, financiamento e do

próprio Centro.

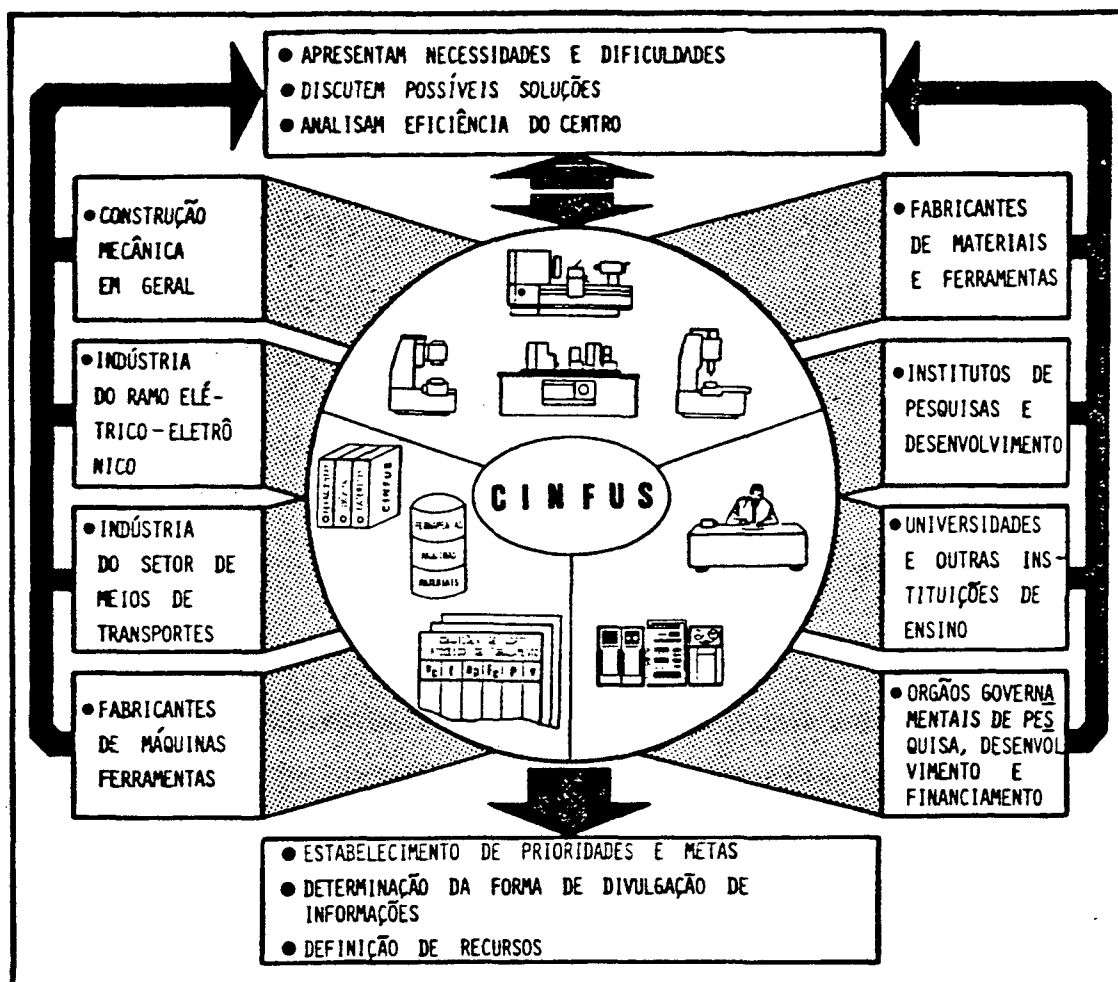


Fig. 8 - Composição do grupo CINFUS.

Nas reuniões periódicas com representantes desse grupo de trabalho, serão apresentadas as necessidades e dificuldades dos mesmos, a partir das quais serão definidas as prioridades e metas, assim como a forma de contribuição de cada membro na solução dos problemas apresentados. A minimização dos custos das informações a serem geradas, assim como dos custos operacionais do Centro, deverão ser uma preocupação constante do grupo. O custo das informações, para cada usuário do Banco de Dados, diminuirá sensivelmente com o aumento do número de membros da agremiação.

Nessa estrutura que foi apresentada na figura 8, o Centro assume as seguintes atribuições: coordenação geral das atividades de geração, coleta, análise, processamento, atualização e divulgação das informações disponíveis, bem como a geração de dados no próprio Centro. Ele deverá incentivar o envolvimento de outras instituições e a própria indústria nas suas atividades, transferindo a elas o "know-how" de banco de dados de usinagem, de forma que as pesquisas se tornem cada vez mais intensas.

Caberá aos usuários um freqüente questionamento quanto à eficiência do Centro, assim como uma realimentação do sistema de informações, de modo que os dados disponíveis no Banco se mantenham sempre atualizados e cada vez melhor ajustados à prática industrial. A atuação dos usuários nessas atividades de vigilância e crítica, são de grande importância para o bom funcionamento e desempenho do Centro.

Estima-se que o objetivo maior do CINFUS, que é a formação de uma base de dados de usinagem, capaz de atender as necessidades dos seus usuários, possa ser integralizado a médio e a longo prazo, partindo-se da premissa que existirá uma união de esforço entre o Centro, usuários, instituições governamentais e privadas de pesquisa e financiamento.

Através de atividades conjuntas entre os vários centros de pesquisa deverão ser definidos programas que:

- Acelerem a obtenção de dados de usinagem segundo metodologias já estabelecidas;
- Permitam o desenvolvimento de novas metodologias, modelos empíricos e aplicação de modelos matemáticos;
- Estabeleçam um forte relacionamento entre essas instituições e

a indústria, no sentido de suprir, da melhor forma possível, as necessidades científicas, técnicas e financeiras das partes envolvidas e com isto caminhar firmemente na direção de uma maior autonomia tecnológica nessa área.

No caso das instituições de pesquisa, elas também deverão assumir as administrações regionalizadas do CINFUS, de modo a facilitar a realização de programas de pesquisa e atendimentos localizados, bem como reduzir os custos operacionais de todo o sistema de banco de dados.

4.2.1 - Aspectos técnicos para a criação e desenvolvimento do CINFUS

No intuito de viabilizar no mais breve espaço de tempo a implantação e desenvolvimento do CINFUS, por ocasião da sua criação foi elaborado um plano de atividades de forma a possibilitar a participação de outras instituições e a própria indústria na realização de suas tarefas. Nesse sentido, foram definidas as duas seguintes frentes principais de atividades:

- Aquisição e desenvolvimento de "know-how" para possibilitar as pesquisas em processos de usinagem, visando à utilização dos dados gerados no CINFUS ou em outros locais de pesquisa do Banco de Dados;
- Elaboração de uma infra-estrutura de "software" de modo a permitir a implantação do Banco de Dados em computador de grande porte (IBM - 4341) e em microcomputador tipo PC-IBM.

Com relação à primeira atividade, estudou-se a tecnologia envolvida com os três processos de usinagem, torneamento, fresamento e furação, a metodologia de procedimento

experimental, a forma de cadastramento de informações, assim como as diversas fontes de informações de usinagem utilizadas pelos bancos de dados de outros países.

Em relação à segunda atividade, foi elaborada uma série de programas de computador, tendo como objetivos o armazenamento, via métodos computadorizados, das informações obtidas através de experiências sistemáticas de usinagem, bem como o processamento dessas informações e a sua posterior configuração de modo a se tornarem úteis e práticas para os usuários. Atuou-se ainda no desenvolvimento de uma primeira versão de um "software" para a otimização dos dados de usinagem, para aplicação no processo de torneamento e num "software" para o gerenciamento de ferramentas de corte, denominado GEFER.

Essas diversas atividades, serão abordadas ao longo do presente capítulo e no capítulo V.

4.3 - FONTES DE DADOS E INFORMAÇÕES DE USINAGEM

O CINFUS utilizará duas fontes principais de dados e informações de usinagem que são, a fonte primária e a secundária, conforme mostra a figura 9 /14/.

A primária, é uma fonte interna do próprio Centro, que se caracteriza por dados obtidos experimentalmente, através dos ensaios sistemáticos de usinagem, de longa duração e realizados sob condições reais de trabalho. Esses ensaios são realizados no CINFUS, em outros laboratórios de pesquisa e na indústria do Brasil, porém, sob a orientação do CINFUS.

Os dados obtidos por intermédio dos ensaios sistemáticos de usinagem oferecem as seguintes vantagens:

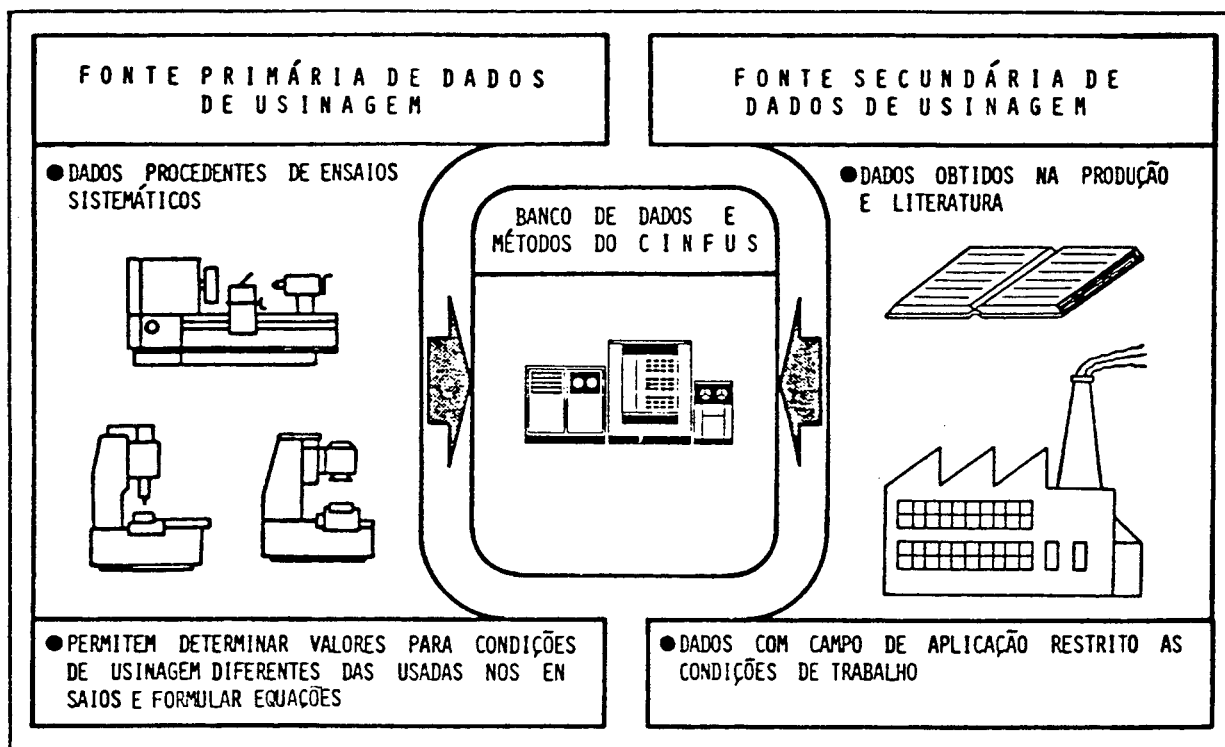


Fig. 9 - O CINFUS e as fontes de dados de usinagem.

- uma maior riqueza em termos de informações;
- a possibilidade de utilizá-los em formulações ou modelações matemáticas e com isso gerar dados tecnológicos de usinagem mesmo para valores de corte diferentes dos usados especificamente nos ensaios;
- otimizar as condições de corte e conseqüentemente o processo de usinagem, de forma a minimizar o custo, aumentar a produção e melhorar a qualidade do produto produzido;
- formar uma base de dados e informações que possibilitam gerar um sólido conhecimento para novos desenvolvimentos de ferramentas, máquinas-ferramenta e para a composição de um material bibliográfico nacional.

A secundária, é uma fonte externa de informações, que se identifica por dados de ensaios sistemáticos de usinagem e individuais procedentes da literatura, bem como pelos dados

individuais obtidos na produção industrial. Essa é para o CINFUS uma importante fonte auxiliar de informações, devendo ser usada nos seguintes casos:

- quando o usuário necessitar de informações e que essas ainda não tenham sido geradas pelo CINFUS;

- quando o custo das pesquisas no CINFUS se tornarem demasiadamente elevados, devido ao preço dos insumos como o material da peça, a ferramenta de corte e a máquina-ferramenta;

- quando o índice de utilização de uma determinada combinação material da peça - material da ferramenta for muito pequeno e por isso não se justifica um grande investimento em pesquisa de laboratório;

- por último, mas não menos importante, para se estabelecer comparações com os dados gerados pelo CINFUS e com isso realimentar o próprio sistema de informações do CINFUS. Nesse caso, destaca-se a importância dos dados da produção no sentido de se efetuar a realimentação do Banco de Dados com valores testados pela indústria.

Com relação à fonte secundária de informações, deve-se ressaltar, ainda, que há a necessidade de efetuar-se uma distinção entre as informações geradas no Brasil e as obtidas de outros países, pois os materiais, as ferramentas e máquinas-ferramenta nacionais apresentam características próprias, o que resulta em valores de usinagem diferentes dos usados por outros países.

O custo mais elevado e o maior tempo necessário para obter as informações, via método da fonte primária, representam as principais desvantagens dos dados dessa fonte em relação aos da secundária.

Até o presente, a infra-estrutura computacional do Banco de Dados CINFUS foi concebida para fonte primária e para os dados dos ensaios sistemáticos da fonte secundária, realizados segundo os critérios CINFUS. Na fase de expansão e desenvolvimento futuros, portanto, fora do contexto deste trabalho, essa infra-estrutura será expandida para as demais formas da fonte secundária de dados. Apesar dessa ressalva, a seção 4.3.4, apresentará algumas informações adicionais referentes à fonte secundária de informações.

4.3.1 - Padronização e planejamento dos ensaios sistematizados de usinagem

No que se refere à pesquisa experimental, elaboraram-se normas internas de procedimento para o planejamento e realização dos ensaios sistemáticos de usinagem, usando os processos de torneamento, fresamento e furação. Essas normas deverão ser cumpridas por todas as instituições e indústrias que se propuserem a realizar a pesquisa experimental em usinagem, tendo como meta a introdução dos resultados no Banco de Dados CINFUS.

Essa padronização, no procedimento experimental, faz-se necessária para que os mesmos critérios de pesquisa sejam adotados por todos os pesquisadores que realizam trabalhos para o CINFUS, bem como para reduzir o custo dessas pesquisas. Somente dessa forma é que se pode realizar uma comparação dos resultados obtidos pelos diferentes locais de pesquisa e ter uma maior garantia sobre a qualidade dos resultados.

As normas CINFUS /51,52,53/, figura 10, para ensaios de usinagem foram elaboradas tendo como base normas e informações

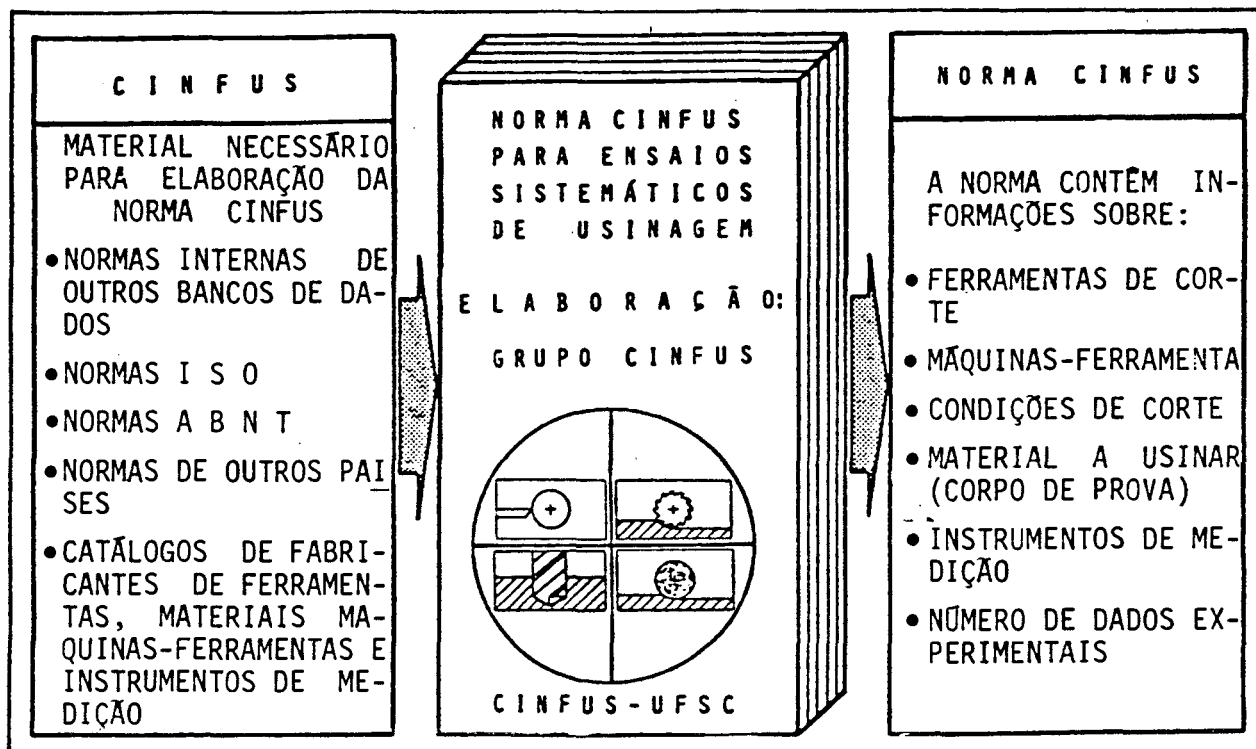


Fig. 10 - A padronização dos ensaios de usinagem.

de outros bancos de dados de usinagem e outras fontes bibliográficas /54 a 67/, normas internacionais (ISO) /68,69,70/, normas brasileiras /71 a 74/, informações de fabricantes de ferramentas /75,76,77/, materiais e máquinas-ferramenta, bem como em função das necessidades e condições de trabalho existentes no Brasil.

Na elaboração dessas normas, procurou-se seguir a metodologia de ensaios de usinagem adotada por outros bancos de dados, complementando essas normas nos pontos considerados incompletos ou discordantes com a realidade atual. Entretanto, uma análise e crítica mais profunda serão viáveis somente após um uso mais intenso dessas normas por parte do CINFUS, de outras instituições brasileiras de pesquisa e da indústria. Análises e reavaliações são necessárias não só para corrigir eventuais deficiências que possam apresentar, mas também, para mantê-las

atualizadas em função de novos desenvolvimentos que surgirem.

Pelo que se constatou através da bibliografia, há uma tendência e preocupação dos diferentes bancos de dados de usinagem, utilizarem as mesmas normas, ou seja, padronizá-las em nível internacional. Isso constitui-se num passo importante para que possa haver uma troca de informações mais homogêneas entre esses bancos de dados, em benefício dos seus usuários. Contudo, estas informações ainda representam as características das ferramentas, máquinas-ferramenta e matérias de peças do país de origem.

No seu conteúdo, as normas apresentam informações sobre o material a usinar, a ferramenta de corte, a máquina-ferramenta, o planejamento e a determinação do número de ensaios necessários, as condições de usinagem e a análise dos resultados.

Na sua parte inicial, encontram-se as informações necessárias sobre a peça ou corpo de prova, como: identificação e forma de classificação do material; o seu processo de obtenção; a sua composição química; o seu tratamento térmico; a forma de determinação da dureza; a determinação da resistência à tração e alongamento; análise da microestrutura do material; dimensões dos corpos de prova; o estado da superfície dos corpos de prova; a determinação do número de corpos de prova necessários para uma experiência sistemática de usinagem de longa duração e sobre a forma de fixação dos corpos de prova na máquina-ferramenta.

Na parte seguinte, as normas apresentam as informações relacionadas com a ferramenta de usinagem como forma de fixação na máquina ferramenta; a seleção da ferramenta, o que envolve a escolha da forma, ângulos e material; a inspeção da ferramenta quanto a possíveis defeitos de fabricação; a forma de fixação da

pastilha no suporte.

Nas seções posteriores, essas normas abordam a utilização de fluidos de corte e descrevem as características da máquina-ferramenta para utilização nos ensaios de usinagem.

A parte que trata da definição das condições de usinagem a serem utilizadas nos ensaios de vida da ferramenta forma um capítulo específico. No caso do torneamento, por exemplo, ela mostra como determinar os avanços e profundidade de corte em função da forma e tamanho da ferramenta, como escolher as velocidades de corte e de que forma se elabora um plano de ensaios, transcrito conforme segue:

$$\begin{array}{l} \underline{v_{c1} f_1 a_{p1}} \quad v_{c1} f_2 a_{p1} \quad v_{c1} f_3 a_{p1} \\ \underline{v_{c2} f_1 a_{p1} \quad v_{c2} f_2 a_{p1} \quad v_{c2} f_3 a_{p1} \quad v_{c2} f_1 a_{p2}} \\ \underline{v_{c3} f_1 a_{p1} \quad v_{c3} f_2 a_{p1} \quad v_{c3} f_3 a_{p1}} \end{array}$$

Esse plano foi obtido da literatura /78/ e tem como objetivo auxiliar na determinação das condições de usinagem e no número de experiências a serem realizadas, de modo a não elevar demasiadamente o custo experimental e o tempo necessário para efetuar os testes, mas simultaneamente assegurar uma confiabilidade nos resultados. Entretanto, uma quantidade adicional de experiências poderá ser necessária quando, por algum motivo, a análise estatística, sobre os dados obtidos com o plano acima não apresentar resultados satisfatórios. Apesar disso, o número de experiências geralmente não ultrapassa a faixa de 3 a 6 diferentes velocidades, 3 a 5 avanços e 2 a 3 profundidades de corte distintas. Os valores sublinhados na relação de valores acima representam um plano mínimo quando se utiliza a equação generalizada de Taylor para determinar as condições de usinagem.

Planos semelhantes são montados para os processos de furação e fresamento /78/.

Uma quantidade de testes abaixo dos limites inferiores das faixas apresentadas comprometem a confiabilidade dos resultados. Por outro lado, um número de ensaios maior do que os limites superiores destas faixas, representam um grande consumo de material e ferramentas, elevado tempo para realizar os testes e conseqüentemente um custo de informações muito alto. Isso significa que um número de testes acima desses limites só se justifica quando os três citados fatores não representam qualquer restrição. Pelo exposto, conclui-se que um plano de ensaios bem elaborado é uma prerrogativa para obter-se resultados confiáveis por um custo atraente.

Na sua parte final, a norma apresenta os desgastes e falhas que podem surgir nas ferramentas, assim como a forma de se efetuar a medição e análise desses defeitos. Mostra ainda como proceder para determinar as forças específicas em relação aos diversos componentes da força resultante e descreve como efetuar a análise parcial dos resultados da pesquisa de laboratório.

4.3.2 - Padronização da Coleta de Dados de usinagem obtidos sistematicamente

As informações geradas nas pesquisas de usinagem, realizadas em laboratórios ou na indústria, através da fonte primária de dados, são registradas em documentos padronizados /79,80,81/, elaborados especificamente para essa finalidade, os quais constituirão os protocolos de dados. Esses documentos foram compatibilizados com as normas de ensaios de usinagem.

A utilização dos referidos documentos torna-se necessária a fim de evitar que informações relevantes ao processo de usinagem deixem de ser registradas pelo pesquisador. Eles facilitam a realização de uma análise prévia das informações a serem armazenadas no Banco de Dados. Na sua elaboração, procurou-se seguir, também, a mesma metodologia adotada por outros bancos de dados /65,82,83/, de maneira a concentrar esforços na busca de uma padronização de documentos e com isso o tipo e quantidade de informações a serem coletadas.

Nesses protocolos existem informações sobre a peça, a ferramenta, a máquina-ferramenta, as condições de usinagem e os resultados experimentais propriamente ditos.

No que se refere à peça, os protocolos apresentam espaço para registrar informações sobre: a denominação, classificação e fabricante do material; a forma e condições de sua obtenção; composição química, tratamento térmico, microestrutura, dureza, resistência à tração e alongamento; a forma, dimensões e modo de fixação da peça (corpo de prova) na máquina-ferramenta.

Com relação à máquina-ferramenta, registra-se o fabricante, tipo, modelo, ano de fabricação, regime e tempo de uso; tipo de acionamento principal, acionamento de avanço e potência instalada.

Na parte referente à ferramenta, há espaço para especificar o fabricante, número para pedido, especificação do tipo e dimensões do suporte; a forma de fixação da pastilha no suporte, o fabricante e especificação da pastilha; os ângulos da ferramenta, forma e as dimensões do quebra-cavaco; tipo do material da pastilha ou ferramenta, composição química, características do revestimento, tratamento térmico e dureza.

No final, esses protocolos apresentam espaço para registrar as condições de usinagem, os resultados das experiências de vida da ferramenta, da medição dos componentes da força de usinagem e os resultados da análise das formas de cavacos. O registro das informações sempre é realizado no anverso das folhas que formam os protocolos, sendo que no verso são apresentadas informações que auxiliam o usuário no preenchimento dos documentos.

Após a realização de uma série de experiências e concluído o preenchimento do protocolo de dados, eles são submetidos ao CINFUS, no qual os dados e informações são inicialmente submetidos a um sistema de controle. Desse sistema faz parte um especialista em usinagem, especialmente treinado para essa finalidade, com conhecimentos em usinagem e sistema de banco de dados. Após a liberação dos dados por parte do controle eles são armazenados no Banco de Dados em fitas e discos magnéticos de computador. Esse armazenamento é efetuado com auxílio de programas de computador, desenvolvidos para essa função e implementados em computador IBM - 4341. Esses mesmos programas possibilitam a emissão de relatórios, em formato apropriado, das informações armazenadas no Banco. A figura 11 /5/ mostra esquematicamente o fluxo das informações descritas.

No CPD (Centro de Processamento de Dados) do CINFUS, os dados são transferidos automaticamente do banco de dados para o banco de métodos. Neste último, eles são submetidos a uma análise estatística e compactação, sendo os resultados utilizados pelo mesmo banco de métodos para a posterior geração de dados de usinagem para os usuários, via computador IBM 4341 ou via banco de dados implementado em microcomputador tipo PC-IBM. O banco de

processo de fresamento em funcionamento ainda parcial. Com esse banco de ensaios, tem-se como meta determinar as características ou dados tecnológicos de usinagem para diferentes combinações material de peça - material de ferramenta.

Na figura 12 /5/ mostra-se, esquematicamente, os equipamentos que fazem parte do referido banco de ensaios para o processo de torneamento. Esquemas semelhantes seriam usados para representar os processos de furação e fresamento.

Pelo que pode ser visto na figura, esse banco de ensaios

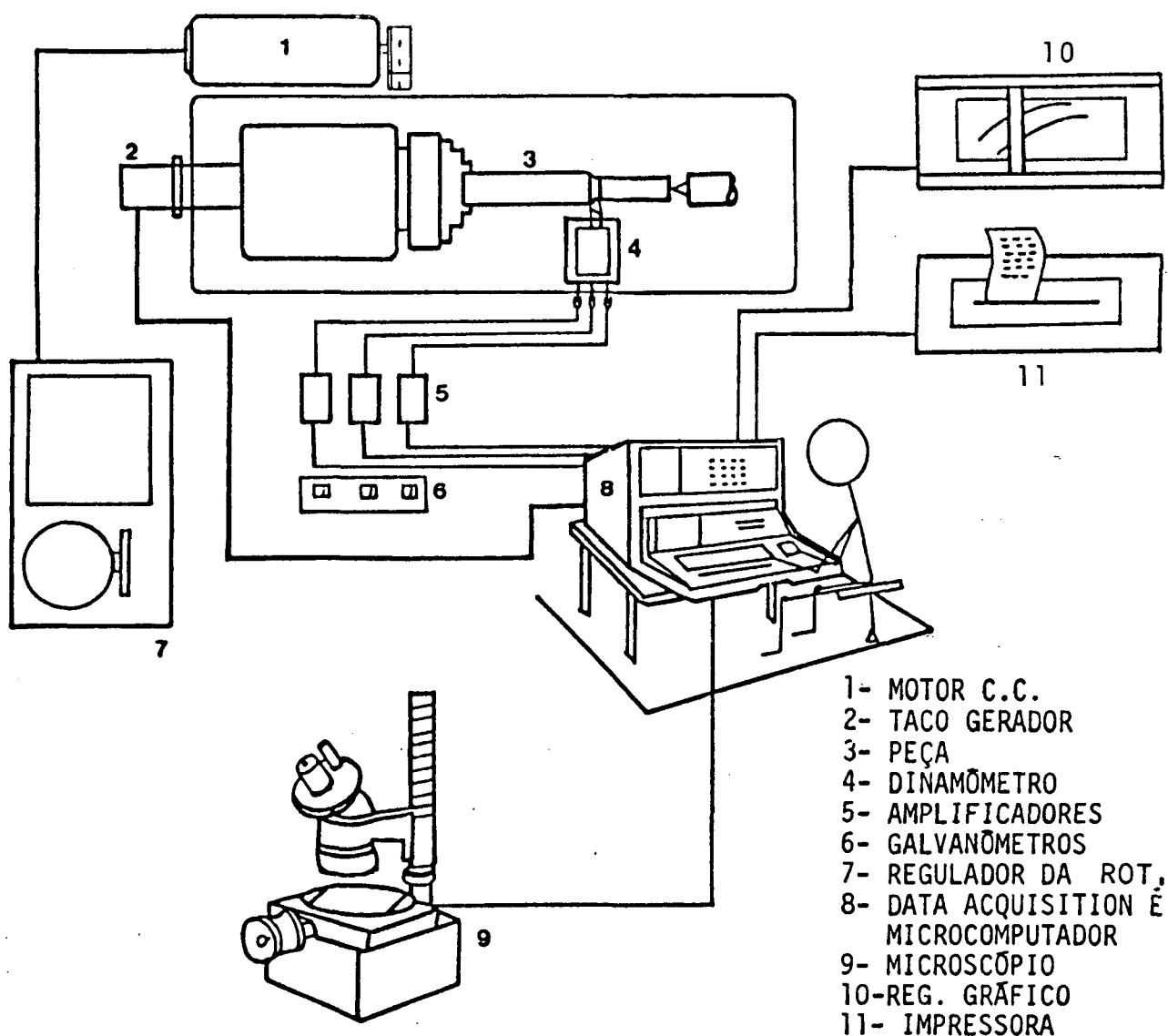


Fig. 12 - Processo de torneamento - Equipamento de pesquisa laboratorial.

permite realizar as experiências de forma semi-automatizadas. Ele é composto por um torno convencional com variação contínua na rotação da árvore, o que é conseguido por um motor de corrente contínua e um conversor-variador. A medição dos componentes da força de usinagem (força resultante) é efetuada automaticamente por um dinamômetro com princípio piezelétrico de funcionamento, fabricado pela Kistler /84/. Ele se encontra montado no local do carro porta-ferramenta do torno. A ferramenta de usinagem é montada sobre o dinamômetro, e este por sua vez é ligado a um microcomputador hp-85 /85/ através de condutores com blindagem metálica, unidades de amplificação de sinal elétrico e um sistema de aquisição de dados, denominado "Data Acquisition Control Unit 3497 A" fabricado pela Hewlett Packard /86/.

O desgaste de flanco da ferramenta de usinagem é medido num microscópio de ferramentaria com ampliação de até 10x, sendo que os valores podem ser introduzidos no computador, manualmente via teclado, ou serem registrados nos protocolos de dados descritos na seção 4.3.2. O desgaste de cratera pode ser medido em microscópio de análises metalográficas ou com rugosímetro.

Todos os dados introduzidos no computador são gravados em fitas magnéticas. Após a realização de uma série de experiências, eles são processados e em seguida documentados em relatórios e gráficos, via impressora ou registrador gráfico x-y. Para poder fazer a aquisição de dados e produzir a documentação correspondente, foi elaborada uma série de programas, em linguagem BASIC, para o citado computador. Os gráficos produzidos por dois destes programas podem ser vistos nas figuras 13A e 13B /87/, sendo que um deles /19/, possibilita determinar as forças específicas de corte, segundo o método de Kienzle, com análise

FORÇAS DE USINAGEM

Material da Peça: MARAGING

Ferramenta: 315 K15 - SPUN 120308

Vc= 20 m/min

Porta Ferramenta: CSRNR 2525 M12

- .Angulo de Saida= 6.0
- .Angulo de Incidencia= 6.0
- .Angulo de Direcao= 75.0
- .Angulo de Quina= 90.0
- .Angulo de Inclinacao= 0.0
- .Rao de Quina= 0.8 (mm)

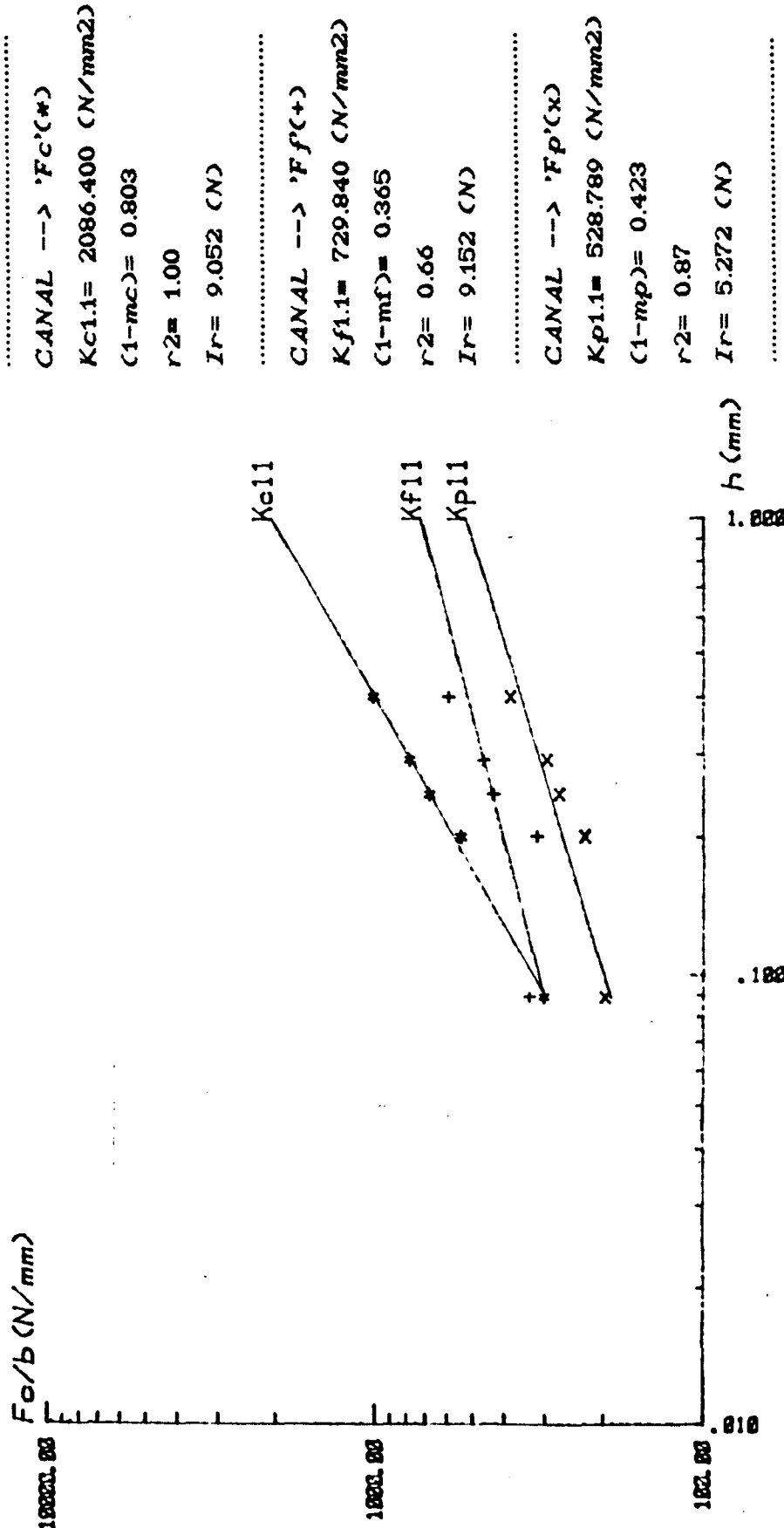


Fig. 13A - Determinação automática das forças específicas de usinagem, via banco de ensaios.

PROCESSO DE TORNEAMENTO

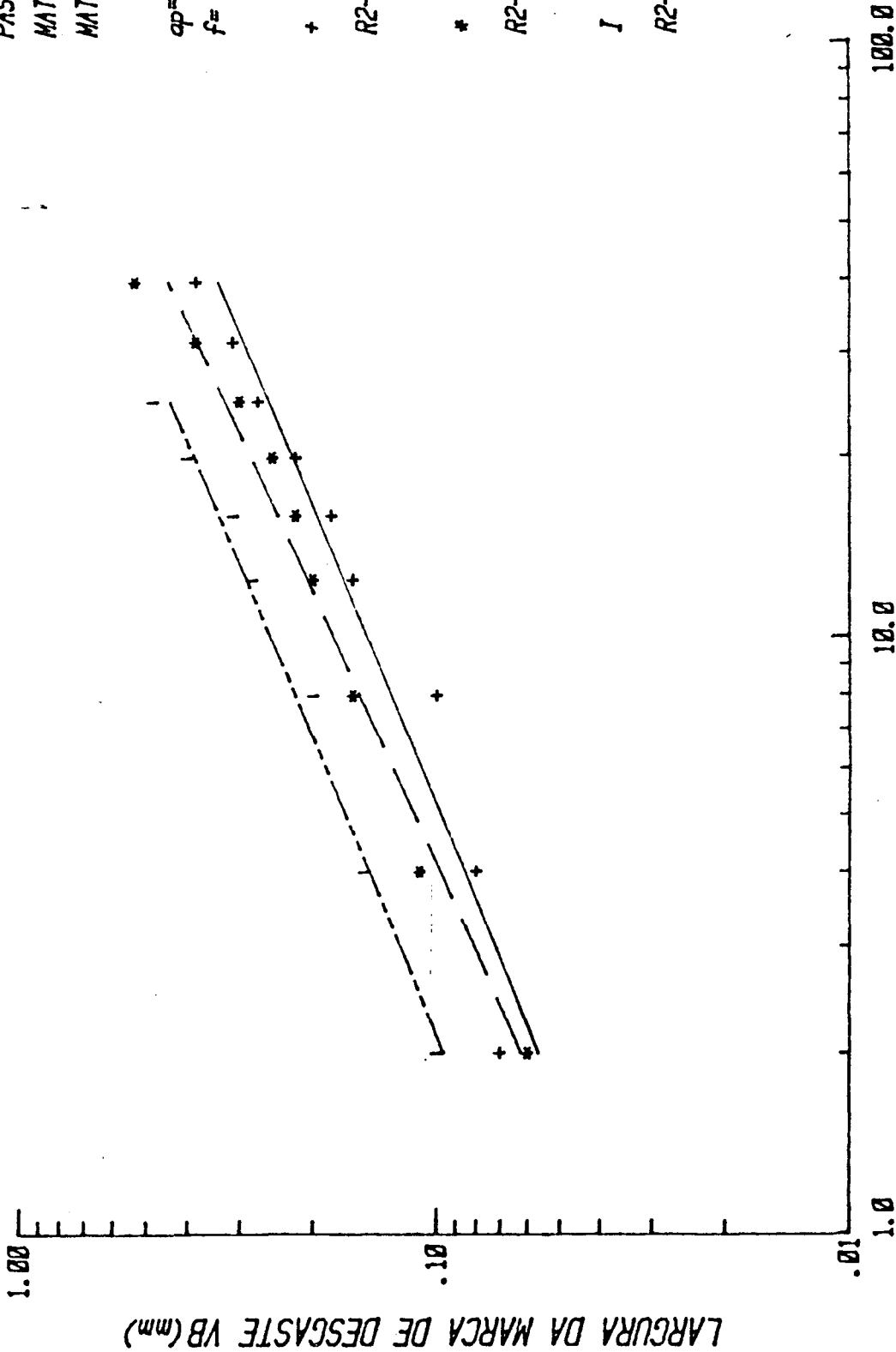
PASTILHA: SNGN120412
 MAT. FERR.: NHA-K20
 MAT. PEÇA: FOFO MALEAVEL

qp = 2.50 mm
 f = .25 mm

+ vc-1 = 200.00 m/min
 R2-1 = 0.95

* vc-2 = 224.00 m/min
 R2-2 = 0.98

I vc-3 = 250.00 m/min
 R2-3 = 0.98



TEMPO DE USINAGEM T (min)

Fig. 13B - Determinação semi-automática do comportamento de desgaste da ferramenta, via banco de ensaios.

estatística dos resultados. O outro programa /88/, é usado para a construção dos gráficos onde se coloca o desgaste da ferramenta de corte em função do tempo de usinagem. Nesse caso, também obtém-se uma análise estatística dos resultados.

Quando do envolvimento de outras instituições e a indústria com a pesquisa experimental, poderá ocorrer que estas não possuam os recursos necessários para realizar os ensaios de usinagem na sua íntegra, o que significa que parte dessas experiências terão que ser realizadas no CINFUS de forma a se obter todas as informações necessárias para o Banco de Dados, no que se refere a uma determinada combinação material de peça - material de ferramenta.

4.3.4 - Coleta, análise e processamento dos dados procedentes da literatura e da produção

Os dados da literatura e da produção formam a fonte secundária de informações do CINFUS, sendo que por esse motivo deverão sofrer um tratamento diferenciado em relação aos dados da fonte primária.

Eles são registrados em dois tipos de documentos específicos, bem mais simplificados em relação aos protocolos da fonte primária, sendo um deles para os dados dos ensaios sistemáticos de usinagem, obtidos da literatura, e o outro para os dados individuais oriundos da produção e da literatura técnica especializada. Deve-se frisar ainda que para cada processo de usinagem existe um documento próprio, que leva em consideração as suas particularidades. No anexo I, encontram-se os dois modelos de documentos para o processo de torneamento.

A padronização da documentação para registrar essas informações é tão importante quanto aquela elaborada para a fonte primária de dados. Pois somente por seu intermédio é que se consegue garantir que o sistema de banco de dados seja alimentado com todas as informações necessárias para o seu pleno funcionamento.

Em algumas partes os já citados documentos, para fonte secundária de dados são semelhantes entre si, tais como, a de indentificação, a do material da peça, a da ferramenta e a da máquina-ferramenta. Por outro lado, no que se refere aos valores de corte e resultados da usinagem, os documentos são bastante divergentes.

Na parte de indentificação desses documentos tem-se o título do trabalho, a empresa e ou a fonte bibliográfica, os autores ou responsáveis pelo trabalho, a data de sua realização ou da publicação e o país de origem das informações.

Quanto à peça, eles registram o tipo de material, a sua composição química, a dureza, resistência à tração, tratamento térmico, estado da superfície, o fabricante, a maneira de fixá-la na máquina-ferramenta, assim como a forma e dimensões da peça ou do corpo de prova.

Em relação à ferramenta, há um espaço reservado para o tipo de material, a classe de metal duro, a forma, dimensões e fabricante do inserto e do suporte, além dos ângulos da ferramenta.

No aspecto máquina-ferramenta registram-se as informações sobre o tipo, fabricante, ano de fabricação, potência instalada e a rigidez da máquina.

No que se refere aos valores de corte, no documento de

dados individuais da produção ou literatura, tem-se a velocidade de corte, a rotação da peça, o avanço, a profundidade e informações sobre o fluido de corte. Nesse mesmo documento, há um espaço para registrar os tempos de usinagem, o número de peças produzidas e os desgastes ocorridos na ferramenta de corte.

Já no documento em que são registrados os dados de ensaios sistemáticos, obtidos da literatura, há informações sobre a equação de Taylor, como a constante e expoentes, vida da ferramenta, o seu critério e valor de desgaste, as velocidades de corte máxima e mínima, avanço e profundidade de corte, dados referentes à equação de Kienzle e sobre o fluido de corte.

Ao receber as informações contidas nos documentos descritos, um especialista do Centro, que possua conhecimentos em processos de usinagem e bancos de dados, efetua uma análise das mesmas, para o posterior processamento e divulgação dessas aos usuários. Em função da natureza e de suas características, torna-se difícil efetuar sobre esse tipo de informações uma análise mais profunda. Por essa razão, essa análise acaba sendo mais qualitativa e comparativa com as informações sobre as combinações material de peça - material de ferramenta já existentes no Banco de Dados. No entanto, elas são de grande utilidade mesmo para uma avaliação e confirmação das informações já existentes no Centro, além de servirem como orientação e auxílio aos usuários nos casos em que o Centro ainda não disponha de informações próprias.

O processamento dos dados procedentes dos ensaios sistemáticos de usinagem pode ser realizado pelos mesmos programas em que se processam os dados gerados pelo CINFUS.

Por sua vez, para os dados individuais da literatura e da produção, ainda deverá ser desenvolvida uma infra-estrutura

computacional que possibilite um manuseio mais rápido e fácil desse tipo de informações, com características bastante diferentes das demais que foram descritas. É importante salientar que, com os dados individuais da literatura e da produção, torna-se praticamente impossível determinar valores confiáveis para os parâmetros de usinagem nos casos em que as condições de corte forem diferentes das que originaram esses dados da literatura e da produção. Esta dificuldade geralmente resulta da pequena quantidade de informações disponíveis para cada combinação peça-ferramenta e da forma não sistematizada de obtenção dessas informações. Conseqüentemente, torna-se impraticável a utilização de formulações matemáticas ou mesmo empíricas, que possam auxiliar na determinação de dados de usinagem para as condições que diverjam das utilizadas na obtenção dos mesmos.

4.3.5 - Formas de transferência das informações de usinagem para os usuários

A troca de informações, ou seja, o contato entre o CINFUS e usuários se realiza via telefone, telex, correio, terminal de vídeo, ou por contatos diretos através de visitas, figura 14 /5/. Nessa sua fase inicial de funcionamento, exclui-se a possibilidade de acessar o Centro via terminal de vídeo. Numa etapa futura, praticamente toda a comunicação entre o CINFUS e os usuários deverá ocorrer via terminal de vídeo, isto quando o CINFUS possuir no seu banco um grande número de informações e quando um maior número de usuários e o próprio Centro possuírem recursos computacionais que possibilitem essa conexão.

Em função das formas de comunicação entre o CINFUS e

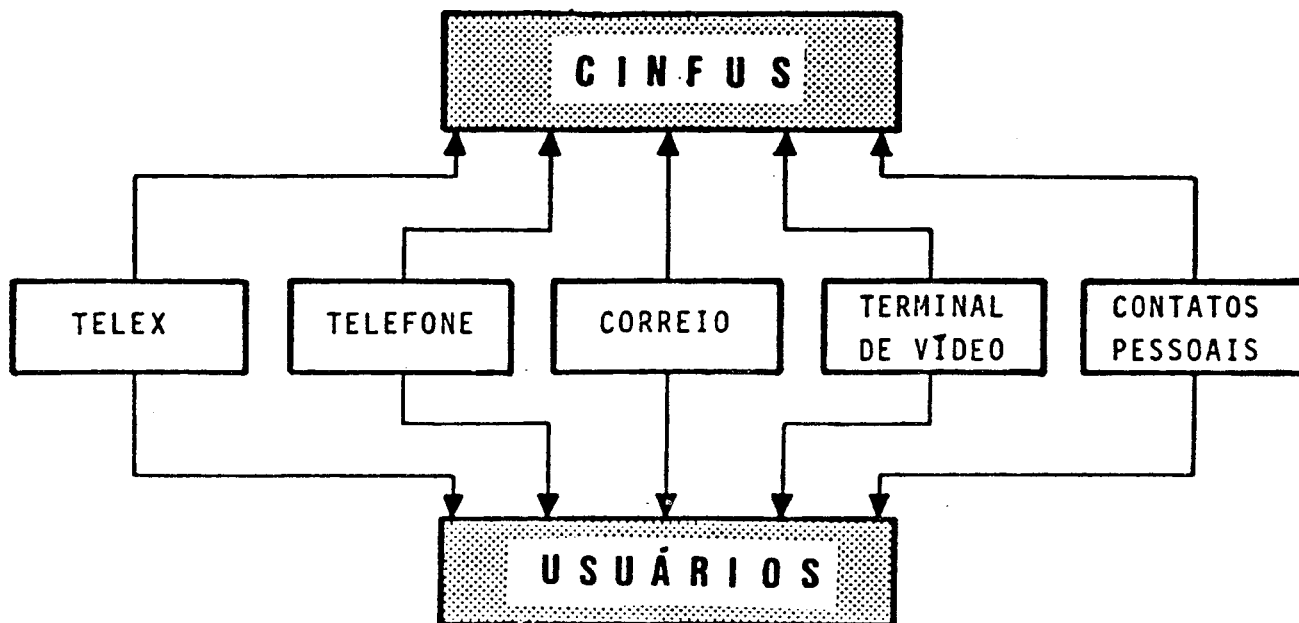


Fig. 14 - Forma de contato entre o CINFUS e usuários.

usuários já mencionadas, a transferência de informações de usinagem se dá em discos, fitas magnéticas e relatórios, de forma que possa haver um atendimento a todos os possíveis usuários do Banco de Dados.

Os meios mais difundidos de obtenção de dados de usinagem ainda são as tabelas e manuais (ou relatórios), cujos custos são relativamente baixos, porém, o tempo necessário para obtenção e atualização das informações é maior. Essa forma de transferência de dados para os usuários é bastante enfatizada no presente trabalho e será discutida na seção 4.5.

A tendência atual e moderna é buscar as informações diretamente no computador, seja através de um computador local, utilizando discos ou fitas magnéticas, ou de computador distante do ambiente de trabalho, nesse caso fazendo uso da teleinformática. As vantagens decorrentes da utilização do computador no gerenciamento de informações de usinagem serão comentadas na seção 4.8. Nessa citada seção se abordará, também,

o desenvolvimento de um gerenciador de banco de dados de usinagem, para microcomputador, que é um dos requisitos básicos para que o usuário possa se valer dessa máquina para obter as informações desejadas. Com isso, criam-se as condições necessárias para a transferência de informações aos usuários em discos magnéticos.

A transferência de informações por fita magnética deve ser realizada entre computadores de grande porte, nos quais possam ser administradas todas as informações armazenadas no CINFUS. Em nível de usuário final, a utilização desse tipo de computador e dessa forma de transferência dependem, também, de um gerenciador de banco de dados, cuja estrutura básica de funcionamento é apresentada na seção 4.4 e detalhada na seção 4.6 para o caso de microcomputador.

A experiência adquirida com o desenvolvimento e a utilização do gerenciador do Banco de Dados em microcomputador deverão fornecer subsídios valiosos para a elaboração do gerenciador para o computador de grande porte. Com base no trabalho realizado, estima-se que o tempo necessário para o desenvolvimento desse segundo gerenciador é da ordem de um ano, considerando uma pessoa trabalhando em tempo integral.

Tanto as informações em discos, quanto as informações em fitas magnéticas deverão sofrer atualizações periódicas via correio, telex ou telefone.

Uma última forma de transferência de informações aos usuários é aquela em que os dados são transferidos na forma de arquivos padronizados /89/, para uso em sistemas de programação de máquinas NC, com determinação automática das condições de usinagem, como é possível em alguns sistemas CAD/CAM. Este

assunto será abordado com mais detalhes no início do capítulo V.

4.4 - BANCO DE DADOS E DE MÉTODOS

Por razões técnicas de efetuar manutenção no sistema e anexação de novos programas, a estrutura interna de funcionamento na parte de processamento de dados (banco de dados) foi subdividida em dois módulos principais, sendo um o banco de dados propriamente dito e outro o banco de métodos, conforme já apresentado na figura 11.

Os dados procedentes dos ensaios sistemáticos de usinagem, da literatura e da produção, são registrados em documentos apropriados (protocolo de dados de usinagem) anteriormente descritos, sendo que no Centro de Informações eles são submetidos ao banco de dados para proceder ao seu armazenamento em arquivos computadorizados.

Antes do armazenamento, os dados são analisados por um especialista em usinagem, com o objetivo de detectar eventuais incoerências ou falta de informações.

Numa etapa seguinte, os dados são transferidos parcialmente e automaticamente para o banco de métodos do Centro de Processamento de Dados (CPD). A transferência somente parcial desses dados deve-se ao fato de que uma série deles não são necessários diretamente para o processamento dos dados que são gerados para os usuários. Entretanto, são importantes para o complexo de dados e informações como um todo, seja na caracterização da ferramenta, da peça ou da máquina-ferramenta.

No banco de métodos, os dados são inicialmente processados por programa de regressão linear múltipla com análise

estatística. Nessa fase, há uma compactação dos dados, de forma a simplificar o seu uso posterior nos programas com algoritmos específicos, usados para determinar as condições de corte para os três processos de usinagem em discussão neste trabalho.

4.4.1 - Estrutura e "Software" do banco de dados

Conforme pode ser visto na figura 15, na sua fase de concepção, o banco de dados será composto por programas específicos de armazenamento de dados experimentais de torneamento, fresamento e furação, denominados de BANGTORN, BANCFRES e BANCFURO, respectivamente, que tem por função armazenar em discos e fitas magnéticas os dados e informações contidas nos protocolos. Ao banco de dados, está acoplado o arquivo denominado ARQESPE, no qual serão guardadas as informações obtidas através dos programas do banco de métodos.

Numa etapa futura, todo o sistema implementado em computador de grande porte será administrado por um gerenciador de banco de dados, de forma que os usuários possam acessar o banco CINFUS, a longa distância, via teleinformática.

Esse gerenciador será um elemento importante do sistema quando os usuários externos passarem a acessar o banco, pois através dele se definirá toda estratégia de acesso e utilização, bem como se salvaguardará a integridade e segurança do sistema. A experiência adquirida com o desenvolvimento e utilização do gerenciador para o sistema CINFUS que opera em microcomputador tipo PC-IMB, seção 4.6 do presente capítulo, formará uma base mais sólida de informações para a elaboração do gerenciador para o sistema implantado no computador IBM-4341.

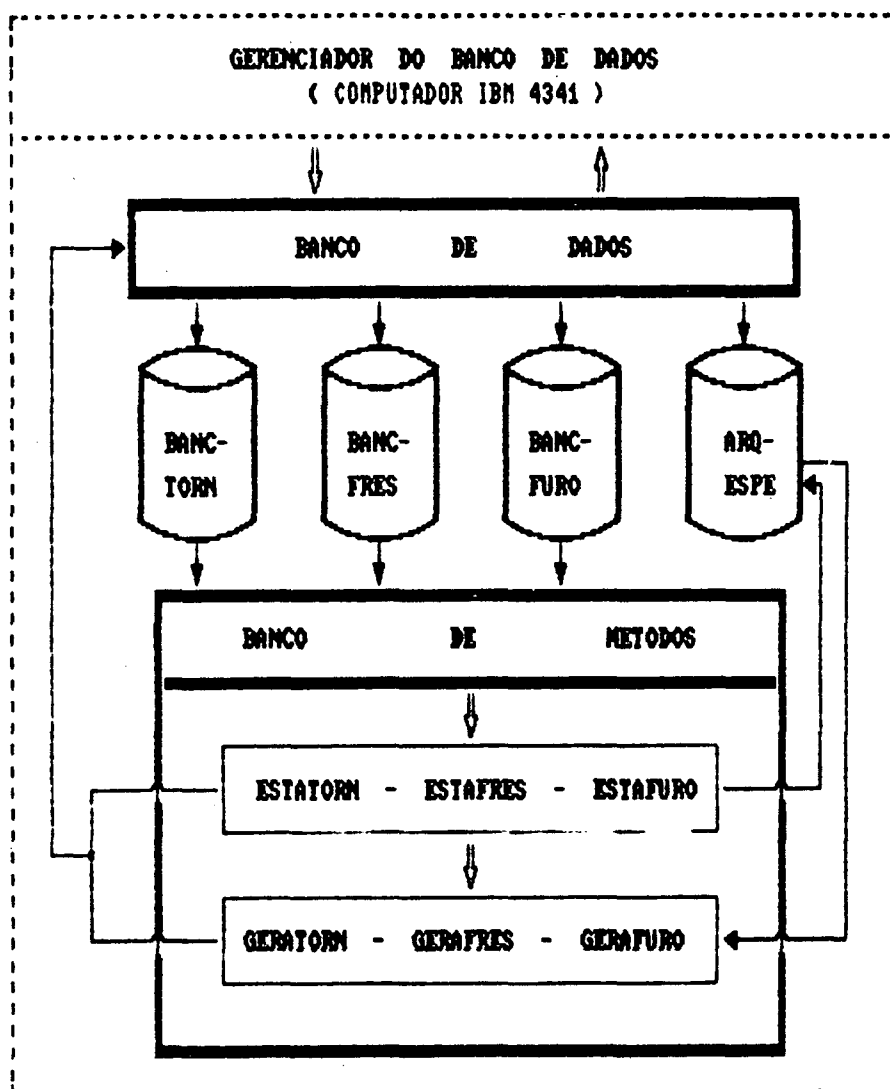


Fig. 15 - Gerenciador do banco de Dados para computador de grande porte.

Os programas BANCTORN, BANC-FRES e BANGFURO do banco de dados se caracterizam por partes que são comuns aos três programas e por partes que são específicas, em função de cada processo de usinagem.

A parte genérica trata basicamente de uma identificação inicial: da identificação e caracterização do material da peça; da forma, dimensões e fixação da peça; da ferramenta e da máquina-ferramenta.

As partes mais específicas tratam da geometria da

ferramenta, das características do processo de usinagem e dos resultados experimentais. O diagrama de blocos da figura 16 apresenta de forma generalizada as informações contidas em cada um dos três programas.

Conforme pode se observar na figura 16, uma parcela das informações é de identificação e caracterização e a outra efetivamente resultante de experimentos. Essa última parte de dados poderá ser transferida automaticamente para os programas ESTATORN, ESTAFRES e ESTAFURO do banco de métodos, onde sofrerá

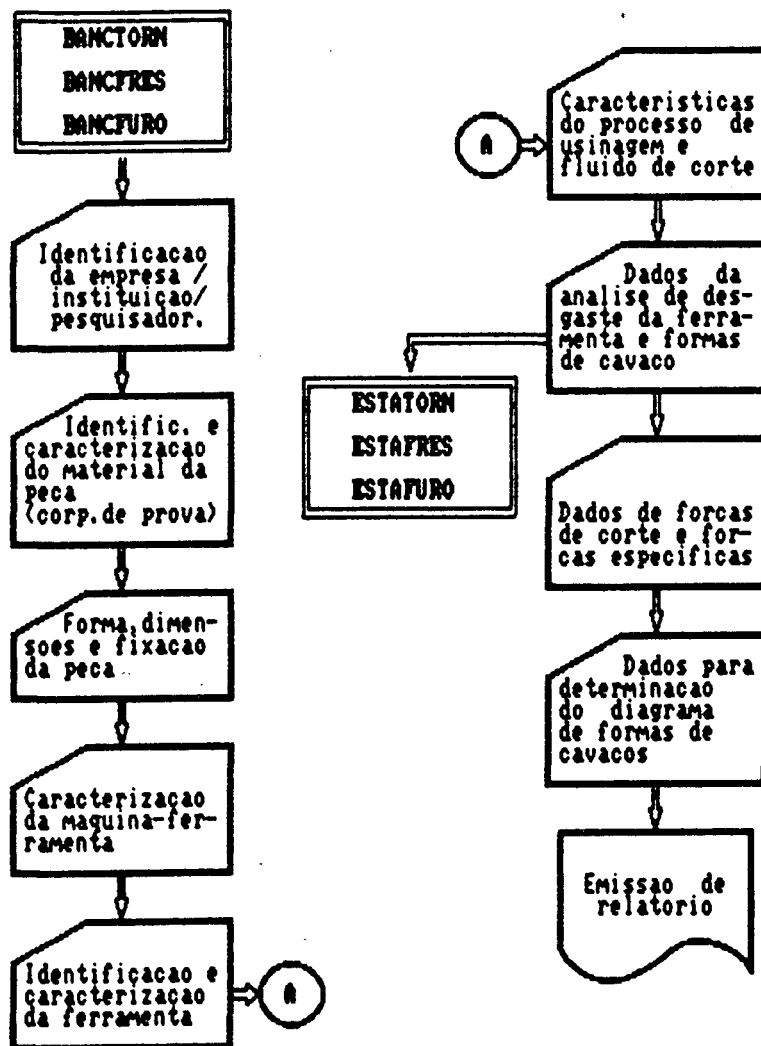


Fig. 16 - Armazenamento de informações de programas: BANCTORN, BANCFRES, BANCFURO.

uma compactação e preparação para utilização nos programas de geração de dados de corte do banco de métodos.

Os programas BANGTORN, BANCFRES e BANCFURO, foram escritos em linguagem Fortran e implementados no computador IBM 4341. Eles apresentam uma estrutura modular, tendo sido utilizada a técnica de sub-rotinas para facilitar a programação, manutenção do sistema e separação das informações.

As informações contidas nos protocolos de dados serão introduzidas no computador através de um terminal de vídeo. Para evitar erros de formatos das variáveis, o usuário poderá se valer de um gabarito que pode ser solicitado na tela, via próprio terminal de vídeo, por ocasião da digitação dos dados.

Os programas foram preparados para possibilitar a emissão de relatórios de dados, cujo formato se apresenta na forma de tabelas, que devem ser impressas em formulário contínuo com largura de 132 colunas.

4.4.2 - Estrutura e "software" do banco de métodos

O banco de métodos é composto por dois tipos de programas, sendo um deles para o processamento dos dados experimentais e o outro para a geração de valores de corte para os usuários do CINFUS.

Os programas do primeiro tipo, denominados ESTATORN, ESTAFRES e ESTAFURO, foram elaborados a partir de programas já propostos na literatura /90/. A versão escrita em linguagem Fortran foi implementada no computador IBM-4341 e uma outra versão em linguagem Basic foi implementada em microcomputador do tipo PC-IBM. A utilização de duas linguagens de programação deve-

se à compatibilização com os demais programas do sistema CINFUS implementados nos dois tipos de máquinas.

Esses programas têm por função resolver o mais importante modelo matemático aplicado na determinação de dados de usinagem, conhecido por equação de Taylor generalizada. Essa equação é do tipo linear de múltiplas variáveis independentes /18,91/. A sua adaptação aos processos de torneamento, fresamento e furação é apresentado nas seções 1.3, 1.4 e 1.5 do apêndice. Os programas anteriormente listados utilizam o método dos mínimos quadrados para resolver essas equações /90,91,92/. Além da solução dessas equações, os programas fornecem informações estatísticas quanto ao ajuste dos dados experimentais ao modelo matemático em uso. Essa análise estatística é expressa através dos coeficientes de determinação e de correlação e da estimativa do erro padrão /18,90,91,93/.

A entrada de dados nesses programas implementados no computador IBM-4341 é efetuada automaticamente, via transferência dos programas BANCTORN, BANGFRES e BANCFURO do banco de dados, evitando assim um duplo trabalho de digitação.

O relatório de saída apresenta-se numa forma bastante compacta, tendo no seu conteúdo os dados referentes ao sistema de equações montado a partir dos resultados experimentais. Esses dados fornecem como resultados a constante e expoentes da equação de Taylor generalizada bem como os valores estatísticos resultantes do processamento dos mesmos. Os dados dos exemplos no anexo II foram obtidos em pesquisas realizadas no Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC /17,94,95/.

Os resultados desse processamento são então posteriormente armazenados no ARQESPE ou introduzidos nos

programas GERATORN, GERAFRES, GERAFURO do mesmo banco de métodos e em programas de otimização da usinagem, como o DADUS-T /12/, seção 4.5.4.

Os programas GERATORN, GERAFRES e GERAFURO foram elaborados com a finalidade de gerar dados orientativos de corte para os processos de torneamento externo, fresamento frontal e furação em cheio com brocas helicoidais. Eles foram escritos em linguagem Fortran e Basic, sendo que a primeira versão foi implementada no computador IBM 4341 e a segunda pode ser usada em microcomputadores do tipo PC-IBM.

Uma vez definidos os objetivos pretendidos, procurou-se montar esses programas a partir de informações disponíveis na literatura /29,56 e 96 a 103/ e da experiência adquirida pelo autor, nos aproximadamente dois anos de atividades de pesquisa que exerceu no banco de dados INFOS, na República Federal da Alemanha. A solução adotada orienta-se no modelo INFOS e no modelo SWS da República Democrática da Alemanha.

No que se refere ao desenvolvimento do tipo de "software" aqui em discussão, a literatura dos bancos de dados de outros países, além da República Federal e República Democrática da Alemanha, já relacionados no capítulo 3, é muito pobre.

A opção pela orientação dos modelos alemães, deve-se ao fato de que após uma análise e um envolvimento mais profundo com esses bancos, ter-se concluído serem eles os sistemas mais completos, mais bem estruturados e que oferecem as soluções mais completas para os seus usuários.

Numa configuração generalizada, a estrutura dos três programas pode ser representada esquematicamente como se mostra na figura 17.

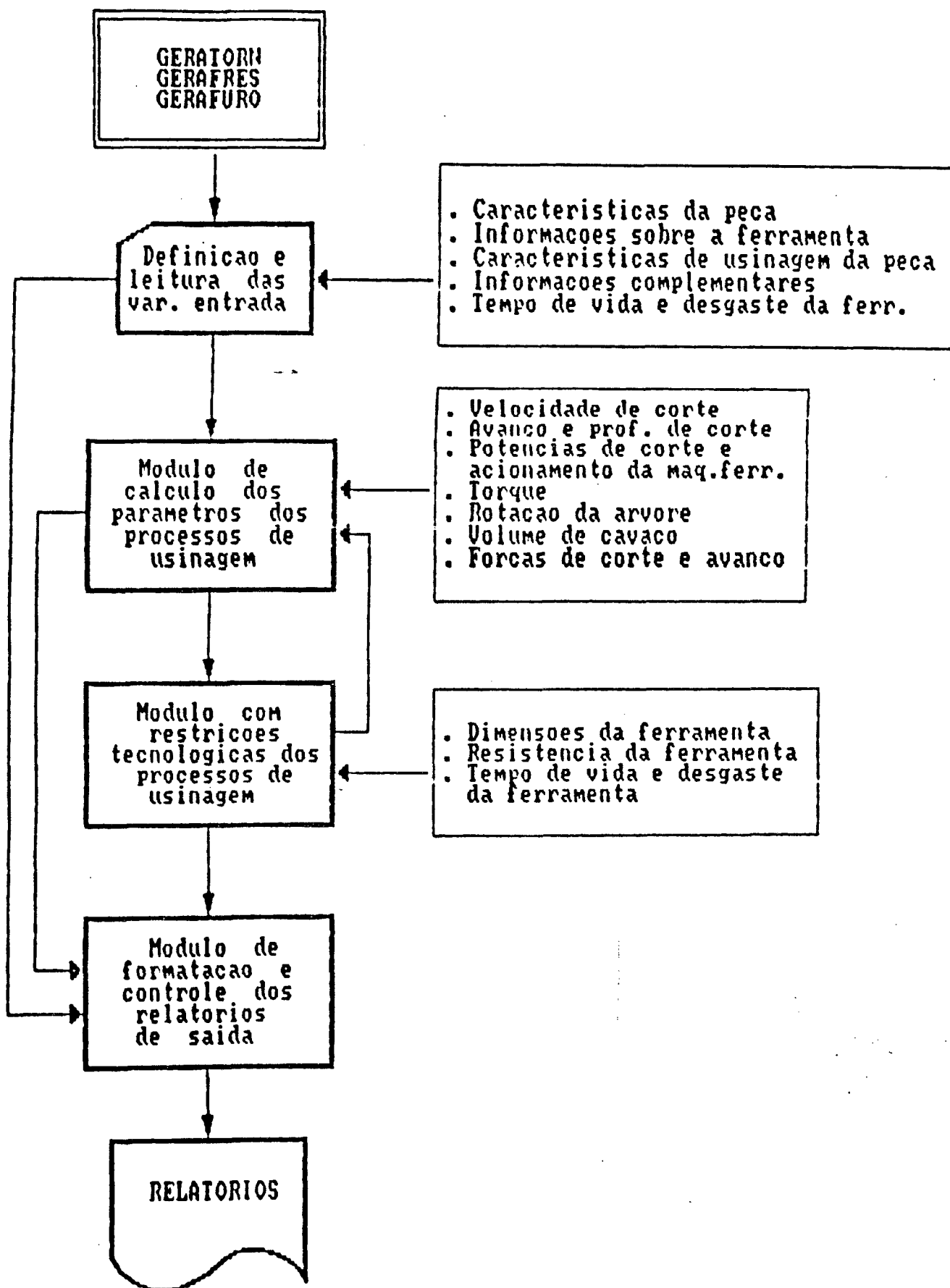


Fig. 17 - "Software" para determinação de dados de usinagem.

Procurou-se montar uma estrutura modularizada, composta por sub-rotinas, buscando com isto a simplificação na programação, reduzir o tempo de execução e facilitar a manutenção dos programas, bem como do sistema na sua íntegra. No primeiro módulo principal, são definidas e lidas todas as variáveis de entrada correspondentes a um determinado processo de usinagem. No bloco seguinte tem-se toda a formulação matemática usada para calcular os valores de corte correspondentes ao processo de usinagem. Para cada processo de usinagem o apêndice apresenta nas seções 1.3, 1.4 e 1.5 as principais relações matemáticas utilizadas. Esse bloco está fortemente interrelacionado com aquele no qual estão contidas as restrições tecnológicas impostas ao processo, como dimensões, geometria e resistência da ferramenta de corte /104/. As restrições tecnológicas impostas pelo processo de usinagem e embutidas nos programas, também, foram analisadas no apêndice. Todos esses módulos possuem as suas variáveis controladas pelo bloco que comanda os relatórios de saída.

Por ocasião da concepção dos relatórios de saída, houve a preocupação de montar um "lay-out" que em sua configuração geral fosse comum aos três processos de usinagem já citados, diferenciando-se, portanto, somente nas particularidades de cada processo, o que pode ser constatado nas próximas seções. Tal procedimento ^{fez} como objetivo facilitar e conseqüentemente racionalizar o trabalho de consulta às tabelas com dados de usinagem. Os relatórios de saída (tabelas com dados de usinagem) podem ser gerados em formato de 132 ou 80 colunas.

4.5 - DETERMINAÇÃO DE DADOS ORIENTATIVOS DE USINAGEM

Conforme já discutido no capítulo das justificativas, uma das maiores dificuldades, com a qual se deparam os profissionais responsáveis pelo planejamento da usinagem, é a falta de informações, que permitam definir, com rapidez e exatidão, sob quais condições deverá se realizar a usinagem de uma dada peça. O número de variáveis que atuam no processo de usinagem, conforme mostra a seção 1.2 do apêndice, representa uma dificuldade adicional para a determinação dessas condições.

É bastante freqüente o comentário de que a usinagem é muito complicada e pelo fato de existirem muitas variáveis atuando no processo, torna-se praticamente impossível a determinação mais exata dos dados de corte. Tais afirmativas são especialmente comuns no Brasil, e de certa forma elas têm sua razão de ser, pois até uma dispersão de qualidade dos materiais de peças e de ferramentas e na rigidez das máquinas - ferramenta poderá produzir efeitos sobre a usinagem da peça. A literatura, no entanto, é paupérrima em relação à quantificação dessa dispersão, o que é plenamente compreensível, já que na prática torna-se muito difícil, em termos técnicos e econômicos, realizar qualquer pesquisa que tenha como objetivo essa quantificação.

Contudo, as discrepâncias que existem entre a teoria e a prática tendem a diminuir cada vez mais, à medida que as tecnologias e técnicas de fabricação evoluem e são aprimoradas.

Na redução dessas diferenças, um banco de dados de usinagem também desempenha uma função muito importante, desde que o seu usuário tenha consciência dessa importância e saiba efetuar a realimentação do sistema de informações que ele está

utilizando. Essa realimentação deverá ser realizada com as informações por ele geradas no seu ambiente de fábrica.

Em função desse panorama, é necessário que qualquer tipo de testes visando à utilização dos resultados num banco de dados de usinagem sejam realizados rigorosamente, segundo critérios únicos e pré-estabelecidos /51,52,53/. Esse é um dos aspectos mais importantes com vistas a um refinamento no sistema de informações, com realimentação por parte do usuário.

A partir dessas colocações, é fácil concluir que os dados de corte que são gerados com os programas GERATORN, GERAFFRES e GERAFFURO, a partir de valores obtidos nos ensaios sistemáticos de usinagem, são dados básicos ou de referência, os quais deverão sofrer eventuais ajustes na sua utilização em sistemas com características diferentes das prescritas nas normas de ensaios /51,52,53/.

O perfeito ajuste tecnológico desses dados para cada situação que se apresenta na prática, poderá ser obtida somente através da utilização dos mesmos na produção, especialmente na fabricação de lotes com um maior número de peças, pois a influência dos fatores acima relacionados, além de outros, só poderá ser determinada em laboratórios, a um custo elevado.

Nesse aspecto, há um importante trabalho a ser desenvolvido entre o CINFUS e a indústria, tendo como objetivo a quantificação dessas variáveis, de modo que se possa realimentar o sistema de informações com o objetivo de tornar os dados cada vez mais exatos, ^{mais bem} melhor ajustados às condições de fábrica e mais abrangentes.

Uma iniciativa nesse sentido já foi desencadeada pelo banco de dados INFOS e a indústria alemã /105/. O trabalho lá

realizado, no entanto, não esgota o assunto, mas representa um passo importante para a minimização dos problemas com dados tecnológicos de usinagem existentes na indústria alemã e servirá de orientação para reduzir os problemas na indústria brasileira. Em síntese, este trabalho apresenta uma série de fatores de correção que foram obtidos a partir das atividades desenvolvidas na indústria, e que deverão ser aplicados sempre que as condições de usinagem (ou condições de contorno) divergirem das utilizadas pelo INFOS, na sua obtenção. A validade desses mesmos valores de correção para a realidade brasileira precisa ser analisada pela própria indústria.

É importante frisar, no entanto, que uma solução perfeita dificilmente será atingida. Em engenharia o importante é ter-se um domínio sobre todo o problema, iniciando-se a sua solução pelas definições de contorno e progredindo sucessivamente até as partes mais complexas.

Apesar das dificuldades aqui levantadas em relação à determinação dos dados de usinagem, a solução apresentada neste trabalho é também, na realidade brasileira atual, a mais completa e possuidora dos pré-requisitos para oferecer uma resposta mais rápida e exata. Essa solução baseia-se na obtenção de dados de usinagem a partir de testes de laboratórios, da literatura e da indústria, já comentados no início do presente capítulo. Esses dados são posteriormente liberados para os usuários na forma de tabelas e em discos e fitas magnéticas. Soluções semelhantes são encontradas na literatura /31,58,65,66,67,78,100/ e usadas por países desenvolvidos.

Os dados gerados pelos programas GERATORN, GERAFFRES e GERAFFURO são de interesse direto dos usuários para as atividades

em nível de fábrica e são obtidos a partir de experiências de usinagem conduzidas de forma sistematizada e sob condições reais de trabalho. Eles podem ser apresentados aos usuários em relatório com formatos de tabelas, conforme exemplos nas seções 4.5.1, 4.5.2 e 4.5.3, ou podem ser arquivados em discos e fitas magnéticas para computador, cuja discussão mais detalhada se fará na seção 4.6. Em qualquer uma das formas de divulgação, procurou-se simplificar e agilizar a tarefa de consulta por parte do usuário, apresentando as informações de forma sistematizada, completa e objetiva.

Dessa forma, torna-se dispensável que a definição das condições de usinagem, para uma determinada combinação peça-ferramenta - máquina-ferramenta, seja realizada por um especialista em usinagem, ou que ele tenha a necessidade de buscar informações complementares em outras fontes de consultas.

Os conhecimentos básicos requeridos do usuário para que ele faça um uso adequado das tabelas com dados de corte são: saber identificar o material da peça e o tipo de superfície da matéria-prima para produzir essa peça; identificar a ferramenta de que dispõe ou deseja utilizar e determinar as características da máquina-ferramenta onde será efetuada a usinagem. No que se refere à máquina-ferramenta, é preciso identificar os avanços e potência disponíveis, assim como saber avaliar a sua rigidez e estado de conservação.

Com base nessas informações, por comparação, o usuário obtém através das tabelas todos os dados necessários para usinar uma determinada peça, tais como: velocidade de corte, avanço, profundidade de corte, potência necessária, vida e desgaste da ferramenta, além de outros.

Quaisquer variações significativas na vida da ferramenta ou outros valores que o usuário comprovadamente constatar na sua fábrica, em relação aos dados fornecidos pelo CINFUS, deverão ser imediatamente comunicadas ao Centro, com a finalidade de proceder a uma análise mais profunda do problema. As variações menores, como por exemplo de até 15% na vida da ferramenta, também, precisam ser comunicadas, com a identificação da causa, embora a correção dos valores nesse caso não seja tão urgente quanto no primeiro. As alterações de valores, seja nos dados em poder dos usuários ou nos existentes no CINFUS, poderão ser realizadas somente após a completa identificação das causas que as originaram. Além disso, todas as modificações de valores deverão ser realizadas sob orientação do CINFUS.

Somente através de uma intensa comunicação, entre usuários e o CINFUS, é que rapidamente se conseguirá ajustar as bases de dados para todos os usuários.

Para reduzir a variação de valores resultante do material da peça e do material e geometria da ferramenta, é necessário que o usuário exerça um controle e uma exigência crescente sobre a qualidade e especificação dos produtos adquiridos diretamente dos fabricantes ou através de fornecedores. As variações inerentes ao processo são de responsabilidade do próprio usuário e por isso deverão ser por ele administradas.

Salienta-se que os dados, que resultam dos programas em discussão, não apresentam qualquer análise de otimização em função de uma máxima produção ou mínimo custo de usinagem, a qual é possível somente mediante o conhecimento dos custos do local de trabalho de cada empresa e a aplicação de determinados métodos de

cálculo conforme é apresentado na seção 1.2.2 do apêndice.

4.5.1 - Processo de torneamento

Na figura 18, tem-se um exemplo parcial de relatório de saída do programa GERATORN. Os dados que deram origem à tabela foram obtidos em pesquisa realizada no Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC /17/. Essa forma de relatório (tabela), foi especialmente concebida para os usuários que fazem a determinação das condições de corte através de consulta em manuais, tabelas ou catálogos. Por intermédio delas, o usuário obterá os dados de corte, otimizará o aproveitamento da potência disponível na máquina-ferramenta, determinará após quanto tempo de usinagem ele necessitará substituir a ferramenta e qual o volume de cavaco produzido por unidade de tempo.

Como pode ser visto na figura, essa tabela está dividida em duas partes principais, sendo uma de cabeçalho e a outra de dados, representando as condições de corte para uma determinada combinação peça-ferramenta.

No cabeçalho encontram-se as informações que caracterizam a peça; a ferramenta; as características de usinagem do par peça-ferramenta, expressas através da constante e expoentes da equação de Taylor; as informações complementares, como, velocidades de corte máxima e mínima, expoente da equação de Kienzle, força específica de corte e rendimento da máquina-ferramenta.

Essas informações são de fundamental importância para que o usuário faça uso correto das informações disponíveis nas tabelas do GINFUS e com isso obtenha a melhor solução possível

```

*****
*
* ***** * * * ***** * * ***** *
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
* ***** * * * * * ***** ***** *
*
*****
*
* DADOS DE CORTE PARA O PROCESSO DE TORNEAMENTO EXTERNO
* LONGITUDINAL
*
*****
*
* PECA FERRAMENTA
* MATERIAL=ABNT(FC-100) CLASSE=K10
* FABRICANTE=WEG S.A. FABRICANTE=BRASSINT
* DUREZA=82 HB FORMA=SNUN 120408
* RES.TRACAO=79 N/MM2 RAI0= 0.80mm
* TRAT.TERM=EST.FORN. X= 75.
* SUPERFICIE=PRE-USINADA
*
* TAYLOR INF.DIVERSAS
* C= 529.1 KC1.1(N/mm2)= 664
* E= -.181 1-MC= 0.75
* F= -.144 VCMAX(m/min)= 250
* G= -.199 VCMIN(m/min)= 140
* H= .299 REND.DA MAQ.= .8
*
*****
*
* F(mm)=0.056
*
* AP(mm) * VC(m/min) FC(N) PC(Kw) PA(Kw) V(cm3/min)*
* 1.0 * 250.0 77.1 0.3 0.40 14.0 *
* 2.0 * 250.0 154.2 0.6 0.80 28.0 *
*
* F(mm)=0.100
*
* AP(mm) * VC(m/min) FC(N) PC(Kw) PA(Kw) V(cm3/min)*
* 1.0 * 250.0 119.1 0.5 0.62 25.0 *
* 2.0 * 250.0 238.2 1.0 1.24 50.0 *
* 3.0 * 243.0 357.3 1.4 1.81 72.9 *
* 4.0 * 233.1 476.4 1.9 2.31 93.2 *
* 5.0 * 225.7 595.5 2.2 2.80 112.9 *
* 6.0 * 219.9 714.6 2.6 3.27 131.9 *
* 7.0 * 215.1 833.7 3.0 3.74 150.5 *
* 8.0 * 211.0 952.8 3.4 4.19 168.8 *
*
* VB(mm)= 0.300
* T(min)= 30.0

```

Fig. 18 - Processo de torneamento - dados de usinagem.

para a sua tarefa de usinagem. O usuário deverá dedicar uma atenção especial à identificação da peça e da ferramenta, comparando as informações de que ele dispõe com as existentes nas tabelas. O sucesso na usinagem depende principalmente da compatibilização dessas informações.

Na parte de dados, encontram-se os valores de avanço; profundidade de corte; velocidade de corte; força de corte; potência de corte; potência de acionamento e volume de cavaco. Esses valores sempre estão relacionados a um determinado critério e valor de desgaste da ferramenta, bem como ao respectivo tempo de vida, especificados no final de cada tabela.

As velocidades de corte são calculadas tendo-se como limites os valores máximo e mínimo especificados no cabeçalho e obtidos dos resultados experimentais. Os modelos matemáticos utilizados para essa finalidade são apresentados no apêndice, seções 1.3, 1.4 e 1.5.

A profundidade de corte e o avanço são determinados em função da forma e dimensões da ferramenta. As profundidades de corte são apresentadas com incrementos de um milímetro, a partir do valor inicial, e os avanços obedecem à incrementos segundo uma série de números normalizados, todos dentro de uma faixa de valores mínimos e máximos recomendados para uma determinada combinação peça-ferramenta.

A opção pela especificação da profundidade de corte com incrementos sucessivos de um (1) milímetro, justifica-se no sentido de facilitar a escolha adequada dos dados de corte em função do sobre-metal existente na peça a usinar. Igualmente para facilitar o trabalho do usuário, optou-se pela especificação dos avanços segundo incrementos de uma série de números normalizados,

já que nas máquinas-ferramenta convencionais os avanços disponíveis nos variadores obedecem a esse escalonamento. Para as máquinas NC, como os centros de usinagem, o avanço geralmente é expresso em milímetros por minuto (mm/min), sendo neste caso uma função da velocidade de corte, do diâmetro da ferramenta (ou do número de giros que ela realiza por minuto), do seu número de gumes e do avanço por giro da mesma.

As forças de corte são calculadas pela equação de Kienzle /19/ e comparadas com a máxima carga admissível pela ferramenta. Quando essa carga ou limites dimensionais da ferramenta forem atingidos, interrompe-se o processo de cálculo.

As tabelas poderão ser geradas para diferentes valores de desgaste e tempo de vida da ferramenta, dentro de limites que são determinados experimentalmente.

Essa configuração de tabelas é a forma mais completa de apresentar os dados de usinagem aos usuários, pois todas as informações que eles necessitam, para uma dada combinação peça-ferramenta, encontram-se detalhadas num mesmo documento.

Apresentar a melhor solução para os usuários tem sido uma preocupação constante no CINFUS. Por essa razão, justamente no aspecto de apresentação dos dados de usinagem aos usuários é que ele se distingue de outros bancos de dados /31,65,66/ e dos fabricantes de ferramentas de corte /64,67/.

4.5.2 - Processo de furação

Pelo que pode ser visto na figura 19, em suas linhas gerais, as tabelas de furação são muito semelhantes às do torneamento externo. As diferenças surgem como consequência da

```

*****
*
*   *****   *   *   *   *****   *   *   *****   *
*   *           *   **  *   *           *   *   *           *
*   *           *   * * *   ****        *   *   *****   *
*   *           *   * **   *           *   *   *           *
*   *****   *   *   *   *           *****   *****   *
*
*****
*
*           DADOS DE CORTE PARA O PROCESSO DE FURACAO
*           COM BROCAS HELICOIDAIS
*
*****
*           PECA                               FERRAMENTA
* MATERIAL=ABNT-1020(UST37-1)  MATERIAL= AR
* DUREZA=130 HB                DIAMETRO(mm)= 5. EM 5.
* FABRICANTE= DESCONHECIDO    FABRICANTE= DESCONHECIDO
* TRAT.TERM=DESCONHECIDO      ANG.PONTA(gra)= 118
* RES.TRACAO= 410 N/MM2       ANG.HELICE(gra)= 28
* SUPERFICIE=PRE-USINADA     FORMA AFIACAO=A
* FURACAO= EM CHEIO
*
*           TAYLOR                               INF.DIVERSAS
* C= +140.000                    KF1.1(N/mm2)= 1289
* E= -0.180                      KC1.1(N/mm2)= 2061
* F= -0.100                      1-MF= .8
* G= -0.160                      1-MC= .87
* H= +0.210                      VCMAX(m/min)= 52
*                               VCMIN(m/min)= 15
*                               REN. DA MAQ.=0.80
*
*           FL. CORTE= EMULSAO:1:15 4 L/MIN
*****
*****
*
*           *           *           *           *           *
*   O(mm)   *   5.   *   10.   *   15.   *   20.   *   25.   *
*
*****
*   F*
(mm)*   VB(mm)   *   0.50   *   0.49   *   0.57   *   0.64   *   0.69   *
*
*****
*
*   VC(m/min) *   39.9 *   37.2 *   36.8 *   36.6 *   36.4 *
*   N(rpm)    * 2541.3 * 1182.9 * 780.8 * 582.0 * 463.7 *
*   VF(mm/min)* 254.1 * 118.3 * 78.1 * 58.2 * 46.4 *
0.100 *   FF(N)    * 741.0 * 1479.4 * 2275.9 * 3096.9 * 3938.6 *
*   FC(N)     * 950.4 * 1897.4 * 2918.9 * 3971.9 * 5051.4 *
*   MC(N.m)   * 0.9 * 3.5 * 7.8 * 13.9 * 21.7 *
*   PC(Kw)    * 0.23 * 0.43 * 0.64 * 0.85 * 1.05 *
*   PA(Kw)    * 0.29 * 0.54 * 0.80 * 1.06 * 1.32 *
*   V(cm3/min)* 5.0 * 9.3 * 13.8 * 18.3 * 22.8 *
*****

```

L= 5000.(mm)

Fig. 19 - Processo de furação - dados de usinagem.

forma da ferramenta e das características do processo de usinagem. Os dados usados para gerar as tabelas da figura 19 foram obtidos em pesquisa realizada no INFOS /55/.

Os cálculos são limitados pela resistência e desgaste da ferramenta. No caso da furação em cheio com brocas helicoidais, a vida da ferramenta costuma ser expressa em função do somatório das profundidades dos furos individuais (comprimento de furação), ao invés do tempo de usinagem como no processo de torneamento.

Nas tabelas encontram-se os valores de avanço, desgaste admissível na broca em função do seu diâmetro, a rotação da broca, a velocidade de avanço, as forças de corte e de avanço, as potências de corte e de acionamento da máquina - ferramenta, o momento de corte e o volume de cavaco. Esses valores sempre são válidos para um determinado comprimento de furação especificado no final de cada tabela.

Nesse caso, os dados já foram elaborados de maneira que possam ser usados na definição dos valores de corte para as máquinas-ferramenta convencionais e máquinas NC, pois o diâmetro da broca é um dado conhecido, permitindo assim a determinação da sua rotação a velocidade de avanço e o momento de corte, uma vez que na furação essas duas últimas informações são importantes para evitar danos à ferramenta. Na furação o gume transversal de corte, a saída do cavaco e o atrito da broca na parede do furo, impõem uma apreciável solicitação à ferramenta.

O programa GERAFURO pode gerar as tabelas para diâmetros de brocas com incrementos de um (1) ou de cinco (5) milímetros.

4.5.3 - Processo de fresamento

As tabelas com dados de corte para o fresamento frontal se assemelham muito com os dois casos anteriormente descritos, exceto que esse processo de usinagem apresenta um número maior de variáveis de entrada, como mostra a figura 20. Esses dados foram obtidos em experiências realizadas na UFSC /94/.

As variáveis adicionais mais importantes são as dimensões da peça, o diâmetro da fresa, o seu número de gumes, a posição fresa sobre a superfície a ser usinada e a relação diâmetro da fresa/largura da peça. Em função da posição da fresa e da relação diâmetro da fresa/largura da peça se obterá diferentes tempos de contato da ferramenta com a peça o que influirá no desgaste da mesma.

Devido à modelação matemática existente no programa GERAFRES, na sua versão atual ele poderá ser usado exclusivamente para o cálculo de valores de corte para o processo de fresamento frontal (de faceamento), descrito no apêndice, seção 1.5. Como restrições tecnológicas, o programa usa a forma, dimensões e carga admissíveis na ferramenta.

O relatório de saída apresenta os seguintes dados: avanço por dente da fresa, velocidade de corte e de avanço, rotação da fresa, profundidade de corte, força de corte, potência de corte e de acionamento da fresadora, além do volume de cavaco por unidade de tempo de usinagem. Esses valores sempre estão relacionados a um determinado critério e valor de desgaste da ferramenta, associado a vida e respectivo comprimento de fresamento que pode ser realizado pela ferramenta durante essa vida.

```

*****
*
*      *****      *      *      *      *****      *      *      *****      *
*      *            *      **   *      *            *      *      *            *      *
*      *            *      * *  *      ****          *      *      *****          *
*      *            *      *  **  *      *            *      *      *            *      *
*      *****      *      *      *      *            *****          *****          *
*
*****
*
*      DADOS DE CORTE PARA O PROCESSO DE FRESAMENTO
*      COM FRESAS DE FACEAMENTO
*
*****
*
*      PECA                                FERRAMENTA
*
*      MATERIAL = FC-250(GG-25)           FRESA = DE FACEAR
*      FAB.= FUNDICAO TUPY                NUM.DE GUMES = 8
*      DUREZA = 195 HB                    DIAMETRO = 160.0 mm
*      RES.TRACAO = 250 N/mm2             ANG.SAI.RAD(graus)= -5.0
*      TRAT.TERMICO = EST. DE FORN.       ANG.SAI.AXI.(graus)= -6.0
*      EST.SUP. = PRE-USINADA             ANG.SAIDA(graus)= -6.0
*      LARG.FRESAR = 120.0mm              ANG.DIR.GUME(graus)= 75.0
*                                          MAT.DA PAST.= METAL DURO
*                                          CLASSE = H1P
*                                          COD.ISO = SNGN 120408
*                                          FAB. = DESCONHECIDO
*                                          EXC.LAT. = 20.0 mm
*
*      CONSTANTES DE TAYLOR                INFORMACOES DIVERSAS
*
*      C = 502.97                          VEL.CORTE MAX.= 120.00m/min
*      E = -0.87                            VEL.CORTE MIN.= 80.00m/min
*      F = -0.32                            KC 1.1.....1200.0N/mm2
*      G = -0.31                            1-MC= 0.74
*      H = 0.35                             REND.DA MAQ.= 0.80
*      I = 0.00                             FL. CORTE=SEM
*
*****
*****
*
*      NOMENCLATURA TECNICA E UNIDADES
*      ***** * *****
*
*      VC..... Velocidade de Corte..... [m/min]
*      N..... Rotacao da Arvore..... [rpm]
*      FCM..... Forca de Corte Media..... [ N ]
*      VF..... Velocidade de Avanco..... [mm/min]
*      V..... Volume de Cavaco Removido..... [cm3/min]
*      PC..... Potencia de Corte..... [ Kw ]
*      PA..... Potencia de Acionamento..... [ Kw ]
*      CF..... Comprimento de fresamento..... [ m ]
*      VB..... Desgaste da Ferramenta..... [ mm ]
*      T..... Tempo de Vida em Funcao do Avanco. [min]
*
*****

```

Fig. 20 (Continua)

 * Fz(mm)= 0.400 *

 * AP * VC * VF * N * FCM * PC * PA * V * CF *
 (mm)(m/min) *(mm/min)* (rpm) * (N) * (Kw) * (Kw) *cm3/min* (m) *

 * 1 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 639.9 * 2.8 * 3.5 * 91.7 * 34.4 *
 * 2 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 1279.8 * 5.5 * 6.9 * 183.3 * 34.4 *
 * 3 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 1919.7 * 0.3 * 10.4 * 275.0 * 34.4 *
 * 4 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 2559.5 * 11.1 * 13.8 * 366.7 * 34.4 *
 * 5 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 3199.4 * 13.8 * 17.3 * 458.4 * 34.4 *
 * 6 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 3839.3 * 16.6 * 20.7 * 550.0 * 34.4 *
 * 7 * 120.0 * 763.9 * 238.7 * 4479.2 * 19.3 * 24.2 * 641.7 * 34.4 *
 * 8 * 115.7 * 736.4 * 230.1 * 5119.1 * 21.3 * 26.6 * 707.0 * 33.1 *
 * 9 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 *
 * 10 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 *

 * Fz(mm)= 0.500 *

 * AP * VC * VF * N * FCM * PC * PA * V * CF *
 (mm)(m/min) *(mm/min)* (rpm) * (N) * (Kw) * (Kw) *cm3/min* (m) *

 * 1 * 120.0 * 954.9 * 238.7 * 754.8 * 3.3 * 4.1 * 114.6 * 43.0 *
 * 2 * 120.0 * 954.9 * 238.7 * 1509.5 * 6.5 * 8.1 * 229.2 * 43.0 *
 * 3 * 120.0 * 954.9 * 238.7 * 2264.3 * 9.8 * 12.2 * 343.8 * 43.0 *
 * 4 * 118.9 * 946.4 * 236.6 * 3019.1 * 12.9 * 16.2 * 454.3 * 42.6 *
 * 5 * 110.7 * 881.2 * 220.3 * 3773.8 * 15.0 * 18.8 * 529.7 * 39.7 *
 * 6 * 104.5 * 831.2 * 207.8 * 4528.6 * 17.0 * 21.3 * 598.5 * 37.4 *
 * 7 * 99.4 * 791.2 * 197.8 * 5283.4 * 18.8 * 23.6 * 664.6 * 35.6 *
 * 8 * 95.3 * 758.1 * 189.5 * 6038.2 * 20.7 * 25.9 * 727.8 * 34.1 *
 * 9 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 *
 * 10 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 *

 * Fz(mm)= 0.630 *

 * AP * VC * VF * N * FCM * PC * PA * V * CF *
 (mm)(m/min) *(mm/min)* (rpm) * (N) * (Kw) * (Kw) *cm3/min* (m) *

 * 1 * 120.0 * 1203.2 * 238.7 * 895.5 * 3.9 * 4.8 * 144.4 * 54.1 *
 * 2 * 120.0 * 1203.2 * 238.7 * 1781.1 * 7.7 * 9.7 * 288.8 * 54.1 *
 * 3 * 108.6 * 1069.3 * 212.2 * 2686.8 * 10.3 * 12.9 * 384.9 * 48.1 *
 * 4 * 97.3 * 975.2 * 193.5 * 3582.2 * 12.5 * 15.7 * 468.1 * 43.9 *
 * 5 * 90.6 * 908.0 * 180.2 * 4477.7 * 14.6 * 18.2 * 544.8 * 40.9 *
 * 6 * 85.4 * 856.6 * 170.0 * 5373.3 * 16.5 * 20.7 * 616.7 * 38.5 *
 * 7 * 81.3 * 815.3 * 161.8 * 6268.8 * 18.3 * 22.8 * 684.9 * 36.7 *
 * 8 * 80.0 * 802.1 * 159.2 * 7184.4 * 20.6 * 25.8 * 770.1 * 36.1 *
 * 9 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 *
 * 10 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 * 0.0 *

V8(mm) = 0.30
 T(min) = 45.0

Fig. 20 - Processo de fresamento - dados de usinagem.

4.5.4 - Otimização dos dados de usinagem

Da maneira como foi mostrado nas seções 4.5.1 a 4.5.3, os dados de usinagem apresentam-se de forma neutra, indicando ao usuário uma ampla gama de valores, dentro de uma faixa ótima de trabalho, que foi determinada experimentalmente. Dentro dessa faixa, situam-se os valores ótimos em relação ao mínimo custo de usinagem ou de máxima produção, os quais são determinados por processos de cálculo, conforme mostra a seção 1.2.2 no apêndice.

A otimização de dados é um objetivo importante na usinagem, especialmente quando se trabalha com maiores tamanhos de lotes de peças, quando os custos de usinagem são elevados ou quando os prazos de entrega do produto são muito pequenos.

Os dados apresentados nas seções inicialmente citadas, possibilitam uma definição rápida de valores de corte por parte dos usuários e, considerando a forma atual de trabalho da indústria no Brasil, eles atenderão ao maior número de exemplos individuais de tarefas de usinagem, especialmente no caso da produção de pequenos e médios lotes.

A indústria, no entanto, caminha com rapidez no sentido de aperfeiçoar cada vez mais o produto e otimizar os processos de produção, seja através da introdução de novos equipamentos e métodos de trabalho ou por intermédio de um maior domínio tecnológico sobre os parâmetros do processo de usinagem. Para realizar a otimização da usinagem, esses dados representam um ponto de partida de uma das partes integrantes do processo de otimização que, associado às informações tecnológicas da máquina-ferramenta, do material a usinar, da ferramenta de corte e dos custos envolvidos, permitirá a otimização das diferentes

situações que se apresentam na prática.

A otimização da usinagem tem sido pouco praticada na indústria que trabalha com a fabricação principalmente de pequenos lotes de peças, por dois motivos principais: a falta de dados tecnológicos que viabilizam esse procedimento e a complexidade e demora que isso representa quando realizado pelos métodos manuais tradicionais.

O uso do computador e o crescimento da competitividade entre as empresas, são os fatores que mais têm contribuído para que, cada vez mais, empresas se disponham a realizar a otimização dos parâmetros dos processos de usinagem.

O DADUS-T /12/, é um "software" para otimização dos parâmetros de usinagem - processo de torneamento, em desenvolvimento no GRUCON. Ele foi escrito em linguagem Pascal e implementado em microcomputador tipo PC-IBM.

A utilização da linguagem Pascal deve-se ao desenvolvimento do módulo gráfico que será introduzido no sistema, pois essa linguagem de programação possui mais recursos do que o Basic no que se refere a computação gráfica.

Com esse "software" objetiva-se otimizar os parâmetros de usinagem em função dos custos e do volume de produção. Ele apresenta uma estrutura modular, sendo que nessa sua primeira versão ele se aplicará somente às operações de torneamento externo longitudinal, sem simulação gráfica de movimentação da ferramenta, da peça bruta ou acabada. Para as próximas versões do sistema, prevê-se a introdução de operações de faceamento, roscas, rebalços, torneamento interno, furação e a simulação gráfica. Na figura 21, mostra-se com auxílio de um diagrama de blocos, a atual estrutura do sistema, assim como através de

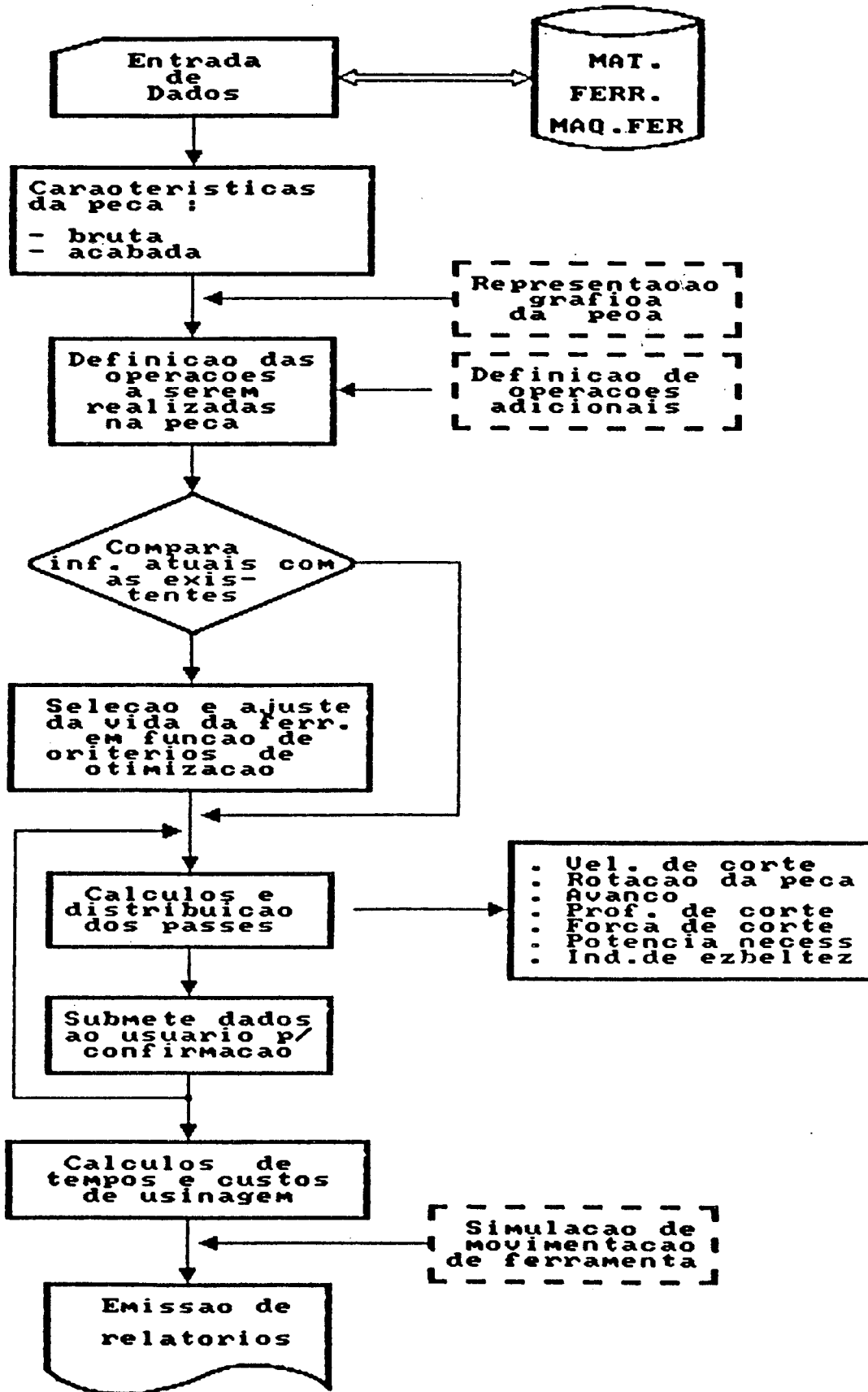


Fig. 21 - Otimização da usinagem.

linhas tracejadas os pontos em que serão realizadas as complementações futuras.

O sistema caracteriza-se por uma entrada de dados correspondente às peças, às ferramentas e às máquinas-ferramenta: definição das características da peça bruta (matéria-prima), da peça acabada e das respectivas operações de usinagem. Após a definição dos dados de entrada, por parte do usuário, o sistema determina a vida da ferramenta em função do critério escolhido pelo usuário. Não havendo modificações pretendidas pelo usuário, o programa realiza as operações de cálculo e distribuição dos passes de usinagem, considerando como fatores limitantes a ferramenta de corte e a máquina-ferramenta. No que se refere aos cálculos, ele fornece a velocidade de corte, a rotação da peça, o avanço, a profundidade, o índice de esbeltez do cavaco, a força de corte e a potência necessária. Havendo uma confirmação desses valores pelo usuário, o sistema passa a calcular os tempos e custos de usinagem. Caso contrário, o usuário poderá atuar na modificação dos valores, sendo que o sistema refaz os cálculos. Não existindo mais alterações a serem efetuadas, pode-se solicitar um relatório das principais informações de entrada e de saída, conforme figura 22.

O sistema DADUS-T trabalha com três arquivos principais, o de materiais, o de ferramentas e o de máquinas-ferramenta.

No arquivo de materiais tem-se a especificação das características da peça e os valores tecnológicos de usinagem para diferentes combinações peça-ferramenta.

No de ferramentas, a especificação da pastilha, do suporte e respectivos fabricantes: custos do suporte e da pastilha; tempo de troca da pastilha, bem como o critério e

 DADUS T - DADOS OTIMIZADOS PARA TORNEAMENTO

COODIGO_DA_PECA : Teste 01

MATERIAL_DA_PECA

Codigo : ABNT 1045

Descricao : aco 1045 (dados cinfus)

FERRAMENTA

Pastilha : Codigo : SNGN120408

Fabricante : Brasinter

Classe : P20

Suporte : Codigo : SBTR-16

Descricao : Brasinter

Angulo de Posicao : 60.0

Comprimento do gume : 12 [mm]

Tempo de Vida da ferramenta : 10.8 [min]

Criterio de Otimizacao : 6

Criterio de Desgaste : VB = 0.40 mm

MAQUINA

Codigo : T05

Descricao : Torno Romi 1-45

CONDICOES DE USINAGEM

Diametro Inicial : 50.00 [mm]
 Diametro final : 45.00 [mm]
 Comprimento de corte : 200.00 [mm]
 Fator limitante : Ferramenta (raio de quina)
 Tempo total de corte : 0.2 [min]

passo	Prof. corte	Avanco	Rotacao	Vel. corte
n.	[mm]	[mm/rot]	[rpm]	[m/min]
1	2.50	0.700	1500.0	235.62

CUSTOS NA OPERACAO

Custo de Usinagem :	15.24
Custo de Ferramenta :	5.64
Custos Gerais na operacao :	1.56
Custos de Troca da Ferramenta :	0.59
Subtotal :	23.03
Custo de preparacao da peca :	53.33
Custo de Material da Peca :	150.00
Custo Total da Operacao :	226.37

Fig. 22 - DADUS-T: Plano de trabalho e cálculo de custos.

valor do desgaste admitido na mesma.

O arquivo de máquinas usa o código e descrição da máquina: as suas características construtivas como potência disponível, força máxima aplicável, avanços e rotações existentes, além dos custos do local de trabalho (máquina + operador).

Os valores da variável, custos do local de trabalho dependem do tipo de máquina a ser utilizada, do tipo de empresa e significativamente da sua política financeira. Por isso, a definição desses valores fica a critério do usuário do sistema.

Parte dos dados desses arquivos são apresentados nos relatórios de saída, que são divididos em três partes principais. Na parte superior tem-se o cabeçalho, onde estão localizadas as informações da peça da ferramenta e da máquina-ferramenta. Na parte central as dimensões iniciais e finais da peça, o fator que limitou os cálculos, os valores de corte, o número de passes e o tempo total de usinagem. Na terceira parte, os custos de usinagem, da ferramenta, custos gerais e auxiliares, do material da peça e o custo total.

Portanto, os relatórios apresentam um plano de trabalho, com informações que interessam diretamente aos operadores de máquinas e o cálculo de tempos e custos, segundo critérios de otimização, que são de interesse do setor de planejamento da produção e do departamento de finanças de uma empresa.

4.6 - O BANCO DE DADOS EM MICROCOMPUTADOR - SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES

Até o presente tem-se discutido neste trabalho os

aspectos relacionados com a obtenção de informações de usinagem através de experiências sistematizadas, da literatura e trabalhos realizados na indústria, assim como o processamento dessas informações em computador de grande porte, IBM 4341, exceto na seção de otimização.

Na presente seção se abordará, especificamente a implantação do Banco de Dados de usinagem em microcomputador.

O advento do computador tem proporcionado enormes benefícios à automatização industrial e conseqüentemente para o aumento da produtividade dos meios de fabricação. No setor de usinagem, a sua presença hoje é marcante numa série de atividades técnicas e burocráticas, tais como administração e seleção de dados de usinagem, administração de ferramentas de corte, geração dos planos de processos e na programação das máquinas NC, no controle de estoques entre outras.

A administração, seleção e otimização de dados de usinagem sempre tem sido uma atividade bastante estática.

Muitas informações importantes, geradas por intermédio dos próprios processos de fabricação no ambiente industrial, eram retidas por algumas pessoas somente e conseqüentemente não havia uma realimentação do sistema de informações, ocasionando prejuízos relevantes ao setor produtivo. Era freqüente o argumento de que um controle mais rígido sobre as condições de usinagem seria muito dispendioso e que, portanto, em função da relação custo-benefício não se justificava fazê-lo. Essa afirmação de certa forma era correta, uma vez que a administração manual dessas informações era uma tarefa incômoda e demorada.

Entretanto, hoje, esse argumento não encontra mais tanto respaldo, pois a informática proporcionou uma modificação radical

nos meios de fabricação. Com o uso do computador, a administração de informações realmente se tornou muito dinâmica, ou seja, a obtenção e atualização de informações passou a ser uma tarefa mais agradável, mais simples e rápida. Os meios de fabricação se tornaram mais complexos, flexíveis e conseqüentemente de custos mais elevados. Em muitos casos, os tamanhos dos lotes de peças restringem-se a, atualmente, ao pedido de um ou mais clientes, e com isto as trocas de trabalhos nas máquinas geralmente passa a ser mais freqüente. Dos produtos exige-se um constante aumento da qualidade e redução de custos, o que forçosamente representa um maior controle sobre os parâmetros do processo de usinagem, bem como uma maior rapidez na sua determinação e atualização.

Pelas razões acima apresentadas, a administração de informações de usinagem, via computador é, atualmente, uma exigência da indústria moderna ou em fase de modernização. O computador, seja ele de pequeno, médio ou grande porte, hoje praticamente marca presença em todos os ambientes de trabalho, sejam eles industriais ou comerciais. Devido à atraente relação entre o seu custo e o benefício direto que proporciona, a opção atual na maioria dos casos é pelo uso do microcomputador que quase sempre pode ser conectado em um computador de maior porte.

O sistema de gerenciamento de banco de dados, que foi desenvolvido para uso em microcomputador do tipo PC-IBM, tem como objetivo administrar as informações de usinagem obtidas a partir de experiências sistemáticas de usinagem. Com esse gerenciador tem-se como meta facilitar o processo de seleção de dados de usinagem, assim como tornar mais dinâmico o processo de atualização de informações. Portanto, esse sistema substitui com uma série de vantagens as tradicionais tabelas descritas nas

seções 4.5.1 a 4.5.3.

Numa etapa futura, esse sistema deverá evoluir para uma forma ampliada, de maneira que os dados que são por ele administrados possam ser ajustados especificamente para as condições de trabalho de cada usuário.

4.6.1 - Características do sistema de gerenciamento de informações

Com base em pesquisa realizada na bibliografia especializada /106,107/, concluiu-se que a estrutura relacional, que é própria para o gerenciamento de dados na forma de tabelas, seria a mais apropriada para esse tipo de banco de dados, uma vez que praticamente todos os dados desse Banco de Usinagem são manuseados na forma de tabelas. Essa decisão, associada com as colocações a seguir, fez com que a escolha do sistema de gerenciamento recaísse sobre o "dbase" III /108,109/, que é, atualmente, uma poderosa e moderna ferramenta de "software" para gerenciamento de banco de dados em microcomputador, que apresenta uma estrutura relacional e é de grande evidência comercial.

Como pode ser visto na figura 23, o sistema é composto de três módulos principais, sendo um para o processo de torneamento externo longitudinal, o segundo para o processo de furação em cheio com broca helicoidal e outro para fresamento frontal.

Esses módulos apresentam a mesma estrutura básica, sendo que as particularidades surgem em decorrência das peculiaridades de cada processo de usinagem. A estrutura interna do sistema

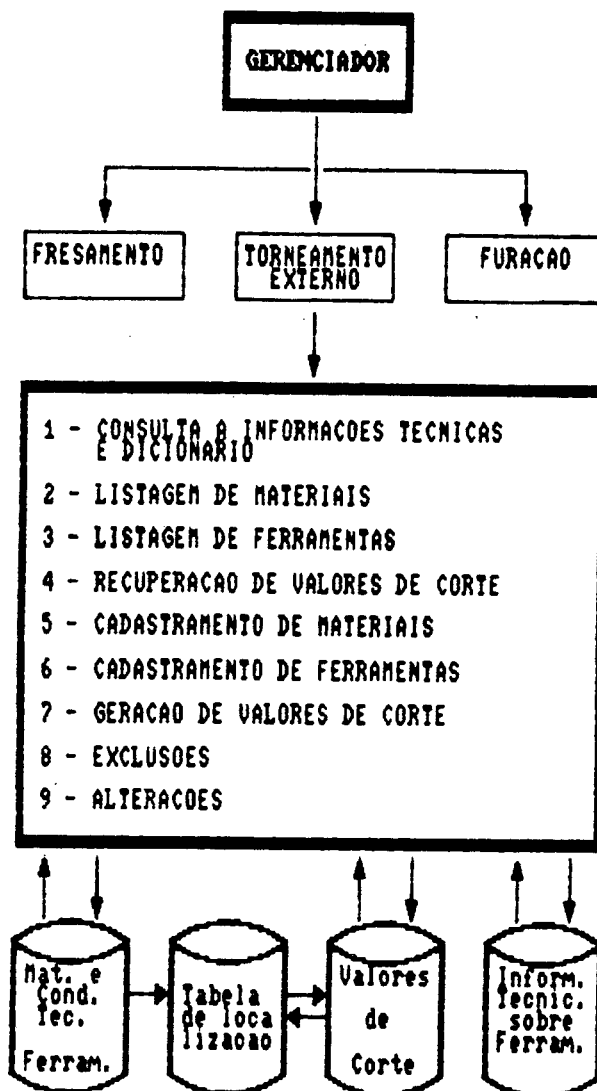


Fig. 23 - Gerenciamento do Banco de dados CINFUS em microcomputador.

encontra-se toda montada sobre arquivos de dados e informações de localização. Em nível do usuário poderão ser efetuadas consultas ao dicionário e informações técnicas; inclusões, alterações e exclusões de informações; recuperação e geração de dados de corte.

A figura 24 apresenta um detalhamento parcial do sistema para o módulo torneamento. No seu nível hierárquico mais elevado o sistema apresenta o gerenciador do banco de dados propriamente dito, denominado GERBAN, o qual realiza o gerenciamento geral

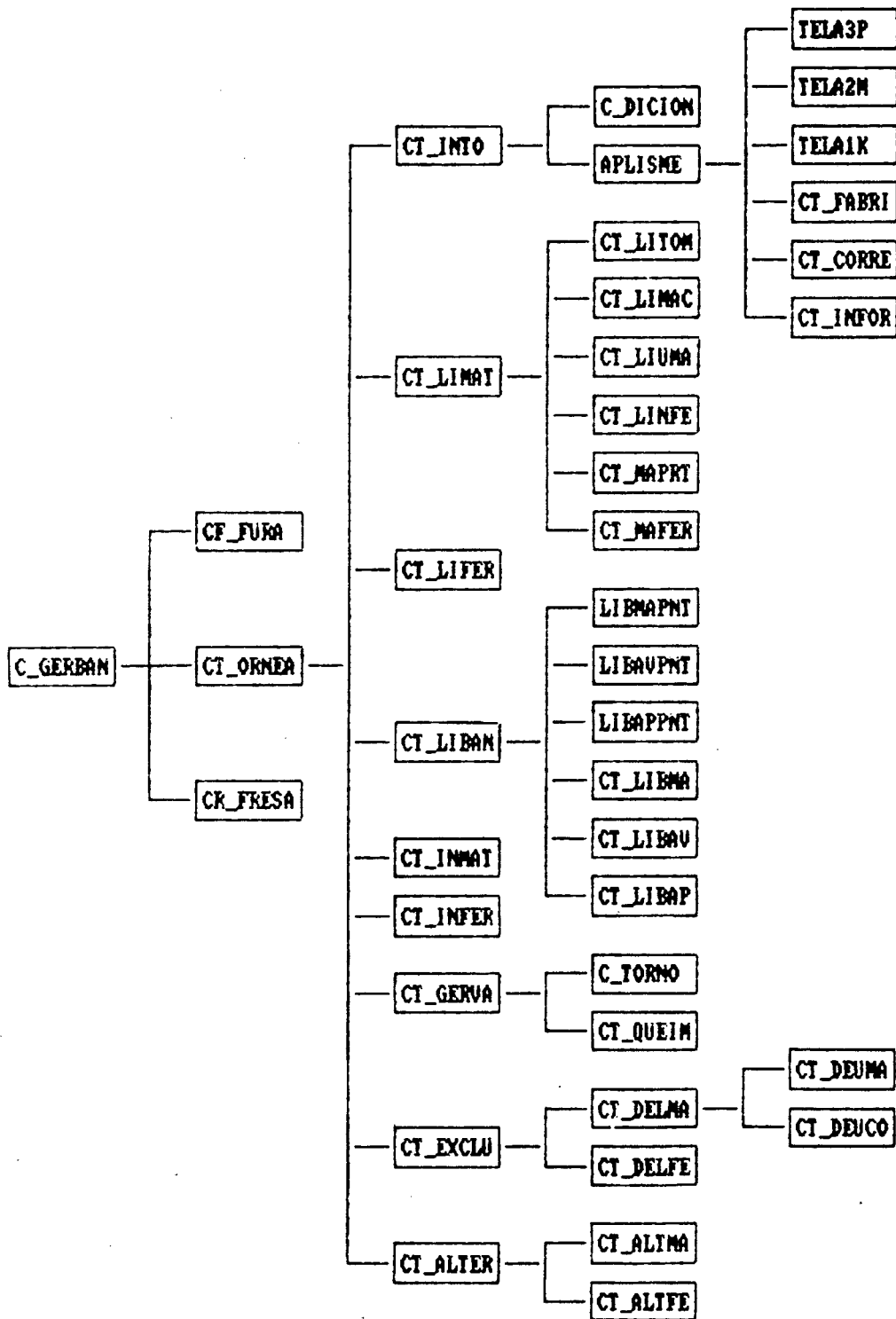


Fig. 24 - Detalhamento do sistema de gerenciamento do Banco de Dados em microcomputador.

dos três módulos principais.

Num nível imediatamente inferior, encontra-se o programa TORNEA que atua diretamente sobre o módulo de torneamento e que

gerencia as consultas às informações técnicas e ao dicionário; atua sobre a listagem de materiais, das ferramentas e do banco de dados; na inserção de materiais e de ferramentas; na geração de valores de corte; exclusão e alterações de dados e informações. O anexo III apresenta o "Lay-out" de telas de vídeo de microcomputador e exemplos de arquivos do sistema, que são administradas pelo GERBAN e TORNEA.

Na primeira alternativa, que trata de informações técnicas e dicionário, o usuário encontrará um substancial apoio técnico referente à seleção, características tecnológicas, equivalência de classes de metal duro dos fabricantes em relação às classes ISO, bem como informações sobre os próprios fabricantes de metal duro. Adicionalmente, tem-se um dicionário, que no contexto deste "software" tem a função de apresentar as abreviações das variáveis, respectivos significados e unidades usadas nos três módulos do sistema.

A opção, listagem de materiais, apresenta num sub-nível as seguintes formas de listagem: listagem de todos os materiais contidos nesse arquivo, com respectivas ferramentas e características tecnológicas de usinagem; listagem de um material e condições de corte geradas pelo sistema; listagem das informações correspondentes a um material somente; listagem de um material e todas as ferramentas; listagem de todos os materiais e ferramentas.

Na alternativa listagem de ferramentas, o sistema apresenta todas as ferramentas com as informações pertinentes e necessárias, para operações de cálculo, cadastradas no banco.

Através da opção listagem de valores de corte, tem-se a possibilidade de seleccionar a forma desejada para obter os

valores de corte. Uma das alternativas é a obtenção de todos os valores de corte para uma determinada combinação peça - ferramenta. As outras duas variantes permitem gerar os dados de corte para um avanço ou para uma profundidade de corte específica.

Sempre que surgirem novos resultados de pesquisa, esses podem ser inseridas através das opções inserção de materiais e de ferramentas.

A geração de valores de corte é realizada por um programa específico denominado GERATORN já descrito na seção 4.5.1, sendo que essa geração poderá ser efetuada para inserção no banco de dados e posterior recuperação via apresentação na tela de vídeo ou relatório de impressora, em formato de 80 colunas. O programa denominado QUEIMA elimina um conjunto de arquivos temporários.

As exclusões poderão ser efetuadas em dados dos arquivos de materiais e ferramentas. Nessa opção também poderão ser eliminadas as condições de usinagem geradas para o banco, bastando para isso que o usuário especifique a eliminação que pretende realizar.

A outra operação prevista no gerenciador do Banco de Dados é a de proceder a alterações nas informações relacionadas com os materiais e as ferramentas cadastradas.

Como derradeira alternativa, apresenta-se a possibilidade de mostrar através do vídeo ou impressora, em formato de 80 colunas, uma listagem corrida com todos os materiais e respectivas ferramentas cadastradas no banco de dados.

Operações iguais a essas descritas para o TORNEA, foram

também previstas para o gerenciador de furação e fresamento, tendo sido suprimidas na figura 24.

C A P Í T U L O V

I N T E G R A Ç Ã O D O B A N C O D E D A D O S C I N F U S C O M S I S T E M A S C A D / C A M / C A P P

5.1 - A FUNÇÃO DO CINFUS EM RELAÇÃO AOS SISTEMAS CAD/CAM/CAPP

Um banco de dados de usinagem pode ser usado basicamente de duas formas distintas, como um sistema isolado para determinação dos valores de corte e/ou integrado em sistemas CAD/CAM e CAPP, de modo a possibilitar a determinação automática das condições de usinagem.

A determinação automática das condições de usinagem nos sistemas de programação de máquinas NC assistidos por computador, que é uma forma de CAM ou parte de um sistema CAD/CAM, é realizada em função do código do material da peça, especificado no programa de usinagem dessa peça e através de um comando de acesso aos arquivos do banco de dados de usinagem, incorporados ao sistema de programação.

A função do CINFUS é, portanto, a geração e obtenção das informações que formam esses arquivos ou banco de dados, para os diferentes tipos de sistemas CAD/CAM e CAPP.

5.2 - O BANCO DE DADOS NO SISTEMA EXAPT

O sistema EXAPT é uma variante do APT, cujas siglas indicam "Extend APT". O APT foi desenvolvido nos Estados Unidos da América, no "Massachusetts Institute of Technology" em 1961, com o apoio da indústria aero-espacial /110/. O EXAPT foi projetado e desenvolvido posteriormente, no Laboratório de Máquinas-Ferramenta (WZL) da Universidade Técnica de Aachen (RWTH). Mais tarde foi criada pelos autores desse projeto /110/ uma sociedade com o mesmo nome, a qual até hoje é responsável pela administração e aperfeiçoamento desse sistema.

O sistema EXAPT apresenta uma estrutura modular /110,111/, o que possibilita utilizá-lo em diferentes níveis de sofisticação. Nessa estrutura o EXAPT2 é um sistema automatizado de programação de tornos NC e que faz uso dos processadores geométrico, tecnológico e do pós-processador, como pode ser visto na figura 25.

O processador geométrico identifica e codifica, no programa principal, as instruções que representam as informações de entrada para o processador tecnológico. Este processa as definições tecnológicas do programa principal, faz a descrição dos contornos da peça bruta e acabada, realiza testes de colisão da ferramenta, faz a distribuição dos passes e determina as condições de corte. Portanto, a forma de usinagem da peça se processa de maneira automática e otimizada. Entretanto, para que isso seja possível, o processador tecnológico necessita de: dados que representem as propriedades do material da peça; as características da ferramenta; as condições de utilização da ferramenta e da máquina-ferramenta; o comportamento da combinação

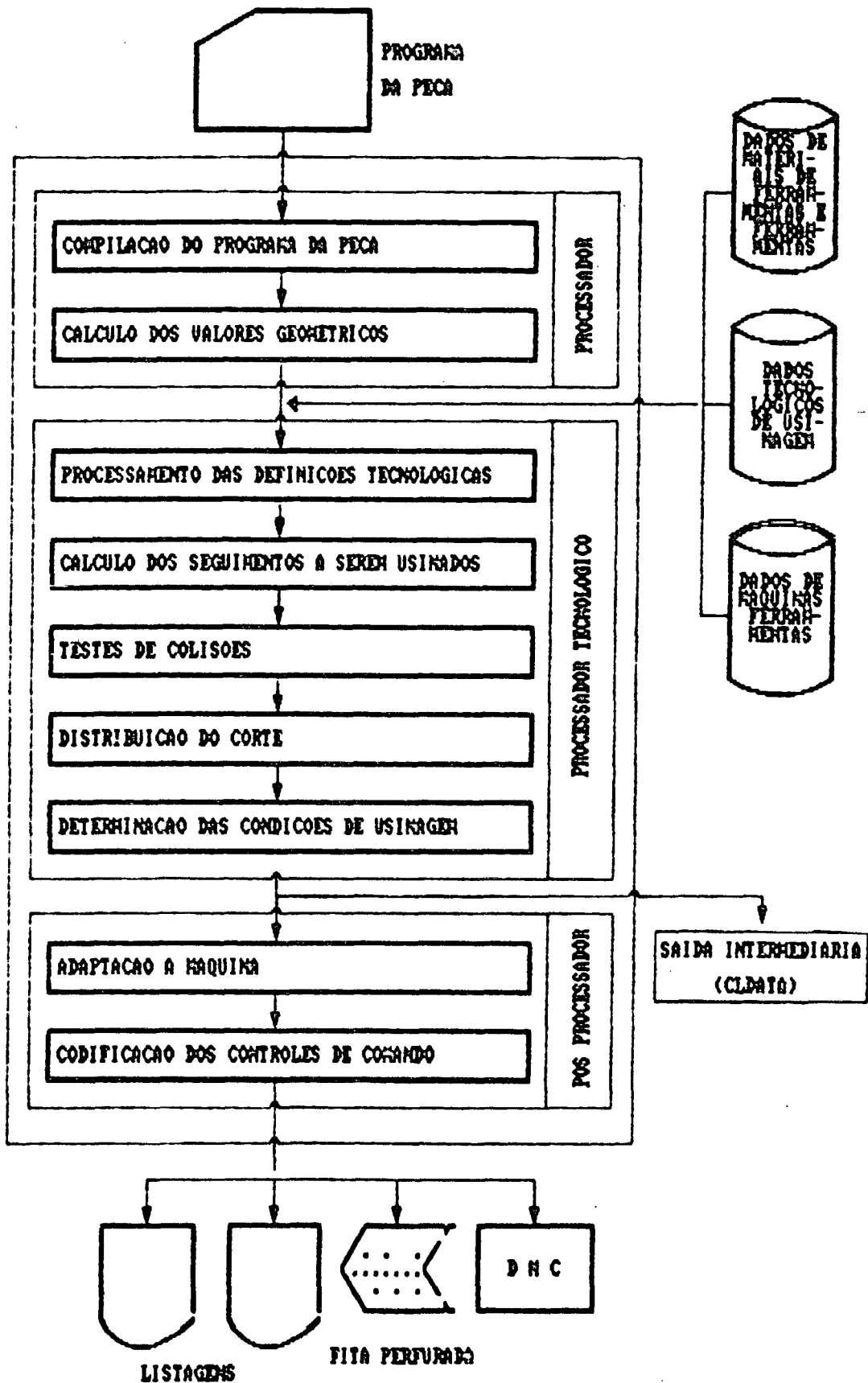


Fig. 25 - Processadores do sistema EXAPT2 - utilização do Banco de Dados de usinagem.

material da peça - material da ferramenta - máquina-ferramenta. Todas essas informações formarão os vários arquivos do banco de dados de usinagem, como mostra a figura 25. O arquivo de dados tecnológicos de usinagem (ADATU) /112/ é aquele que apresenta maior importância para o contexto do presente trabalho e que será visto com mais detalhes a seguir. Executado o programa de processamento tecnológico, um programa de adaptação (pós-processador) é então utilizado para que as informações sejam codificadas em função de um comando NC de uma máquina específica. Finalmente, o programa de usinagem da peça pode ser, então, introduzido no comando da máquina-ferramenta, via fita perfurada, DNC ("Direct Numerical Control") ou manualmente MDI ("Manual Data Input").

Conforme já foi mencionado anteriormente, na determinação automática das condições de usinagem, para operações de torneamento, o processador EXAPT considera as características do material da peça, da ferramenta, as condições de operação da ferramenta e as características da máquina-ferramenta. Como o mesmo material de uma determinada peça pode ser usinado com diferentes materiais de ferramenta, é necessário determinar as características de usinagem para cada combinação material da peça - material da ferramenta - máquina-ferramenta. Essas características são levantadas por intermédio dos ensaios sistemáticos de usinagem, de longa duração, que são realizados da forma como se tem mostrado neste trabalho. As informações obtidas através desses ensaios, possibilitarão a formação de uma estrutura sistematizada de dados, denominada arquivo de dados tecnológicos de usinagem - ADATU, o qual pode ser visto parcialmente na figura 26 /112/.

ARQUIVO DE DADOS TECNOLÓGICOS DE USINAGEM - TORNEAMENTO

Grupo de dados 10: identificação - classificação

Cod. do material									CT	Gr.	No	Dados adicionais
1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	-66	-68	-70	-72	73-80
2201									20	0	1	

Grupo de dados 20: Dados do material

Cod. do material	Design do material	K ($\frac{N}{mm^2}$) S11	1-Z	Lim ($\frac{N}{mm^2}$) resist								
1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	-66	-68	-70	-72	73-80
2201	FC-100	664	0.75	79					20	20	1	

Grupo de dados 30: Dados gerais da ferramenta - torneamento

Cod. do material	Cod. da ferram.	Design da ferram.	$a_{minR}(\frac{m}{min})$	$V_{maxR}(\frac{m}{min})$	$V_{maxR}(\frac{m}{min})$	$V_{min}(\frac{m}{min})$	Fluido de corte					
1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	-66	-68	-70	-72	73-80
2201	310	K10	1.0	200	250	140	00		20	30	1	

Grupo de dados 40: Dados para o cálculo dos valores de corte - torneamento

Cod. do material	Cod. da ferram.	V Stand	E Const	F Const	G Const	H Const						
1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	-66	-68	-70	-72	73-80
2201	310	529.11	-0.1440	-0.1994	0.2992				20	40	1	

Grupo de dados 50: Dados para o cálculo do avanço - torneamento

Cod. do material	Cod. da ferram.	B ₁ mm	H ₁ ($\frac{mm}{rot}$)	B ₂ mm	H ₂ ($\frac{mm}{rot}$)	B ₃ mm	H ₃ ($\frac{mm}{rot}$)					
1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	-66	-68	-70	-72	73-80
2201	310	0.0	0.0	2.59	0.24	3.62	0.39		20	50	1	
		B ₄	H ₄	B ₅	H ₅	B ₆	H ₆					
2201	310	5.18	0.48						20	50	2	
		B ₇	H ₇	B ₈	H ₈	B ₉	H ₉		20	50	3	
		B ₁₀	H ₁₀	B ₁₁	H ₁₁	B ₁₂	H ₁₂		20	50	4	

Fig. 26 - Formato de arquivo de dados tecnológicos de usinagem.

Esse arquivo identifica-se por apresentar no seu primeiro e segundo grupo de dados as características do material da peça. Parte desses dados são usados na equação de Kienzle para calcular a força e a potência de corte. No terceiro grupo, introduz-se a mínima profundidade de corte e as condições extremas de velocidades, isso para uma determinada combinação peça-ferramenta. O quarto grupo de dados apresenta a constante e

os expoentes do modelo matemático de vida da ferramenta. Na sua concepção original, o grupo seguinte apresenta as informações para otimização da forma de cavaco e o último grupo, os fatores de correção para acabamento superficial, ângulo de direção do gume da ferramenta e tipo da operação de usinagem.

5.3 - O BANCO DE DADOS NO SISTEMA APT

De forma semelhante ao que foi mostrado para o sistema EXAPT, pode-se utilizar um banco de dados de usinagem integrado ao APT. Esse sistema de programação, que deu origem ao EXAPT e outras variantes, é hoje um dos mais usados em todo o mundo na programação das máquinas NC. Ele foi desenvolvido em meados deste século, em função da necessidade de programação das máquinas NC para usinagem de peças complexas de uso na indústria aeroespacial.

Sabe-se através de referência bibliográfica /113/ e documentação do próprio sistema APT /114/ que ele usa alguma forma de processador tecnológico, cujo desvendamento não foi possível por falta de uma documentação mais completa e detalhada, apesar das inúmeras tentativas realizadas para obtê-la. Esse fato, associado à intensificação da utilização do APT no Brasil, motivaram a criação de um projeto de pesquisa no GRUGON (Grupo de Pesquisa de Comando Numérico) que dotasse o APT de um processador tecnológico, que foi denominado DETAUT - Sistema de Determinação de Condições de Corte /115/.

O "software" DETAUT é apoiado pelo Banco de Dados CINFUS e foi concebido para o fresamento frontal (fresamento de faceamento com cabeçote de facear). Ele permite obter

automaticamente as velocidades otimizadas de corte e de avanço, realizar a escolha da ferramenta, a distribuição dos passes e a movimentação da ferramenta. A estrutura desse sistema pode ser vista na figura 27.

O sistema DETAUT é composto por /115/:

1) Programa da peça: é o programa escrito pelo usuário em linguagem APT. Porém, contém comandos especialmente elaborados para que o programador forneça os dados necessários para a seleção de ferramenta, otimização das condições de usinagem e determinação da trajetória a ser percorrida pela ferramenta durante o processo de usinagem da peça.

2) Arquivos: o conjunto de arquivos do sistema DETAUT contém informações necessárias para o programa OTIMIZ, que tem a função de otimizar as condições de usinagem e selecionar a ferramenta de corte. Os arquivos do sistema DETAUT são os seguintes: de máquinas-ferramenta (ARQMAQ), de ferramentas (ARQMCT), de materiais e condições tecnológicas (ARQMCT), de custos de máquinas-ferramenta (ARQTMF) e de custos de ferramentas (ARQCFE). Os arquivos relativos a custos do trabalho assalariado e tempos foram criados separadamente para tornar mais fácil e rápida a atualização desses dados.

3) Programa OTIMIZ: Este programa seleciona a ferramenta mais indicada para a execução da usinagem desejada. Essa seleção é realizada em função de:

- Fatores de operação, tais como material e geometria da peça, geometria do corte (rasgo ou usinagem plana) e tipo de operação (desbaste ou acabamento). Essas informações estão contidas no programa da peça.

- Fatores da ferramenta, como a geometria do cabeçote de fresar

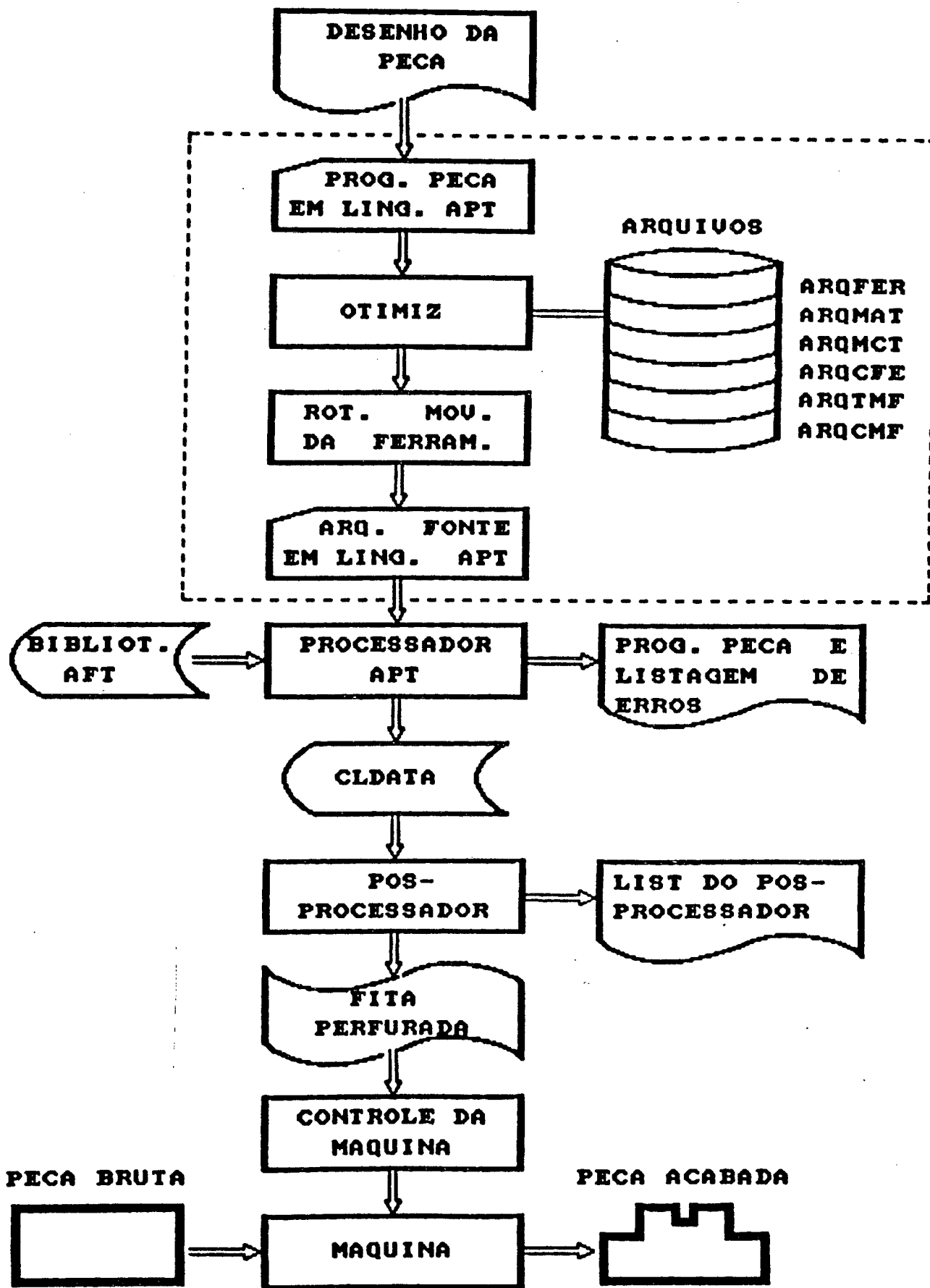


Fig. 27 - Utilização do Banco de Dados de Usinagem no sistema DETAUT.

(diâmetro e ângulos) e características das pastilhas (forma, espessura, comprimento do gume, geometria da quina) informações que estão no arquivo ARQFER.

Uma vez selecionada a ferramenta mais adequada entre as disponíveis no arquivo, o sistema passa à determinação das condições otimizadas de usinagem, que pode ser dividida em duas etapas principais:

a) Determinação da máxima profundidade de corte e do máximo avanço possível, levando em conta as restrições anteriormente relacionadas.

b) Cálculo da velocidade de corte ótima segundo um dos seguintes critérios:

- Vida ótima da ferramenta para máximo volume de produção;
- Vida ótima da ferramenta para mínimo custo de usinagem;
- Uma dada vida (ou desgaste) da ferramenta.

Os resultados obtidos são posteriormente ajustados de acordo com os limites tecnológicos da máquina (potência e rotações disponíveis) e da combinação material da peça - material da ferramenta.

4) Rotina de movimentação da ferramenta: a rotina de movimentação da ferramenta é composta por uma seqüência de instruções APT com as seguintes funções:

- Geração das linhas e dos planos sobre os quais se movimentará a ferramenta. Essa definição é feita a partir da definição da região no plano X-Y a ser usinada, da geometria do corte (rasgo ou usinagem plana), do diâmetro da ferramenta e das profundidades de corte determinadas no programa OTIMIZ.

- Movimentação da ferramenta com auxílio das linhas e planos gerados. Para isso são utilizados os comandos de posicionamento e

movimentação da linguagem APT, bem como as velocidades de corte e avanços determinados no programa OTIMIZ.

5.4 - O BANCO DE DADOS NO PLANEJAMENTO DO PROCESSO (CAPP) E NO GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS (GEFER)

O planejamento do processo /116,117,118/ e o gerenciamento de ferramentas /119,120,121/ através dos modernos métodos computadorizados cada dia que passa assumem um papel mais importante na fabricação. Isso se acentua quando se trata da usinagem de peças individuais ou em pequenos lotes, onde a troca de tarefas nas máquinas é muito freqüente, o volume de informações é grande, as decisões necessitam ser tomadas rapidamente e de forma segura, o que pelos métodos tradicionais não é viável além de serem mais vulneráveis a erros.

A adoção de novas técnicas de trabalho, auxiliadas por computador, impõe uma transferência de decisões e tarefas da fabricação para o escritório. No passado, elas eram quase sempre tomadas e realizadas pelos operadores de máquinas que formavam o "patrimônio vivo" /122/ de tecnologia das empresas, o que era extremamente prejudicial, pois numa eventual falta ou afastamento definitivo dessas pessoas ocorreria um colapso total no sistema de informações.

5.4.1 - O banco de dados no planejamento do processo (CAPP)

O planejamento do processo auxiliado por computador-CAPP, vem substituindo, com todas as suas vantagens, a elaboração das denominadas folhas ou planos de processo, cuja execução era totalmente manual. Com o uso do computador, os programadores ou

planejadores do processo podem se aprofundar bem mais nessa tarefa e conseqüentemente apresentar soluções mais elaboradas e completas.

Para poder fazer uso do computador no planejamento do processo, estão surgindo "Softwares" que usam as mais avançadas técnicas de programação, permitindo inclusive o interfaceamento com sistemas CAD, para a transferência de dados de projetos /122/ diretamente para a programação NC. Os bancos de dados, a programação automática de máquinas NC (CAM) e o gerenciamento de ferramentas são alguns exemplos de programas já desenvolvidos ou em franco desenvolvimento, através dos quais se busca um aprimoramento e maior integração entre os sistemas CAD/CAM/CAPP.

O planejamento do processo de usinagem pode ser dividido em várias etapas, quais sejam: análise do projeto; seleção de matéria-prima; seleção de processos e ferramentas; seleção da seqüência de operações; agrupamento de operações; seleção de dispositivos de fixação e gabaritos; definição dos instrumentos de medição; determinação das condições de corte (profundidade, avanço e velocidade de corte); determinação dos tempos de usinagem; codificação da peça e "lay-out" de ferramentas, conforme é apresentado na figura 28, /122/.

Pelo que se pode ver na figura 28, duas etapas importantes desse sistema são a determinação dos dados de usinagem e a seleção de ferramentas de corte. No contexto da estrutura apresentada, as informações relativas a essas etapas são obtidas de arquivos de um banco de dados de usinagem. A estrutura dos arquivos dos bancos de dados não serão discutidos em seus detalhes no presente trabalho, uma vez que os tópicos principais já foram apresentados quando se mostrou o banco de

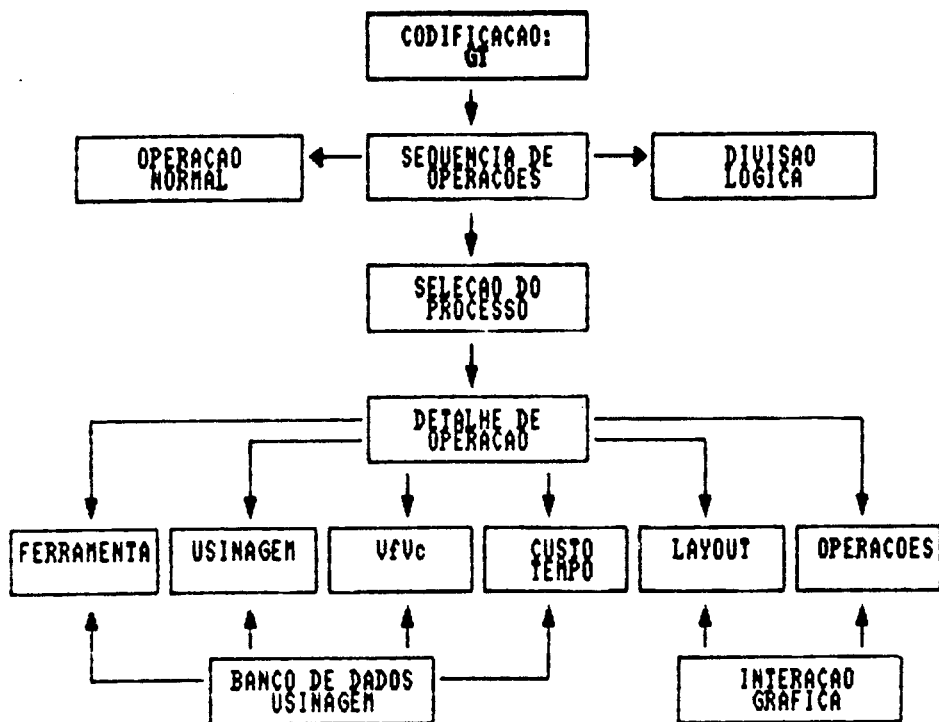


Fig. 28 - Integração do Banco de Dados de Usinagem com o sistema CAPP.

dados no sistema EXAPT e no APT. Na parte de ferramentas serão apresentadas informações complementares ao discutir-se o "software" GEFER.

Cada sistema naturalmente apresentará suas particularidades na montagem desses arquivos de banco de dados, em função dos objetivos por ele perseguidos.

No que se refere às ferramentas, o GEFER /1.1/ é um "Software" através do qual se faz o gerenciamento de informações sobre ferramentas, dispositivos de fixação de ferramentas e dados de usinagem em microcomputador do tipo PC-IBM. Em função nas necessidades de recursos gráficos, esse "software" foi programado em linguagem Pascal.

5.4.2 - O Banco de Dados no sistema GEFER

O gerenciamento de ferramentas de usinagem, conforme é e é realizado através do GEFER /11/, representa uma nova era no gerenciamento desse tipo de informações na área de usinagem. Poucos trabalhos se conhecem através da literatura /119,120,121,123/ e que em alguns pontos apresentam alguma relação com os objetivos do GEFER. Todos eles são muito recentes.

Esse gerenciamento apresenta uma importância crescente, em função da grande quantidade desse tipo de informações que precisam ser administradas nas fábricas, e conseqüentemente, a dificuldade que existe para administrá-las.

Uma redução de tempo acima de 90% é esperada com a utilização desse sistema na seleção de ferramentas e dispositivos, determinação de dados de usinagem e emissão de relatórios, conforme será ilustrado a seguir.

Além das justificativas técnicas que existem para a utilização do GEFER, há também, vários fatores econômicos de grande importância. Além do fator econômico já citado, merece ser destacado o investimento necessário para aquisição de ferramentas para equipar uma máquina-ferramenta que, no caso de um moderno centro da usinagem, representa algo em torno de 40% do preço da máquina. Nesse particular, o sistema auxiliará no controle dos estoques de ferramentas e seus respectivos dispositivos de fixação, com vistas à redução do número de unidades em estoque e conseqüentemente dos custos de investimentos.

O sistema GEFER é composto por dois módulos principais, s, sendo um de banco de dados e o outro de montagem, entre os quais ocorre uma freqüente troca de informações. Há dois módulos

secundários, um acoplado ao banco de dados que é o CAD e que faz a representação gráfica das ferramentas, o segundo que realiza a impressão de relatórios e dos desenhos, como indica a figura 29.

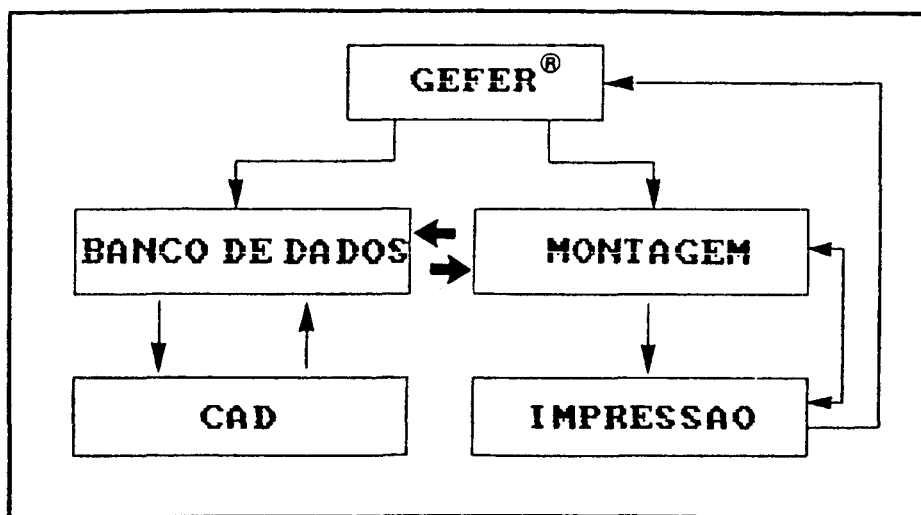


Fig. 29 - Banco de Dados de usinagem acoplado ao sistema de gerenciamento de ferramentas GEFER.

O primeiro módulo que foi desenvolvido nesse sistema destina-se às ferramentas de furação, como: brocas helicoidais, alargadores, machos para roscas, escareadores e outros. Os módulos ainda em desenvolvimento cobrirão os processos de torneamento e fresamento.

A partir de algumas informações de entrada, as quais são definidas pelo usuário, tais como tipo de operação de usinagem a realizar, material da peça, tipo de máquina a utilizar ou programar e dimensões máxima e mínima da ferramenta, o sistema determina, automaticamente, a ferramenta de corte com suas dimensões principais, seus respectivos dispositivos de fixação e condições de usinagem, como mostra a figura 30.

Como pode ser visto na figura 30, o GEFER apresenta uma solução descritiva e gráfica do problema. Através dos arquivos do

FICHA DE REGISTRO DE FERRAMENTAS				
LISTA DOS COMPONENTES				
Pos	Qtd	Denominação	Caract./Nº Identif	Cod. Alm.
1	1	BROCA Ø8,3x117	BX 600079 P85	E4
2	1	PINÇA B5/44x60	BBF 600501 P3	C7
3	1	PORTA-PINÇA ISO 50	BBFF 600477 P4	S1
4				

Ativ. - Parâmetros/Características									
1	± X _s	± Y _s	l ₁	d ₁	z	COMPONENTES DA MONTAGEM			
Nº de identificação BWF 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0									

DEFININDO COMPONENTES DA MONTAGEM	
SUPORTE PORTA PINÇA	BFF 600501 R
PINÇA	BBFF 600477 P
FERRAMENTA (BROCA),	BX 600079 P850
LU DA FERRAMENTA : 75.0	Ltotal : 138.0
f : 0.111 MM	n : 823 P.P.M

Tecla enter

Fig. 30 - Determinação dos componentes do conjunto ferramenta - dispositivos de fixação e dos dados de usinagem.

banco de dados obtêm-se os códigos dos dispositivos de fixação, das ferramentas e suas dimensões, além das condições de usinagem como velocidade de corte e avanço da broca. Nessa primeira versão do sistema, montou-se uma estrutura de arquivo de dados de usinagem que é mais simples e por isso pouco poderosa em termos de otimização de valores de corte. Devido às atuais limitações em termos de dados de usinagem, utilizou-se uma técnica de reunir num mesmo grupo os materiais com características de usinagem semelhantes, de forma que a eles sejam atribuídos os mesmos

valores de corte, apesar de na prática isso não representar a solução exata. Na segunda versão do sistema, essa estrutura será modificada, no intuito de torná-la mais poderosa em termos de otimização das condições de usinagem. Será prevista a possibilidade do próprio usuário atuar nas correções nos valores de corte, com base na sua experiência e nos resultados práticos por ele obtidos na fábrica. Com isso, ele pode ajustar os dados em função do seu sistema de fabricação.

Embora possa estar transparecendo ao leitor que o sistema de gerenciamento de ferramentas - GEFER - só possa ser usado integrado com o CAPP, isso na prática não é a realidade, já que os sistemas apresentam uma concepção modular, de forma que tanto o Banco de Dados-CINFUS quanto o GEFER, podem ser usados independentemente o que representa uma grande vantagem, pois a automatização do planejamento do processo pode ser realizada gradualmente e de forma bem sistematizada.

Conforme foi visto nas últimas seções do capítulo IV e ao longo do capítulo V, verifica-se que o potencial do sistema CINFUS é grande, principalmente devido as suas características de funcionamento e suas múltiplas aplicações possíveis. Esse potencial se tornará cada vez maior, na medida em que a base de dados de usinagem estiver sendo ampliada e freqüentemente atualizada.

C A P Í T U L O V I

C O N C L U S O E S E R E C O M E N D A Ç Õ E S P A R A F U T U R O S T R A B A L H O S

6.1 - CONCLUSÕES

Considerando a tendência moderna de se integrar as mais diversas áreas de uma empresa, em busca de uma eficiência cada vez maior em todas as atividades, não há dúvida de que os bancos de dados, por serem de uso comum, desempenham um papel importante nessa difícil tarefa de integração.

Nesse sentido os bancos de usinagem se constituem num elemento de integração de grande importância, uma vez garantido que seu uso seja bastante difundido entre as diversas áreas. Assim, por exemplo, o projetista, ao criar um novo componente, deve consultar o referido banco para especificar, entre os materiais que atendem às exigências funcionais do componente, aquele que propicie condições de usinagem mais favoráveis. Por sua vez, o setor de planejamento do processo deverá utilizar intensamente o banco para recomendar as melhores condições de corte em cada situação. A programação NC e a própria produção, ao pé da máquina, poderão fazer ajustes finais nas condições de

usinagem, em busca de uma otimização do processo, utilizando para isso, não só a vivência prática do operador da máquina, mas também a experiência acumulada e catalogada nos bancos de dados.

Portanto, é grande o potencial de um sistema computadorizado de banco de dados de usinagem do tipo CINFUS, principalmente levando em conta os seguintes aspectos:

- utilização múltipla em sistemas CAD/CAM/CAPP;
- possibilidade da formação de uma ampla base de dados, cujo crescimento tornará seu conteúdo cada vez mais representativo;
- oferece ao usuário a possibilidade de ajustar a base de dados ao seu sistema de fabricação (infra-estrutura de equipamentos, métodos e processos de produção, tipo de produto, entre outros);
- permite que o usuário faça a atualização e recuperação de dados de forma muito rápida.

Isso, entre outros aspectos, (já apresentados nas justificativas e objetivos do presente trabalho) justifica o investimento para expandir o sistema CINFUS para outros processos de usinagem, assim como para intensificar os trabalhos experimentais em relação a uma diversidade de materiais de peças, bem como materiais e geometrias de ferramentas, tendo como meta a obtenção de dados de usinagem complementares. Dessa forma o CINFUS terá os requisitos básicos para se tornar um sistema de grande utilidade para a indústria no Brasil e competitivo com os bancos de dados de usinagem de outros países.

No projeto e na implantação de um sistema computadorizado de banco de dados de usinagem existem três aspectos importantes a serem considerados: a forma de obtenção

dos dados e informações, sua administração interna e sua administração em nível de usuário.

A forma de obtenção dos dados está diretamente relacionada com duas principais fontes de dados e informações de usinagem, que são a fonte primária e a secundária. Nesse trabalho, desenvolveu-se uma metodologia para obtenção de dados, via fonte primária, ou seja, através dos ensaios sistemáticos de usinagem. Essa metodologia pretende ser tanto objetiva quanto capaz de atender às necessidades e limitações existentes no Brasil. A importância da adoção de uma metodologia única reside no fato de se poderem padronizar os procedimentos para realizar, em qualquer instituição, os testes de usinagem sob as mesmas condições, de forma a assegurar um mesmo padrão de resultados.

A administração interna desses dados inicia-se junto à fonte primária. Nesse sentido, elaboraram-se os denominados protocolos de dados, nos quais são registradas todas as informações relevantes para o processo de usinagem (obtidas no decorrer das experiências), que possam auxiliar na elucidação de novas descobertas ou problemas que venham a ocorrer nos ensaios. Após a sua obtenção, existe a possibilidade de se armazenar, localizar e recuperar essas informações muito rapidamente, assim como assegurar-se que não ocorram perdas parciais ou completas. Visando atender essas exigências elaboraram-se os programas BANGTORN, BANCFURO e BANGFRES.

Por outro lado, em nível de usuário, é importante que os dados de usinagem, disponíveis no banco, possam ser obtidos tanto via sistema computadorizado, quanto na forma tradicional de tabelas, de modo que qualquer usuário possa se valer dessas informações. Em função disso, foram desenvolvidos os programas

GERATORN, GERAURO e GERAURES, que rodam em computador de grande porte e em microcomputador. Utilizando esses programas em microcomputador, através do sistema de gerenciamento de banco de dados, o usuário poderá obter, confortavelmente e de forma interativa, qualquer dado ou informação disponível no Banco CINFUS, tanto via terminal de vídeo, quanto via relatórios, na forma de tabelas geradas na impressora.

Nestes três aspectos descritos o presente trabalho apresentou valiosas contribuições para o desenvolvimento e organização dos bancos de usinagem, dentro do objetivo proposto que era o de desenvolver uma infra-estrutura de funcionamento para o Banco CINFUS, abordando os processos de Torneamento, Fresamento e Furação. Em função das necessidades do usuário brasileiro, foi dada uma ênfase especial à implantação do Banco CINFUS em microcomputador, desenvolvendo-se um sistema de custo acessível e fácil comunicação com o usuário.

Além disso, o autor propõe um novo método de administração de ferramentas de usinagem, seus dispositivos de fixação e determinação de dados de corte, através de um sistema denominado GEFER, usando para tal recursos de computação gráfica e técnicas de banco de dados. Esse método representará grandes reduções nos custos com o planejamento da usinagem, com a programação NC e até mesmo em investimentos com ferramentas e dispositivos.

6.2 - RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Desenvolver o gerenciador do Banco de Dados CINFUS para computador de grande porte, de modo que os usuários possam ter

acesso ao Banco, via terminal de vídeo.

- Elaborar metodologia e "software" para utilizar no CINFUS os dados e informações de usinagem procedentes da indústria e da literatura.

- Desenvolver o banco de dados CINFUS para outros processos de usinagem, com prioridade ao processo de retificação.

- Desenvolver o banco de dados CINFUS para variante dos processos de torneamento, fresamento e furação como: torneamento interno, faceamento, rebalixos e roscas; fresamento com fresas de disco e com fresas de corte periférico; furação profunda; furação com ferramentas de pastilhas intercambiáveis e outros.

- Intensificar o programa de pesquisas visando à geração de dados de corte para uma diversificação de materiais de peças e materias e geometrias de ferramentas. Operações especiais e novos tipos de materiais, principalmente os considerados "exóticos", que deverão também integrar esse programa.

- No aperfeiçoamento dos "software" já existentes e no desenvolvimento de novos, procurar usar a técnica de inteligência artificial, principalmente nos casos em que já exista no banco uma massa crítica de dados, capaz de auxiliar na aplicação eficaz dessa técnica, com vistas ao aperfeiçoamento de todo o sistema de banco de dados.

- Intensificar o trabalho de integração do CINFUS com outros "softwares" em desenvolvimento no GRUCON, ou mesmo fora dele, de modo a tornar esses sistemas cada vez mais poderosos e abrangentes.

B I B L I O G R A F I A

- /001/ BEY, I. et alii. Strategien auf dem Weg zu CIM. In: Produktionstechnik auf dem Weg zu integrierten Systemen; AWK Aachner Werkzeugmaschinen - Kolloquium. Düsseldorf - VDI - Verlag 1987. 582 S.
- /002/ BUCHWALD, G. et alii. Fertigungsprozesse mit neuen Leistungen - und Anwendungsbereichen. In: Produktionstechnik auf dem Weg zu integrierten Systemen; AWK Aachner Werkzeugmaschinen - Kolloquium. Düsseldorf, VDI Verlag 1987. 582 S.
- /003/ GIRONDI, A. DE C.; BOEHS, L. & MACHADO, A. R. Materiais para ferramentas; as novas gerações e suas aplicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECANICA, 9, Florianópolis, SC, 7 a 11 dez., 1987. Anais... Florianópolis, ABCM/UFSC, 1987. v.2, p. 1039 - 1042. 2 v. 1140p.
- /004/ MACHADO, A. R. Evolução dos materiais para ferramentas de corte. Máquinas e Metais, (265): 92 - 97, jan./fev., 1988.
- /005/ BOEHS, L. - Projeto de Tese de Doutorado. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, dez., 1987. 46f.
- /006/ OKINO, N. & KAKAZU, Y. Present situation of CAD/CAM system in Japan. Bull. Japan Soc. of Prec. Engeng., 2 (2): 171 - 177, jun., 1984.
- /007/ IWATA, K. & SUGIMURA, N. An integrated CAD/CAPP system with know-how on machining accuracies of parts. Transactions of the ASME (Journal of Engineering for Industry), (129): 128 - 133, may., 1987.
- /008/ EVERSHEIM, W. & KLEVERS, T. Aplicaciones del computador en el desarrollo y diseño de nuevos productos. Revista Universidad Eafit, (Colômbia), (64): 13 - 25, out./nov./dez., 1986.
- /009/ SCHONBERGER, R. J. Técnicas industriais Japonesas; nove lições ocultas sobre a simplicidade. 2. ed. São Paulo, Pioneira, 1984. 309 p.
- /010/ NOLEN, J. Group technology and computer integrated manufacturing. in: HYER, N. L. (ed.). Capabilities of group technology. Dearbon, Michigan, computer and Automated systems Association of SME, 1987. p. 13 - 30. 428 p.

- /011/ BOEHS, L. & MORAIS, L. H. A. DE. Ferramentas de usinagem: uma nova técnica de gerenciamento. Mundo mecânico, 12 (139): 20 - 26, mar., 1988.
- /012/ QUEIROZ, A. A.; BOEHS, L. & COUTINHO, S. DE A. L. Seleção de condições otimizadas de corte - "Software" apoiado por banco de dados. In: SEMINÁRIO DE COMANDO NUMÉRICO NO BRASIL, 6 E JORNADA INTERNACIONAL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 2. São Paulo, 12 a 14 ago., 1986. Anais... São Paulo, SOBACON, 1986. V.1, p.01.01 - 01.17, 2 V.
- /013/ BOEHS, L. Tecnologia de usinagem no ambiente NC. São Paulo, Sociedade Brasileira de Comando Numérico, (1987). 180 f.
- /014/ BOEHS, L. Centro de informações de usinagem CINFUS: importância, estágio de desenvolvimento e plano de atividades. In: SEMINÁRIO DE COMANDO NUMÉRICO, 5 e JORNADA INTERNACIONAL DE AUTOMATIZAÇÃO INDUSTRIAL, 1, São Paulo, 13 a 15 ago. 1985. Anais... São Paulo, Sociedade Brasileira de Comando Numérico - SOBACON, 1985. V.2, p. 14.1 - 15.11. 2 V.
- /015/ KÖNIG, W.; LUNG, D. & PFAU, D. Weitere Entwicklung am Informationszentrum für Schnittwerte. REFA-Nachrichten, 6 (26): 427 - 433. 1973.
- /016/ BOEHS, L. & FERREIRA, A. G. Aspectos da concepção de um centro de informações de usinagem (CINFUS) no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8, São José dos Campos. São Paulo. 10 - 13 dez., 1985. Anais ... São Paulo, ABCM, 1985. 914 p.
- /017/ CONSALTER, L. A. Arquivo de dados tecnológicos de usinagem para a determinação automática das condições de corte em tornos com comando numérico. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, ago., 1985. 131 f. (Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica).
- /018/ MESQUITA, N. G. de M. Determinação dos Parâmetros da Fórmula Expandida de Taylor. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1980. 98 f. (Dissertação de Mestrado, em Engenharia Mecânica).
- /019/ ROCHA, A. S. da Determinação de um modelo de força de usinagem para a furação, a partir do modelo de força de usinagem do torneamento. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, fev., 1985. 117 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica).
- /020/ CUNHA, L. B. da & CUPINI, N. Influência das condições de usinagem nos índices de usinabilidade baseados nas forças de corte a de avanço no torneamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8, São José dos Campos, São Paulo, 10 - 13 dez., 1985. Anais... São

Paulo, ABCM, 1985. p. 765 - 767. 914 p.

- /021/ CUPINI, N. & CUNHA, L. B. da. Proposta de um ensaio de usinabilidade baseado na temperatura de usinagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8, São José dos Campos, São Paulo, 10 - 13 dez., 1985. p. 769 - 772. 914 p.
- /022/ RODRIGUES, A. C. dos S; DINIZ, A. E. & CUPINI, N. Análise das condições operacionais visando à obtenção das condições de corte otimizadas. In: SEMINÁRIO DE COMANDO NUMÉRICO NO BRASIL, 7 e JORNADA INTERNACIONAL DE AUTOMATIZAÇÃO INDUSTRIAL, 3, São Paulo, ago., 1987. Anais... São Paulo, Sociedade Brasileira de Comando Numérico - SOBRACON, 1987. p. 03.01 - 03.06.
- /023/ FERRARESI, D. Características de usinagem dos metais para operação de torneamento: força e velocidade de corte de diferentes metais. São Paulo, Associação Brasileira de Metais, 1987. 141 p.
- /024/ GUS, F. Automatisches Daten - Erfassungssystem für Zerspanung. Werkstatt und Betrieb, 120 (11): 923 - 926, 1987.
- /025/ BALAKRISHNAN, P. & DEVRIES, M. F. Sequential estimatization of Machinability data base systems. Transactiins of the Asme (journal of engineering). 107: 159 - 166, may, 1985.
- /026/ COMPUTERIZED machining - data systems compared. American Machinist, 23, aug., 1982.
- /027/ KÖNIG, W. & DAMMER, L. Mini-computer application in machining data bank. In: KAREN, C. & PERLMUTTER, L. (eds.). The application of mini - and micro-computers in information, documentation and libraries. (North - Holland), Elsevier Science Publishers B. V., 1983. p. 679 - 684.
- /028/ BALAKRIHNAN, P. & DEVRIES, M. F. A review of computerized machinability data base systems. In: Proced. NORTH AMERICAN MANUFACTURING WORK RESEARCH CONFERENCE, 1982. p. 348 - 356.
- /029/ DAMMER, L.; HOFF, M. & WESCH, H. Bereitstellung optimierter Zerspanndaten durch technologisch orientierte Datenbanken. VDI, 123 (20): 827 - 832, Okt. (11), 1981.
- /030/ COMPUTER Aided Machining Data Bank. India, (DATAMAC), 1983. (11 f.).
- /031/ MACHINING Data Handbook. 3. ed. Cincinnati, Ohio, Metcut Research Associates. 1980. 2v.
- /032/ METCUT'S CUTDATA machinability data base is now affordable by all. American Machinist & Automated Manufacturing, Fev., 1986. Technology Trends.

- /033/ KALLENBACH, I. Schnittdaten kostenlos auch für nicht - Kunden. Maschinenmarkt, Würzburg, 86 (6): 87 - 88, 1980.
- /034/ IHS, E. G. O desenvolvimento de ferramentas de corte para automatização e FMS. In: SEMINÁRIO DE COMANDO NUMÉRICO NO BRASIL, 6 E JORNADA INTERNACIONAL DE AUTOMATIZAÇÃO INDUSTRIAL, 2, São Paulo, 12 a 14 ago., 1986. Anais ... São Paulo, SOBRACON, 1986. v.2 p.30.01 - 30.21.
- /035/ DAMMER, L. & LUNG, D. Vorgabe von Zerspandaten durch ein Informationszentrum für Schnittwerte. In: SYMPOSIUMS DER DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR METALLKUNDE UND DES LABORATORIUMS FÜR WERKZEUGMASCHINEN UND BETRIEBSLEHRE DER RWTH AACHEN, LEHRSTUHL FÜR TECHNOLOGIE DER FERTIGUNGSVERFAHREN IN BAD NAUHEIN 1980. Berichte. Oberursel, 1981. S. 75 - 96.
- /036/ EVERSHEIM, W. et alii. Computer aided planning and optimization of cutting data, - time and - cost. Annals of the CIRP, vol. 30/1/1981, p. 409 - 412.
- /037/ KÖNIG, W. & DAMMER, L. Rechnerunterstütztes Auswerte System für Zerspandaten. Industrie Anzeiger, 20 (56/57): 39 - 40, 1983. 105 Jg.
- /038/ GEBAUER, D.; DAMMER, L. & WESCH, H. Zerspanungsdaten optimieren. Informationszentrum für Schnittwerte: Aufgaben, Ziel und heutiger Stand. Maschine + Werkzeug. Coburg, 21: 20 - 24, 1980.
- /039/ GEBAUER, D.; DAMMER, L. & WESCH, H. Zerspanungsdaten optimieren. Informationszentrum für Schnittwerte: Anwendungsbereiche von TURN im Rahmen der Arbeitsplanung. Maschine + Werkzeug. Coburg, 26: 48 - 55, 1980. Teil II.
- /040/ EVERSHEIM, W.; GEBAUER, D. & KNAPPE, H. J. Kosteneinsparung und Qualitätsverbesserung Rechnerunterstützte Schnittwernermittlung und - Optimierung für das Messerkopfräsen. Industrie Anzeiger, 2 (97): 34 - 38, Dez., 1981. 103 Jg.
- /041/ SATA, T. et alii. The present stage and future of the machinability data service in Japan. In: Proced. (14th MTDR CONFERENCE - Birmingham, 1973). p. 685 - 690.
- /042/ TECHNICAL Research Institute. Japan Society for the Promotion of Maschine Industry. (Folder).
- /043/ TILSLEY, R. The practical application of machining data. Annals of the CIRP, vol. 21/1/1972, p. 27 - 28.
- /044/ CATALOGE général des publications du CETIM. senlis, CETIM, jan., 1983. 68 p.
- /045/ GIRARD, J.; GESLOT, R. & CHALIER, J. Tournage - chariotage 300 resultats d'essais. Senlis, CETIM, 1976. 224 p.

- /046/ USIDATA: banque de donnes de coupe industrielle, notice d'utilisation. Monthouge, ADEPA - GEFIPA, (1983). 50 p. (Document, 5).
- /047/ LIERATH, F. et alii. DDR - Informationszentrum Schnittwertspeicher ein Beitrag zur Intensivierung der spanenden Teilefertigung. Wiss. Z. Techn. Hochs. Magdeburg, Otto van Guericke, 26 (5): 27 - 35, 1982.
- /048/ OBERBLICK über das automatisierte Informationsverarbeitungssystem "Schnittwertspeicher". Texto obtido na Universidade Técnica de Magdeburg. (6S. Gedruckt).
- /049/ BOEHS, L. O primeiro centro nacional de informações de usinagem. Mundo Mecânico, 10 (111): 34 - 35, out., 1985.
- /050/ FRIEDMAN, M. Y.; FIELD, M. & KAHLES, J. F. Machinability data bank design. Annals of the CIRP, 23/1/1974, p. 171 - 172.
- /051/ CONSALTER, L. A. & BOEHS, L. Metodologia de Ensaio Sistemáticos para o Processo de Torneamento. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 1985.
- /052/ MELLO, A. A. P. de & BOEHS, L. Metodologia de Ensaio Sistemáticos de Usinagem para Operações de Furação. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, jul. 1986.
- /053/ GIRONDI, A. C. de & BOEHS, L. Metodologia de Ensaio Sistemáticos de Usinagem para o Processo de Fresamento. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, jan. 1987.
- /054/ PFAU, D. et alii. Informationszentrum für Schnittwertuntersuchung beim Drehen. Industrie-anzeiger, (105), Dez., 1971.
- /055/ KÖNIG, W. & EVESRHEIM, W. INFOS. Informationszentrum für Schnittwerte; Zerspanungshandbuch für das Bearbeitungsverfahren - Bohren. Aachen, WZL/RWTH, (19--).
- /056/ DAMMER, L. J. Ein Beitrag zur Prozessanalyse und Schnittwervorgabe beim Messerkopfstirnfräsen. Aachen, WZL/RWTH, Juli, 1982. (Dissertation). 137 S.
- /057/ MERCHANT, E. Testing for Face Milling. Cincinnati - Milacron; Submitted to the members CIRP SIC - C, Jul. 1977.
- /058/ GUIDE Du Perçage Au Foret Hélicoïdal. CETIM - Service Coupe, Senlis, França, 1977.

- /059/ LORENZ, G. Helix Angle and Drill Performance. Annals of the CIRP, vol. 28/1/1979, p, 83 - 86.
- /060/ LENZ, E.; MAUER, J. E. & LEE, D. G. Investigation in Drilling. Annals of the CIRP, vol. 27/1/1978, p. 49 -53.
- /061/ KALDOR, S. & LENZ, E. Investigation in Tool Life of Twist Drills. Annals of the CIRP, vol. 29/1/1980, p. 23 - 27.
- /062/ ORENZ, G. Comparative Drill Performance Tests: Manuscript submitted to the ASM/SME Internacional Conference on Machinability Testing and Utilization of Machining Data. Oak Brook, Illinois, 1978. 17 p.
- /063/ LENZ, E. & KALDOR, S. Drill Life Testing. Part II. Discussion Paper for Group C - Drilling - CIRP. Davos Switzerland, aug, 1979. 10 p.
- /064/ MILLING handbook of high efficiency metal cutting. Carboly Systems. United States of America, General Electric Company, 1980. 117 p.
- /065/ GIRARD, J.; GESLOT, R. & CHAILER, J. Tournage Chariotage, 300 Résultats D'Essais. Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM), Senlis, França, 1976.
- /066/ FRAISAGE Résultats D'Essais. CETIM - Coupe, Senlis, França, 1978. 107 p.
- /067/ SECO Machining data: Turning and Drilling. 300 p.
- /068/ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Tool - life testing with single point turning tools. ISO 3685/1977.
- /069/ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Basic quantities in cutting and grinding - Part 1: Geometry of the active part of cutting tools General terms, reference systems, tool and working angles, chip breakers. ISO 3002/1, 2. ed., 1982.
- /070/ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Basic quantities in cutting and grinding - Part 2: Geometry of the active part of cutting tools - General conversion formulae to relate and working angles. International Standart ISO 3002/2, 1982.
- /071/ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materials Metálicos - Determinação da Dureza vickers. NBR 6672. Rio de Janeiro, ABNT, jul., 1981.
- /072/ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação das Propriedades Mecânicas à Tração de Materiais Metálicos. NBR 6152. Rio de Janeiro, ABNT, dez., de 1980.
- /073/ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da Dureza Brinell de Materiais Metálicos. NBR 6394. Rio de Janeiro, ABNT, dez., 1980.

- /074/ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materiais metálicos - Determinação do Tamanho do Grão (TG). NBR 6000. Rio de Janeiro, ABNT, mar., 1980.
- /075/ SANDVIK - Coromant, Por - 8240. Manual de fresamento. 49 p.
- /076/ SANDVIK - Coromant, Por - 8000:3. Ferramentas para torneiar. 177 p.
- /077/ SKF. - Manual de Brocas e furações. 60p.
- /078/ KÖNIG, W. et alii. - INFOS Zerspanseminar. Aachen, WZL/RWTH, 1984.
- /079/ BOEHS, L. Protocolo de Dados - Processo de torneamento. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 1985.
- /080/ MELLO, A. A. P. de & BOEHS, L. Protocolo de Dados - Processo de furação. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 1986.
- /081/ GIRONDI, A. C. de & BOEHS, L. Protocolo de Dados - Processo de Fresamento. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 1987.
- /082/ KÖNIG, W.; PFAU, D. & WINKLER, H. H. Informationszentrum für Schnittwerte: Verbesserung der Werkzeugmaschinenutzung durch zentrale Erfassung ... Berlin, Benthvertrieb, 1973. 1395.
- /083/ SANDIK - Coromant CTT/79. Curso de usinagem Coromant; avaliação de conhecimentos técnicos (pré-teste). São Paulo, jul., 1980.
- /084/ KISTLER Instrument AG. 3 - Component Dinamometer. N. 69263. Ed. 12.79.
- /085/ HEWLETT - PACKARD COMPANY. HP - 85 manual do proprietário e guia de programação. Brasil, jul., 1981. 350 p.
- /086/ ----- . Operating and service manual model 3497A Data acquisition / control unit. Loveland, Colorado, jul., 1981. (n.p).
- /087/ BOEHS, L. & BORGES, R. Ensalo de usinagem processo de torneamento. Material: aço "maraging" solubilizado e envelhecido. Relatório interno (segundo relatório parcial). Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, dez., 1987.
- /088/ FILHO, D. R. Sistema de Aquisição semi automático de dados de usinagem para o processo de torneamento.

Relatório interno, ref. disciplina projetos I, do Curso de Ciências da Computação. Florianópolis, dez., 1986.

- /089/ EXAPT. Werkstoffdatei für Drehbearbeitung. Aachen, Germany, Version 81/10.
- /090/ POOLE, L.; BORCHERS, M. & CASTLEWITZ, D. M. Programas usuais em BASIC: para sistemas compatíveis com o Apple II. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1984. 187 p.
- /091/ LESLIE, R. T. & LORENZ, G. Comparison of multiple regressions in machining experiments.
- /092/ FONSEGA, J. S. da; MARTINS, G. de A. & TOLEDO, G. L. Estatística aplicada. 2. ed. São Paulo, Atlas, 1985, 267 p.
- /093/ SPIEGEL, M. R. Estatística. 2. ed. São Paulo, McGraw - Hill do Brasil, 1985. 454 p.
- /094/ GIRONDI, A. G. de; BORGES, R. & BOEHS, L. Determinação das características de usinagem do ferro fundido cinzento FC-250 - Processo de Fresamento. Relatório interno. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, set., 1987.
- /095/ BOEHS, L. Ensaio de usinagem com o aço ABNT 1020 Processo de Furação. Relatório interno. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, mar., 1986.
- /096/ LIERATH, F.; JACOBS, H. J. & PITER, H. J. Zentraler Schnittwertspeicher der DDR - Nutzungserfahrungen und Aktueller Entwicklungsstand. In: CONFERENCE INFERT 82; INDUSTRIELLE FERTIGUNG AUF DEM WEGE ZUR AUTOMATISIERUNG. 1 und 2 Sept., 1982. Dresden/DDR. (Forträger Fachsektion II). S. 72 - 88.
- /097/ HOFF, M & DAMMER, L. INFOS - Taschenrechnerprogramme vereinfachen die Schnittwertoptimierung. Industrie Anzeiger, 30 (80): 18 - 20, Okt, 1981. 103 Jg.
- /098/ EVERSHEIM, W; GEBAUER, D. & SCHWAMBORN, W. Rechnerunterstützte Schnittwertoptimierung und Vorgabezeitbestimmung für die spanende Fertigung am Beispiel der Bohrbearbeitung. Industrie Anzeiger, 12 (73): 36 - 39, Sep., 1979. 101 Jg.
- /099/ EVERSHEIM, E; GEBAUER, D. & WESCH, H. Einsatz der Schnittwertoptimierungsprogrammes "TURN"; zur zeit Kosten und Fertigungsmittelplanung. TZ, (7): 13 - 18, 1979.
- /100/ HEIDE, W. Erfahrungen beim Einsatz der Richtwertmaschine Fräskopfpräsen. In: CONFERENCE INFERT 82; INDUSTRIELLE FERTIGUNG AUF DEM WEGE ZUR AUTOMATISIERUNG. 1 und 2 Sept., 1982. Dresden, Technischen Universität

FERTIGUNG AUF DEM WEGE ZUR AUTOMATISIERUNG. 1 und 2
Sept., 1982. Dresden, Technische Universität
Dresden/DDR. (Forträge der Fachsektion II). S. 41 - 54.

- /101/ HOFF, M. Zerspanbarkeitskennwerte für die manuelle und rechnerunterstützte Schnittwertermittlung. Aachen, WZL/TH, EXAPT, 1984. S. 2.2 - 2.16.
- /102/ KNAPPE, H. J. Aufbau, Arbeitsweise und Einsatzmöglichkeiten der Schnittwertermittlungsprogramme TURN, DRILL, MILL. In: INFOS ZERSPANUNGSSEMINAR. Aachen, WZL/RWTH, EXAPT, 1984. S. 7.1 - 7.23.
- /103/ HOFF, M. Taschenrechnerunterstützte Schnittwertermittlung beim Drehen und Bohren. Aachen, WZL/TH, EXAPT, 1984. S. 4.2 - 4.11.
- /104/ LAUSCHER, J. Rechnerunterstützte Schnittwertoptimierung - Grundlagen und Vorgehensweise. In: INFOS ZERSPANUNGSSEMINAR. Aachen, WZL/RWTH, EXAPT, 1984. S. 3.1 - 3.12.
- /105/ HOFF, M. et alii. Anleitung zur firmenspezifischen Schnittwertermittlung mit Hilfe von Korrekturfaktoren. Aachen, WZL/RWTH, 1984.
- /106/ FURTADO, A. L. & SANTOS, C. S. dos. Organização de Banco de Dados. 6.ed. Rio de Janeiro, CAMPUS 1986. 281 p.
- /107/ DATE, C. J. Introdução a sistemas de bancos de dados. 2.ed. Rio de Janeiro, CAMPUS, 1985. 512 p.
- /108/ JONES, E. dBASE III: guia do usuário. São Paulo, McGraw - Hill do Brasil, 1986. 230 p.
- /109/ GARCIA, J. & NOGUEIRA, R. dBASE total. Rio de Janeiro, CAMPUS, 1986. 390 p.
- /110/ HIRSCH, B. Ein System zur Ermittlung von Zerspanungsvorgabewerten insbesondere bei rechnergestützter Programmierung von numerisch gesteuerten Drehmaschinen. Aachen, WZL/RWTH, Feb., 1969. (Dissertation). 147 S.
- /111/ EXAPT. NC Programmiersystem. Aachen, EXAPT, 1975. Material de divulgação do sistema EXAPT programação.
- /112/ CONSALTER, L.A.; BOEHS, L.; & FERREIRA, A. G. Programação de máquinas NC utilizando linguagem de alto nível apoiada por banco de dados. In: SEMINÁRIO DE COMANDO NUMÉRICO NO BRASIL, 6 E JORNADA INTERNACIONAL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 2, São Paulo, 12 a 14 ago., 1986. Anais... São Paulo SOBRAGON, 1986. v.2, p. 24.01 - 24.23.
- /113/ SOHLENIUS, G. Background and motive for workshop technology in APT. Annals of the CIRP, 18: 527 -530, 1970.



numerical control processor: program reference manual: program number 5740 - M53. New York, Jul., 1982. 89 p.

- /115/ GIRONDI, A. C. DE, : FERREIRA, A. C. & BOEHS, L. Determinação automática de condições de usinagem. Máquinas e Metais, (265): 134 - 139, jan/fev., 1988.
- /116/ CHANG, T. C. & WYSK, R. A. An introduction to automated process planning Systems. Englewood Cliffs, New Jersey Prentice Hall, 1985.
- /117/ OUTZEEL, A. Computer: assisted process planning minimizes design and manufacturing cost. IE, p. 60 - 64, nov., 1981.
- /118/ WEIL, R.; SPUR, G. & EVERSHEIM, W. Survey of computer: aided process planing systems. Annals of the CIRP vol. 31/2/1982, p. 539 - 551.
- /119/ MASON, F. Computerized cutting tool management. American Machinist & Manufacturing,: 106 - 120, may, 1986.
- /120/ EVERSHEIM, W. & WIENAND, L. Aufbau einer überbetrieblichen Werkzeugdatenbank. VDI-Z, 129(10): 95 - 100, Okt, 1987.
- /121/ GIMBEL, H. F. & GRANOW, R. Rationalisierung der Werkstattfertigung durch integrierte NC - Organisation. Werkstatt und Betrieb, 120(9): 691 - 697, 1987.
- /122/ EW, A. N. & QUEIROZ, A. A. DE. Planejamento do processo auxiliado por computador. Máquinas e Metais, (265): 121 - 132, jan/fev., 1988.
- /123/ MASON, F. Tool management in aerospace. American Machinist & Automated Manufacturing, p. 78 - 81. Dec., 1987.
- /124/ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Referências bibliográficas. NB66. Rio de Janeiro, 1978. (Norma utilizada para especificar as referências bibliográficas).

A P E N D I C E

I - CARACTERÍSTICAS DOS PROCESSOS DE TORNEAMENTO, FRESAMENTO E FURAÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão na parte de processos de usinagem, com a finalidade de fornecer subsídios principalmente para o entendimento do assunto apresentado no capítulo IV. Inicia-se por uma abordagem geral e a seguir passa-se à análise específica dos processos de torneamento, furação e fresamento.

I.1 - GENERALIDADES

Tomando como base a norma DIN 8580 /1,2/, que trata da classificação dos processos de fabricação, verifica-se que existem dois grandes grupos de processos de usinagem:

- O primeiro grupo aborda a usinagem com ferramentas de geometria definida como, torneamento, fresamento, furação, aplainamento e corte com serras, entre outros;
- o segundo grupo trata dos processos com ferramentas de geometria não definida como, retificação, brunimento, lapidação e outros.

Pode-se afirmar então que ao primeiro grupo pertencem aqueles processos que possibilitam grandes taxas de remoção de material. O segundo grupo é composto pelos processos geralmente aplicados na usinagem de acabamento de peças, onde a taxa de remoção de material é menor.

Com base em pesquisa realizada no Brasil /3/, cujos resultados já foram apresentados no início deste trabalho,

constatou-se que os processos de usinagem mais utilizados na indústria brasileira são, por ordem decrescente, de utilização, torneamento, furação, fresamento, retificação e mandrilamento. Resultados semelhantes foram obtidos numa pesquisa realizada na indústria da Alemanha Ocidental /4/. Isso mostra, portanto, que a escolha dos processos em discussão neste trabalho não foi meramente acadêmica, mas, sim, em função de uma necessidade prática da indústria manufatureira.

Apesar de a usinagem ser um processo de fabricação que se originou muitos milênios antes da era de Cristo /5,6/, isso não significa que todos os desenvolvimentos possíveis já foram realizados, pois freqüentemente se depara com novos desafios tecnológicos, em função das descobertas e desenvolvimentos no campo dos materiais das peças, das ferramentas e das máquinas-ferramenta.

Revendendo a literatura /5/, constata-se que, entre os anos de 1400 a 1900, houve notáveis avanços no desenvolvimento das máquinas-ferramenta. Embora seja um processo de fabricação muito antigo, verifica-se /6,7,8/ que somente a partir do século 19, por intermédio de F.W. Taylor, é que se iniciaram as pesquisas sistemáticas em usinagem. Desde então, surgiu em diferentes países uma série de trabalhos importantes de pesquisadores que se tornaram famosos nesta área de conhecimentos /7,8/.

Entre os inúmeros objetivos perseguidos por estes pesquisadores, destaca-se aquele que se relaciona diretamente com a determinação e otimização dos parâmetros tecnológicos dos processos de usinagem, tendo como meta um completo domínio sobre os processos, de modo a possibilitar uma usinagem mais econômica e um produto de melhor qualidade.

É, também, neste contexto que o presente trabalho pretende dar a sua contribuição, especificamente nos processos de torneamento, furação e fresamento.

1.2 - ASPECTOS TECNOLÓGICOS E PARÂMETROS OPERACIONAIS

O produto resultante da atuação de um ou mais processos de usinagem é afetado pela ação de fatores tecnológicos como: o processo; a máquina-ferramenta; os dispositivos de fixação; a forma, dimensões e material da peça; as dimensões, geometria e material da ferramenta; além dos parâmetros tecnológicos de usinagem como, a velocidade de corte, avanço e profundidade.

Esse conjunto de variáveis, influirá de alguma forma sobre os fatores econômicos e de uso da peça, conforme indica a figura 1 /9,10/. Em relação aos fatores econômicos, citam-se o custo de usinagem (máquina + operador), o volume de produção e o índice de utilização das máquinas disponíveis. Quanto à utilização da peça, há de se considerar a sua precisão dimensional, a precisão de forma e o acabamento superficial. Isso leva a concluir, que esses são os principais aspectos que regerão a competitividade de mercado de um produto usinado.

O número de variáveis dos processos que necessita ser dominado é grande e considerando ainda que algumas variáveis interagem entre si, simultaneamente, pode-se afirmar ser bastante difícil a determinação exata das condições de trabalho para cada situação que se apresenta na prática. Por essa razão, torna-se necessária uma análise sistemática de cada uma das variáveis, de modo a poder-se determinar da melhor forma possível a sua influência sobre o sistema constituído pela peça-ferramenta -

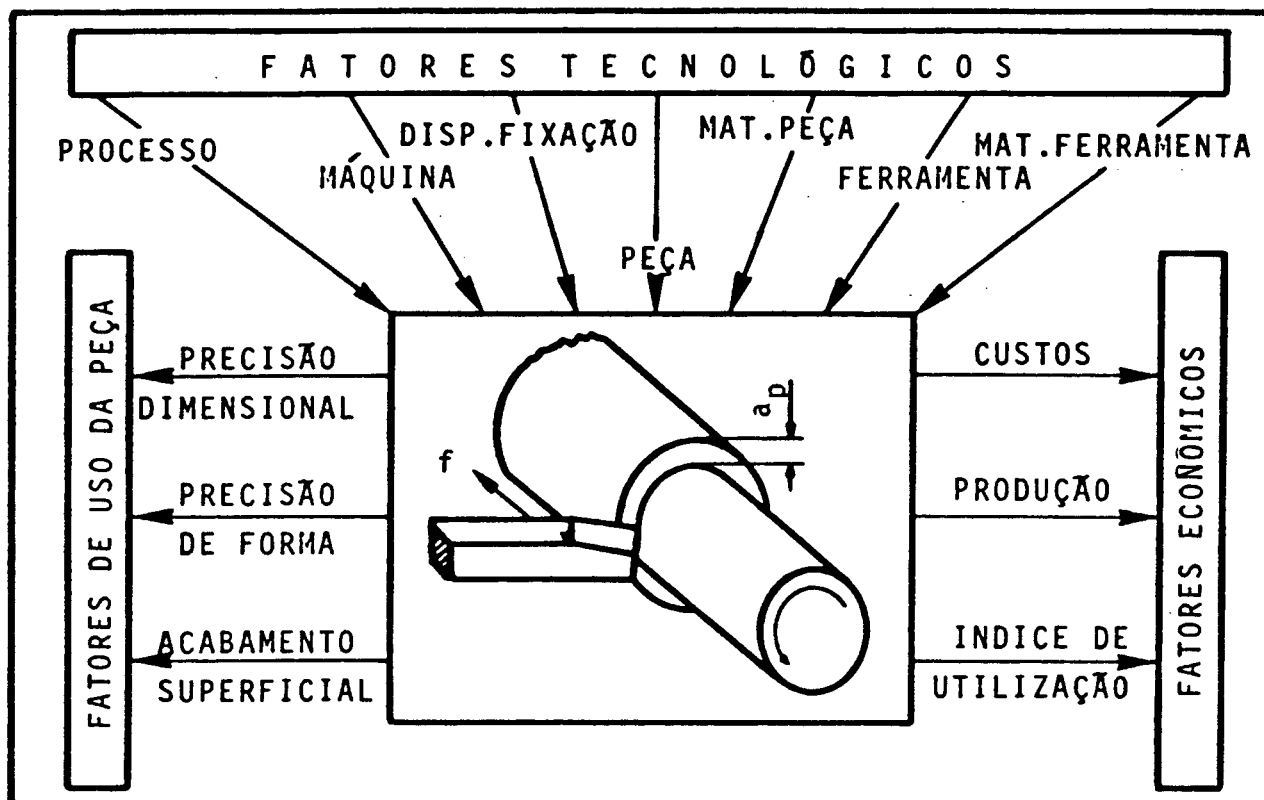


Fig. 1 - Variáveis que afetam os fatores de uso e econômicos da peça.

máquina-ferramenta.

Embora já tenham sido realizadas muitas tentativas no sentido de se determinar a influência de cada uma dessas variáveis sobre o sistema e expressá-la através de formulações matemáticas, isso ainda não foi possível, pelo menos de uma forma abrangente e completa. Alguns princípios de análise e características do sistema, no entanto norteiam as pesquisas com vistas a esses objetivos. Por esse motivo, serão apresentados a seguir alguns aspectos tecnológicos os quais foram considerados de grande importância para a estruturação e o desenvolvimento do presente trabalho.

No sistema constituído pela peça-ferramenta - máquina ferramenta, merecem uma atenção especial o material da peça, o material da ferramenta, as condições de usinagem, bem como o meio

que envolve referido sistema. Esse conjunto de elementos determinará a solicitação térmica, mecânica e a ação química na ferramenta de corte que, pela intervenção de um ou vários dos mecanismos tais como, adesão, difusão, oxidação, abrasão, deformação plástica e formação de trincas, produzirão o desgaste de flanco e/ou de cratera da ferramenta, como indicado na figura 2 /6,11,12,13/. O desgaste da ferramenta produzirá alterações nas forças necessárias para usinar o material, na vida da ferramenta de corte, no acabamento superficial e na precisão dimensional da peça usinada.

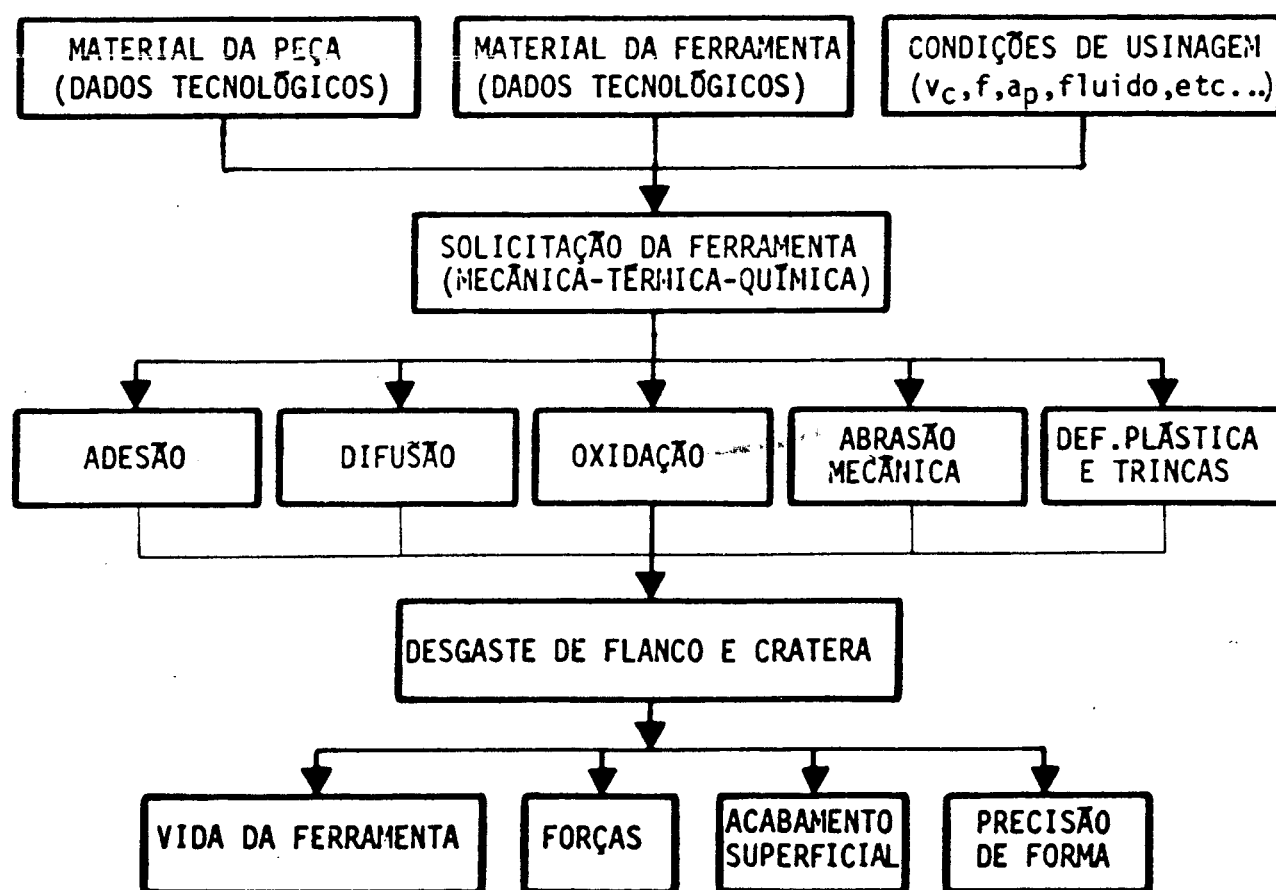


Fig. 2 - Mecanismos de desgaste e seus efeitos sobre a ferramenta de corte.

Efetuada uma análise mais aprofundada, no que se refere à ferramenta de corte, pode-se estabelecer o seguinte esquema,

figura 3 /12/.

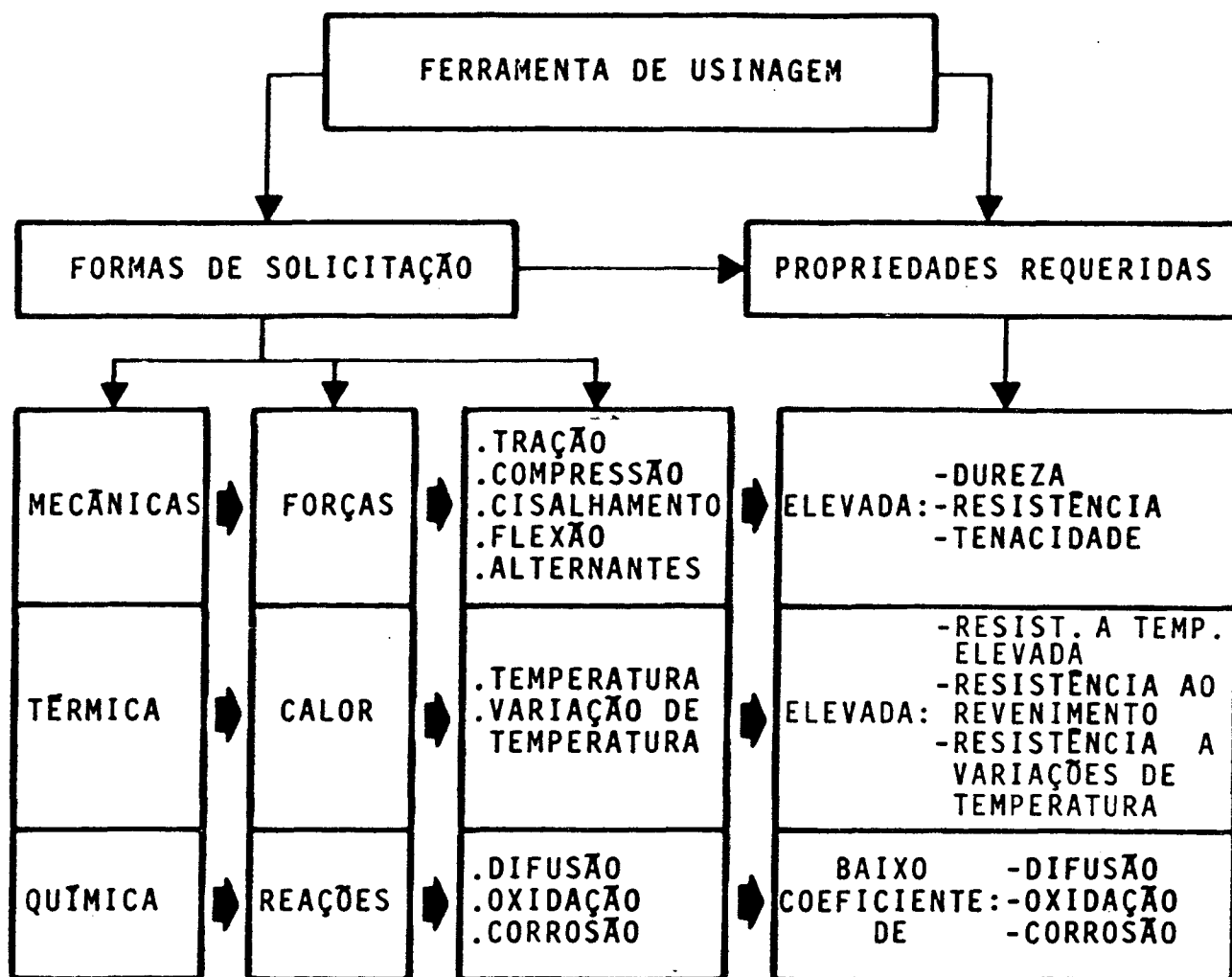


Fig. 3 - Solicitações atuantes na ferramenta e propriedades requeridas da mesma.

A solicitação mecânica da ferramenta é resultante da atuação de forças de tração, compressão, cisalhamento, flexão ou de uma combinação dessas, as quais foram produzidas pela ação do contato e o movimento relativo entre a peça e a ferramenta. Para superar essa solicitação, o material da ferramenta deve apresentar elevada dureza, resistência e tenacidade.

A solicitação térmica resulta da transformação quase total do trabalho mecânico em calor, nas regiões de deformação plástica e de cisalhamento, e do atrito na interface peça -

ferramenta - cavaco. Isso significa que o material da ferramenta deve possuir grande dureza em altas temperaturas, resistência a variações bruscas de temperatura e ao revenimento.

As alterações químicas da ferramenta, assim como da peça e do cavaco, são resultantes das reações de difusão e oxidação entre determinados materiais de peça e materiais de ferramenta, na presença de elevadas temperaturas e do oxigênio do ar. A utilização de materiais de ferramenta mais inertes em relação aos materiais da peça e do próprio ambiente de trabalho é a forma mais eficaz de atenuar essas reações.

Com base no que foi exposto, verifica-se que o sucesso na usinagem de um determinado material depende fundamentalmente da escolha correta do seu par, ou seja do material da ferramenta e das condições de corte.

1.2.1 - Fatores de restrição na usinagem

A seguir se efetuará uma análise mais detalhada das restrições tecnológicas impostas pelo sistema, peça - ferramenta - máquina - ferramenta, as quais afetam os dados ou condições de usinagem. O quadro que segue, figura 4 /14,15,16/, mostra de forma esquemática a interdependência entre os vários fatores.

A velocidade de corte é um fator de grande importância na usinagem, já que dela dependem não só a produção e acabamento superficial, mas também, é ela quem provoca acelerado desgaste na ferramenta. Outros parâmetros de usinagem como o avanço e a profundidade de corte têm menor influência sobre o desgaste, porém, aumentam a força e exigem maior rigidez da máquina e da ferramenta, a fim de evitar o aparecimento de vibrações. Ao

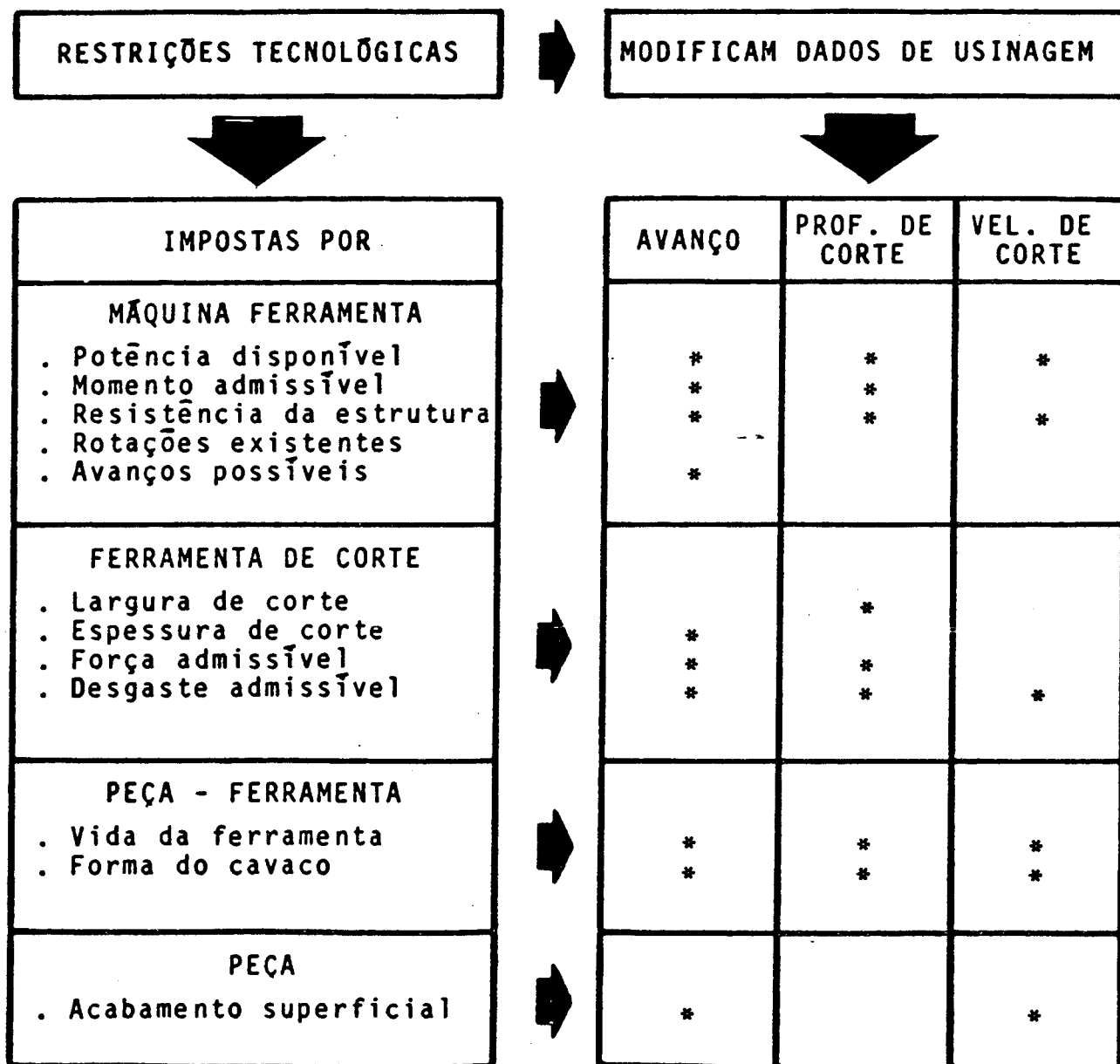


Fig. 4 - Restrições tecnológicas impostas pelo sistema peça-ferramenta - máquina-ferramenta.

contrário da velocidade, a otimização desses parâmetros não se faz por critérios de máximo e mínimo, a partir de uma diferenciação, mas são otimizações de extremos, sendo que nesse caso se considera que /14/:

a) O avanço ótimo para a máxima produção ou para o mínimo custo é o máximo avanço;

b) A profundidade ou largura de corte ótimas também se

obtêm com os valores máximos:

c) A rugosidade mínima é obtida pelo critério do menor avanço e maior raio de quina da ferramenta.

Dessa forma, o volume máximo de cavaco removível por unidade de tempo fica limitado pelas características da máquina-ferramenta, como a potência instalada, resistência da estrutura e da árvore e em função das dimensões e resistência da ferramenta de corte. A velocidade de corte e avanço usáveis em cada passe são função, respectivamente, da rotação e avanços existentes na máquina.

A rugosidade cinemática da peça depende fundamentalmente do avanço e do raio de quina da ferramenta. A velocidade de corte exerce uma influência sobre rugosidade de processo. Velocidades de corte mais altas proporcionam um melhor acabamento, entretanto, causam maior desgaste na ferramenta de corte e conseqüentemente menor vida. Resultados de pesquisas /17/ mostram que a rugosidade R_t obtível na usinagem pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$R_t = f^2 / 8.r \quad [1]$$

Esta expressão aplica-se para $f \leq 2.r \cdot \cos \chi$. Para avanços muito pequenos os valores experimentais divergem bastante dos calculados, como conseqüência do esmagamento proporcionado pela quina da ferramenta sobre a superfície da peça, pois a espessura mínima de usinagem aumenta com o raio de quina.

A análise efetuada mostra, portanto, que para realizar a usinagem de forma otimizada, há a necessidade de se considerar uma gama de fatores, sendo um dos mais importantes a velocidade de corte e a correspondente vida da ferramenta. Uma vez

determinada a faixa de valores de velocidade em que uma determinada combinação material de peça - material de ferramenta pode trabalhar, o passo seguinte será obter os valores ótimos dentro dessa faixa.

1.2.2 - Análise para a máxima produção e o mínimo custo de usinagem

A determinação da velocidade e da vida ótima é baseada em dois critérios econômicos, o de máximo volume de produção ou mínimo tempo de usinagem por peça, e o do mínimo custo para produzir cada peça. Pode-se provar matematicamente /15/ que a condição de máximo lucro situa-se sempre entre estes dois extremos, isto é, na região de máxima eficiência do processo, como ilustra a figura 5 /14/.

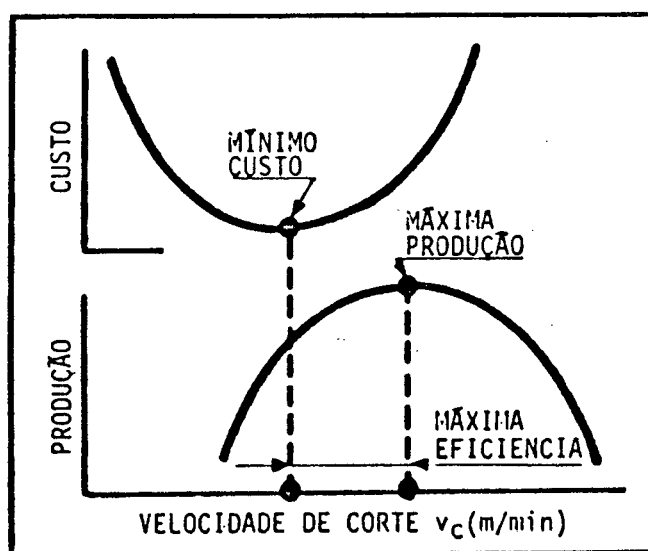


Fig. 5 - Mínimo custo e máxima produção. Intervalo de máxima eficiência.

Não é objetivo do presente trabalho fazer análises, comprovações matemáticas e um estudo exaustivo sobre o assunto, uma vez que isso já existe bem explorado numa vasta bibliografia

/15,18,19,20,21,22,23,24/, porém, pretende-se mostrar de forma sucinta alguns tópicos relevantes no que se refere à otimização da usinagem.

O mínimo custo e a máxima produção, como indicado na figura 5, são regidos por quatro fatores principais, quais sejam, demanda de mercado, custo de ferramentas, custo de máquinas e valor dos salários, figura 6.

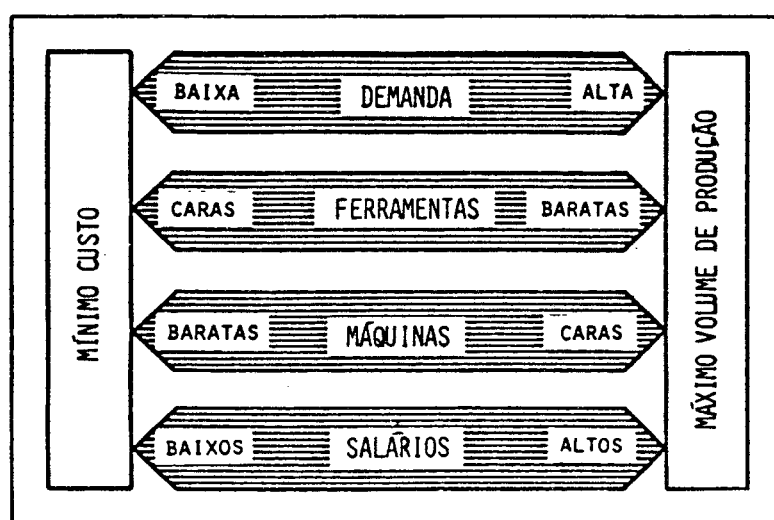


Fig. 6 - Relação entre os custos e o volume de produção.

Uma grande demanda de mercado induz a trabalhar num regime de máxima produção, onde os custos de produção mais elevados são compensados pelo volume de peças colocadas no mercado. Quando a demanda é mais reprimida, a tendência é trabalhar cada vez mais próximo da condição de menor custo. Numa análise técnico-econômica mais generalizada pode-se dizer que ferramentas muito caras exigem que se trabalhe com condições de corte menos severas, o que proporciona uma maior vida da ferramenta, porém menor produção por unidade de tempo. Por outro lado, altos salários de operadores e máquinas caras, impõem um regime mais severo de trabalho, o que acarreta um menor vida da

ferramenta, mas, uma intensidade maior na produção /9,25/.

A vida da ferramenta, para o mínimo custo de usinagem, pode então ser determinado com base nos custos de ferramenta, custo do local de trabalho (máquina + operador), custos fixos ou improdutivos. As duas parcelas iniciais são fortemente dependentes da velocidade de corte, enquanto que a última independe desta, conforme pode ser visto na figura 7 /14/.

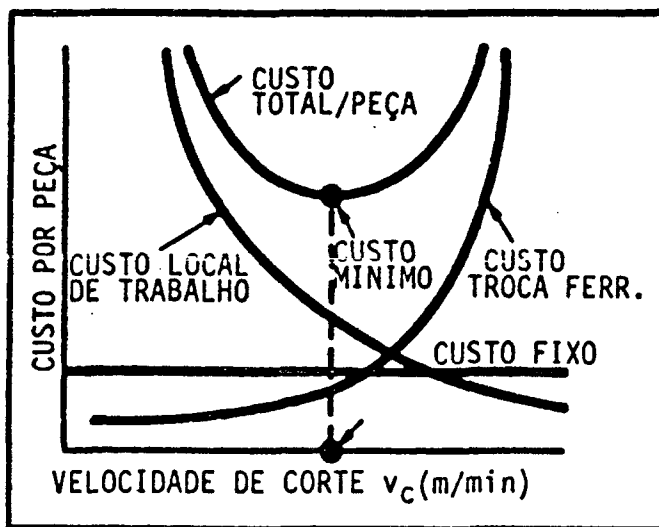


Fig. 7 - Variação das parcelas de custos em função da velocidade de corte.

O mínimo custo de usinagem por peça localiza-se no ponto em que o somatório das parcelas individuais de custos apresentar o seu menor valor. Aplicando-se técnicas e desenvolvimentos matemáticos adequados, chega-se à conclusão que a vida da ferramenta, para o mínimo custo de usinagem, pode ser determinado pela expressão a seguir /20,26,27,28,29,30/:

$$T_{\min.c} = \left(\frac{1}{|G|} \right) \cdot \left(TTF + \frac{CF}{CLT} \right) \quad (2)$$

Como era de se esperar, a equação 2 mostra que a vida da ferramenta, para o menor custo de usinagem, é função basicamente das características do par peça-ferramenta e das

condições de usinagem, expressas pelo expoente G da equação de Taylor, do tempo de troca da ferramenta TTF , do custo da ferramenta CF e do custo do local de trabalho CLT . O valor de G é obtido experimentalmente e depende do par peça-ferramenta e das condições de usinagem. O custo de ferramenta resulta do preço de aquisição do suporte e da pastilha, da sua amortização, dos custos com recuperação ou afiação e do consumo de pastilhas. O custo do local de trabalho depende da política de custos adotada pela empresa. Nessa parcela estão embutidos os custos diretos e indiretos da máquina-ferramenta e do trabalho assalariado.

De modo análogo, obtém-se a vida da ferramenta para a máxima produção, onde a análise é efetuada em relação ao tempo de corte, tempo de troca de ferramenta e dos tempos improdutivos, esquematicamente representados na figura 8 /14/.

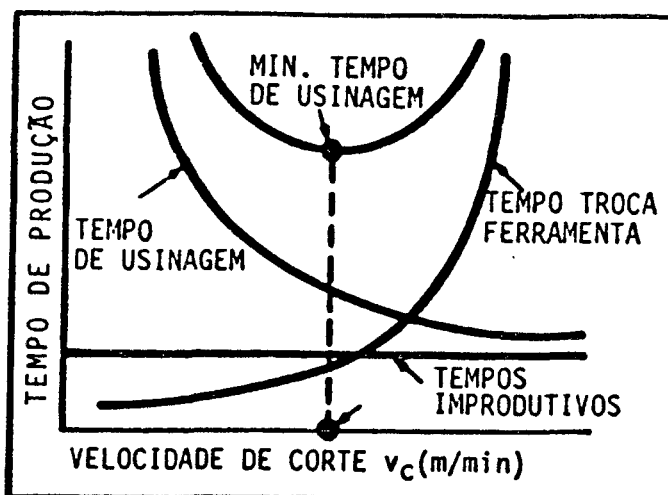


Fig. 8 - Variação das parcelas de tempos em função da velocidade de corte.

Observa-se que existe uma solução de compromisso entre o tempo de corte e o tempo de troca de ferramenta. O menor tempo de usinagem ou máxima produção localiza-se no ponto em que o somatório das diferentes parcelas de tempos apresentar o menor

valor. Nesse ponto, o tempo de vida da ferramenta, para a máxima produção, pode ser calculado pela expressão a seguir /20,26,27,28,29,30/:

$$T_{\text{máx.p}} = \left(\frac{1}{|G|} - 1 \right) \cdot \text{TTF} \quad [3]$$

Esse tempo depende exclusivamente das características do par peça-ferramenta, das condições de usinagem e do tempo de troca da ferramenta TTF.

Introduzindo na equação de Taylor, a qual será discutida nas próximas seções, os tempos calculados pelas expressões 2 e 3, obtêm-se as respectivas velocidades ótimas de corte. Os critérios de otimização apresentados no presente capítulo podem ser aplicados aos processos de torneamento, fresamento e furação, desde que sejam levadas em consideração as particularidades de cada um deles. Essa abordagem no entanto é válida somente para usinagem com ferramenta única.

As próximas seções apresentarão as relações de contato entre a peça e a ferramenta, a sua relação com os parâmetros de usinagem, força e potência de corte.

1.3 - PROCESSO DE TORNEAMENTO

Entre várias formas de atuação da ferramenta no processo de torneamento, neste trabalho será abordado especificamente o torneamento externo com a ferramenta movimentando-se segundo a direção do eixo da peça. Essa opção foi feita em função da sua grande aplicabilidade prática.

A seguir se tratará da definição e determinação dos parâmetros do processo e das grandezas geométricas de contato

entre o par peça-ferramenta, indicados na figura 9 /29,31/, assim como da determinação da força e potência de corte.

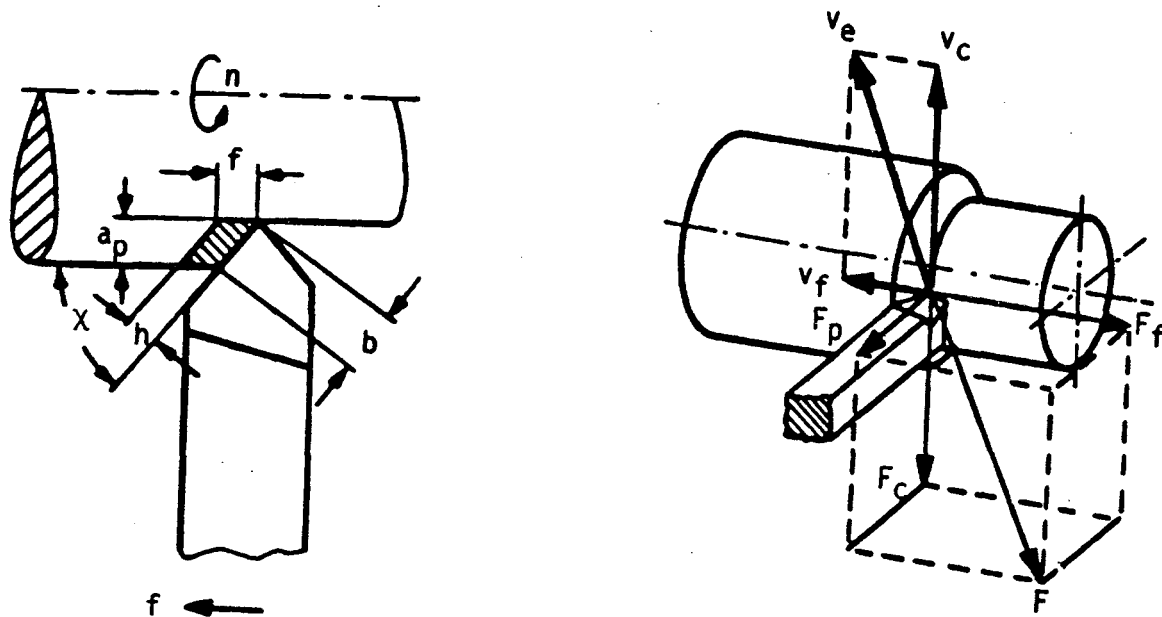


Fig. 9 - Grandezas geométricas de contato entre peça - ferramenta, forças e velocidades no processo de torneamento.

Conforme já comentado anteriormente, a variável mais importante no processo de usinagem é a velocidade de corte, por ser ela quem mais contribui para o desgaste da ferramenta. Isso significa que para cada combinação material de peça - material de ferramenta, há a necessidade de se determinar a faixa de velocidades ótimas de trabalho.

As pesquisas realizadas ao longo de aproximadamente um século levaram a diferentes proposições de modelos matemáticos /32,33/ para determinar a velocidade de corte. Esses modelos apresentam diferentes graus de complexidade e aplicabilidade na prática de usinagem. Uma das propostas bastante difundida na literatura e usada por alguns bancos de dados de usinagem é a equação de Taylor generalizada /26,34,35,36,37/, que para o

processo de torneamento pode ser escrita da seguinte forma:

$$V_c = C \cdot f^E \cdot a_p^F \cdot T^G \cdot VK^H \quad [4]$$

Por se considerar que no atual estágio de pesquisas ser essa a equação mais completa e a que melhor descreve a interrelação dos vários parâmetros de usinagem com a vida e o desgaste da ferramenta, optou-se pela sua utilização no desenvolvimento do presente trabalho.

Através dessa equação, a variável velocidade de corte é determinada em função do material da peça - material da ferramenta, do avanço, da profundidade de corte, da vida, critério e valor de desgaste da ferramenta. Os expoentes E, F, G e H medem a influência das suas respectivas bases sobre a variável dependente, enquanto a constante C indica basicamente o comportamento do par, material da peça - material da ferramenta em relação ao processo de usinagem.

A variável independente VK deverá ser substituída pelo critério de desgaste que definitivamente prescreve a vida útil da ferramenta, podendo ser o desgaste de flanco ou de cratera /6/. A solução dessa equação é obtida através de um sistema de equações, montado a partir de resultados experimentais. O procedimento para a obtenção desses resultados foi apresentado nas seções 4.3.1 a 4.3.4, onde se abordam os ensaios sistemáticos de usinagem /38/.

Conforme já havia sido colocado anteriormente, os parâmetros máximos e mínimos de avanço e da profundidade de corte dependem fundamentalmente da forma, dimensões e resistência da ferramenta. Através desses parâmetros e da velocidade de corte, podem-se determinar as grandezas geométricas de contato entre o

par peça - ferramenta, identificadas na figura 9, a força e potência de corte, conforme segue.

a) Grandezas geométricas de contato:

$$b = a_p / \text{sen} \chi \quad [5]$$

$$h = f \cdot \text{sen} \chi \quad [6]$$

$$A = b \cdot h = a_p \cdot f \quad [7]$$

b) Força de corte:

Existem vários métodos /23/ para determinar a força de corte. Um dos mais divulgados na literatura é o proposto por Kienzle e Vitor /39,40/. Esse método proporciona os resultados mais exatos e além disso a sua aplicação é simples. Ele se baseia nas características do material da peça e na variação do avanço, cujos valores são determinados experimentalmente. Não levando em consideração os demais fatores que apresentam uma influência secundária sobre a força de corte, como a velocidade, desgaste e ângulos da ferramenta, além do fluido de corte, a equação de Kienzle pode ser escrita como segue:

$$F_c = b \cdot h^{(1-m_c)} \cdot k_c [1] \quad [8]$$

c) Potência de corte:

No processo de torneamento, a parcela correspondente à força de avanço normalmente é desprezível para a maioria das aplicações práticas de cálculo da potência de usinagem. Com isso, o cálculo reduz-se somente à parcela referente à força de corte. Essa simplificação pode ser efetuada pelas seguintes razões:

- A velocidade de avanço da ferramenta é muito menor que a

velocidade de corte:

- O trabalho de atrito na interface flanco - superfície transitória é muito pequeno:

Com essa simplificação, a potência de corte é então determinada pela seguinte equação:

$$P_c = F_c \cdot V_c / 60000 \quad [9]$$

Nessa equação, a constante numérica atua como fator de conversão de unidades.

1.4 - PROCESSO DE FURAÇÃO

Entre os vários tipos de ferramentas e formas de operações de furação existentes, neste trabalho será analisado somente a furação em cheio com brocas helicoidais. A figura 10 /41,42,43/ mostra, respectivamente, as grandezas

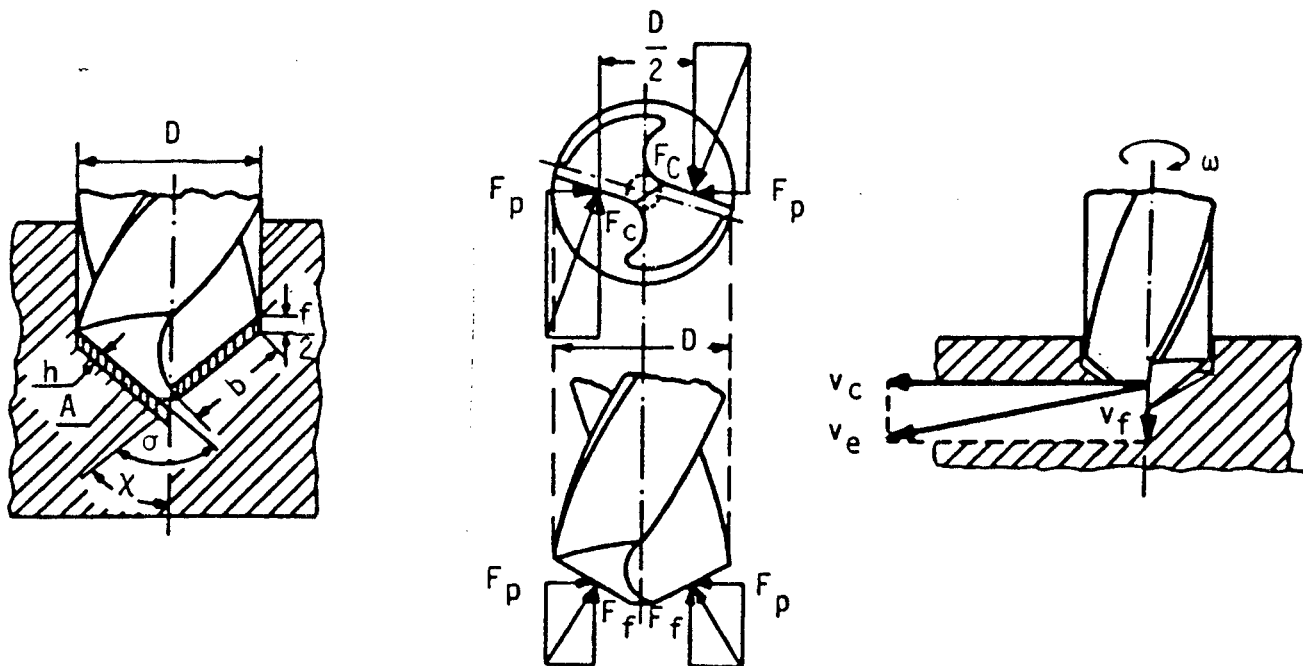


Fig. 10 - Grandezas geométricas de contato entre peça - ferramenta, forças e velocidades no processo de furação.

geométricas de contato entre a peça e a ferramenta, as velocidades, assim como as forças que agem sobre a broca.

Na furação com a broca helicoidal, tem-se uma ferramenta com dois gumes, o que significa que o avanço total da ferramenta será uniformemente distribuído sobre os mesmos, partindo-se do pressuposto que ela tenha sido corretamente afiada. Logo a área total de cavaco e a força de corte atuante na ferramenta são resultantes da ação dos dois gumes.

a) Relação entre a velocidade de corte e os demais parâmetros:

Na furação usa-se, também, a equação de Taylor generalizada para determinar a velocidade de corte. Nesse caso, porém, ela se apresenta ligeiramente modificada em relação àquela usada no torneamento, devido às peculiaridades do processo de usinagem, podendo ser expressa da seguinte forma /44/:

$$V_c = C \cdot f^E \cdot D^F \cdot L^G \cdot V_K^H \quad [11]$$

Em relação à equação de Taylor para o processo de torneamento, tem-se modificações em duas variáveis, que são: o diâmetro D da broca que substitui a profundidade de corte a_p e a vida T da ferramenta que é substituída pelo somatório das profundidades de furos L (comprimento de furação) realizado pela broca. A primeira é uma alteração técnica e a segunda prática, já que para o usuário é mais fácil determinar o número de furos que a broca pode realizar do que cronometrar o seu tempo de utilização.

b) Grandezas geométricas de contato:

$$b = D/2 \sin \chi \quad [12]$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot f \cdot \text{sen} \chi \quad [13]$$

$$A = b \cdot h = D \cdot f / 4 \quad [14]$$

Nesse caso, A representa a área de corte que corresponde a somente um gume da ferramenta.

c) Força de corte e de avanço:

A broca helicoidal apresenta uma geometria bastante complexa, o que dificulta o cálculo da força de corte e de avanço. O gume transversal, o atrito do cavaco nos canais da broca, o atrito das guias da broca com a parede do furo, a forma de afiação da broca e o seu desgaste, são os fatores que mais dificultam a utilização de uma formulação de cálculo mais completa. A influência desses fatores é determinável somente através de testes. Em função da dificuldade que existe para quantificá-los, na maioria das aplicações práticas acaba-se utilizando um cálculo mais simples, sem no entanto comprometer a ferramenta ou o funcionamento da máquina - ferramenta. Com base no exposto, a força de corte pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$F_c = \frac{D}{2 \text{sen} \chi} \left(\frac{f}{2} \cdot \text{sen} \chi \right)^{(1-m_c)} \cdot k_{c1.1} \quad [15]$$

Na equação 15 /40/ tem-se a força de corte calculada em relação a um gume somente. A força de avanço pode ser determinada através de uma expressão análoga, bastando para tanto substituir-se a força específica de corte $k_{c1.1}$ pela força específica de avanço $k_{f1.1}$.

Com isso, tem-se determinado todas as variáveis necessárias para o cálculo da potência de corte, conforme já apresentado na equação 9.

1.5 - PROCESSO DE FRESAMENTO

Entre as várias formas de fresamento apresentadas na literatura /4,43/, no presente se estudará somente o fresamento frontal com fresas de facear, por ser uma das formas de maior utilização na indústria. Na figura 11 /43/ são apresentadas as grandezas geométricas de contato, forças e o diagrama de velocidades.

No processo de fresamento, a espessura de cavaco varia ao longo da trajetória de contato entre a peça e a ferramenta, o que significa que a força de corte também é variável. Por esse motivo, usa-se trabalhar com valores médios de espessura de cavaco e força de corte no processo de fresamento.

A velocidade de corte determina-se de forma semelhante aos casos anteriores, usando a equação de Taylor generalizada e adaptada ao processo de fresamento. Nesse caso ela pode ser escrita da forma que segue /4,45/:

$$V_c = C \cdot f_z^E \cdot a_p^F \cdot T_f^G \cdot V_k^H \cdot \left(\frac{a_e}{D}\right)^I \quad [16]$$

A relação a_e/D é uma variável adicional em relação aos processos de torneamento e furação. Ela determinará o tempo de contato entre a peça e a ferramenta, por giro da fresa, conseqüentemente influenciará no desgaste da ferramenta. O tempo T_f pode ser substituído pelo comprimento de fresamento, comprimento este medido na direção do avanço.

a) Grandezas geométricas de contato:

A espessura de cavaco num determinado ponto sobre a superfície da peça pode ser determinada pela seguinte expressão /43/:

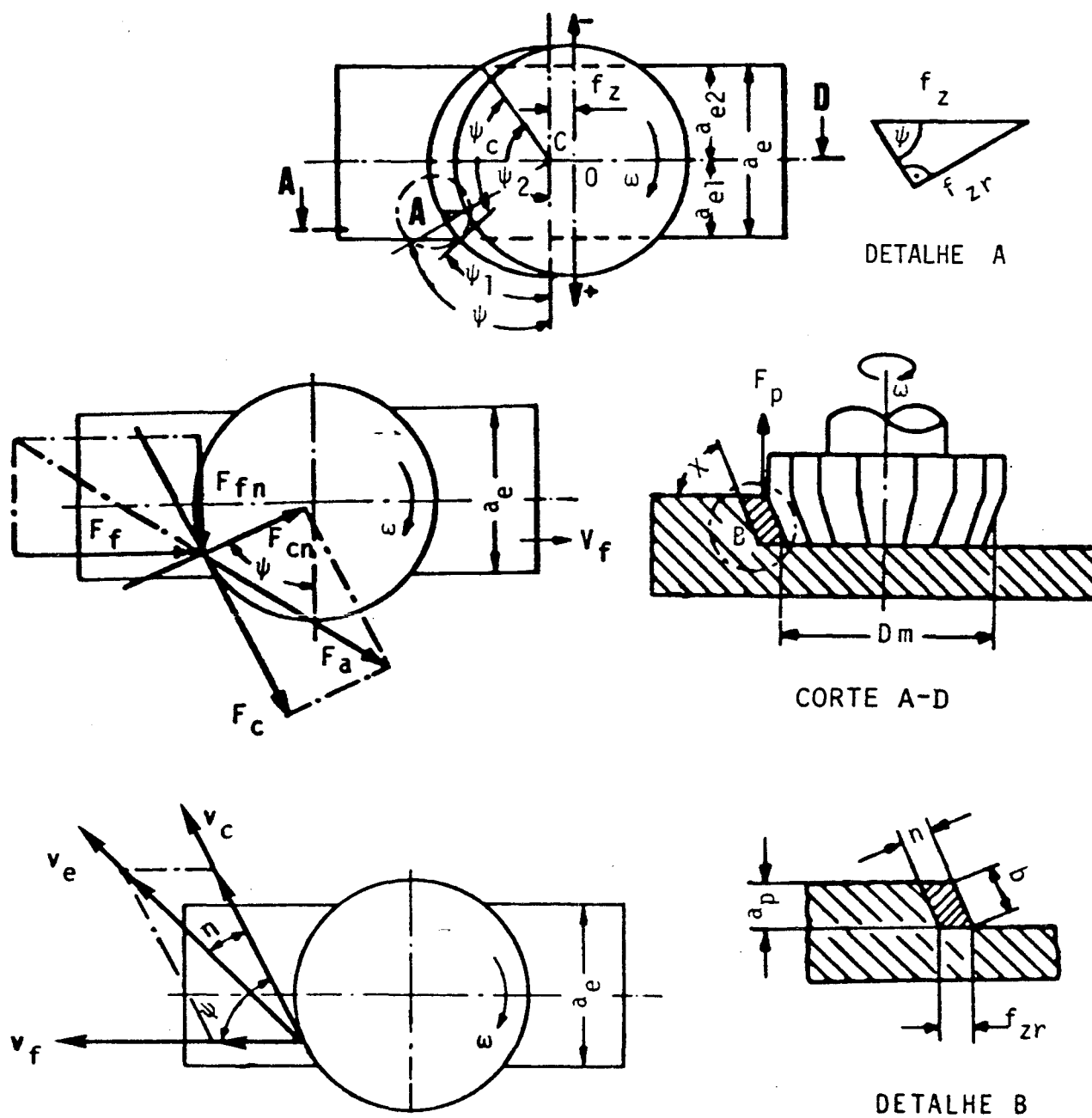


Fig. 11 - Grandezas geométricas de contato entre peça - ferramenta, forças e velocidades no processo de fresamento.

$$h = f_{zr} \cdot \text{sen} \chi \quad (16)$$

$$f_{zr} = f_z \cdot \text{sen} \psi \quad (17)$$

$$h = f_z \cdot \text{sen} \psi \cdot \text{sen} \chi \quad (18)$$

A espessura do cavaco h , portanto, é função do ângulo ψ , ou seja, da posição em que se encontra um determinado gume da fresa sobre a peça.

A fresa pode assumir quatro posições principais em relação à peça a ser usinada, conforme mostra a figura 12 /46/ proporcionando diferentes ângulos de contato ψ_c , entre a fresa e

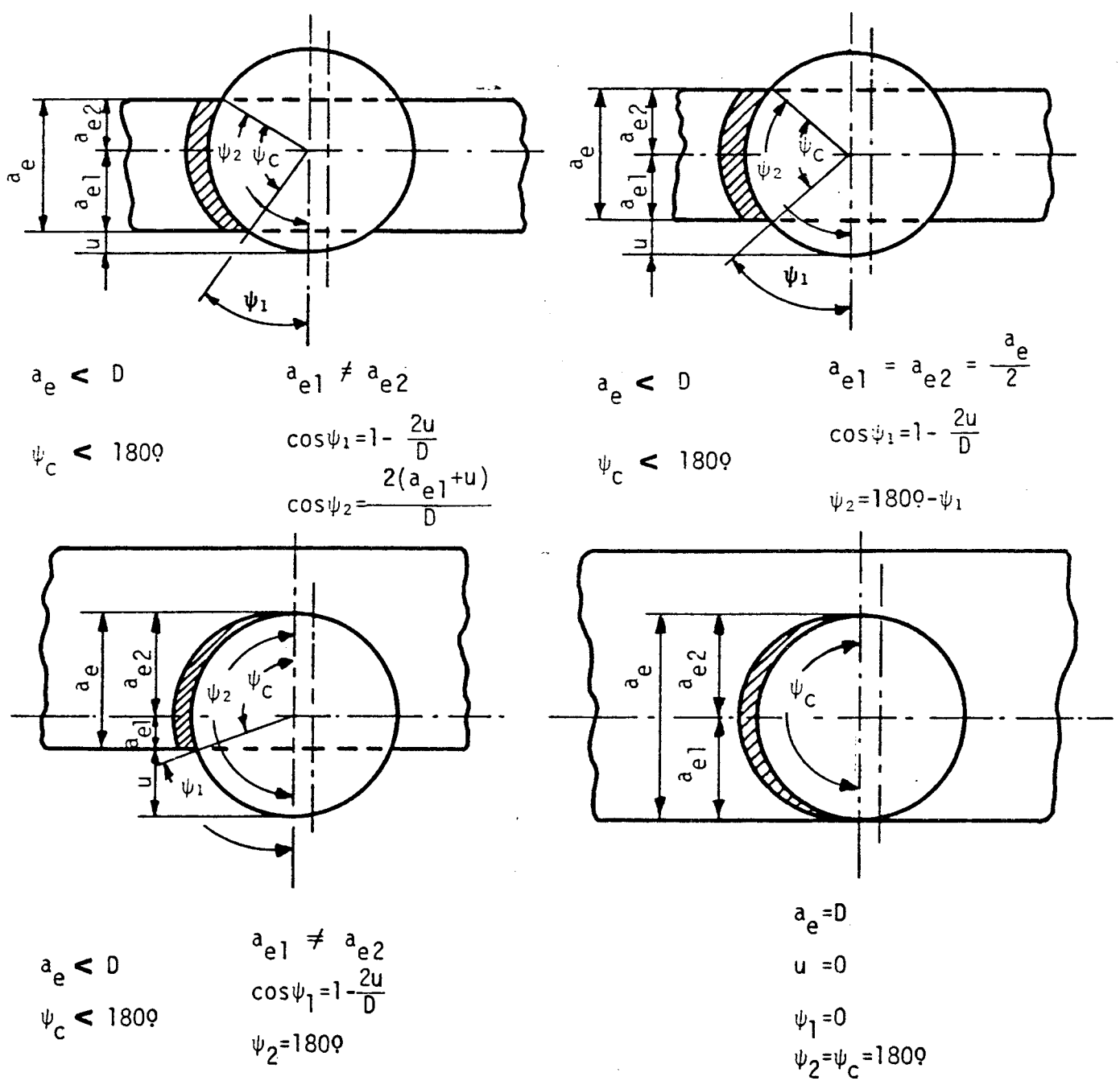


Fig. 12 - Fresamento frontal: relações de contato peça - ferramenta.

a peça, os quais podem ser calculados da forma como segue:

$$\psi_c = \psi_2 - \psi_1 \quad [19]$$

Para o cálculo da força de corte total e a correspondente potência de corte, necessita-se saber o número de gumes da fresa que estão em contato simultaneamente com a peça, o qual pode ser determinado pela expressão que segue:

$$Z_c = Z / \psi_c \cdot 360 \quad [20]$$

b) Força de corte:

Usando a equação de Kienzle, a força de corte que atua num gume da fresa numa posição qualquer, sobre a peça, é calculada da seguinte forma /46/:

$$F_{ciz} = b \cdot k_c \cdot f_z \cdot \text{sen} \psi \cdot \text{sen} \chi \quad [21]$$

A força de corte F_{ciz} é variável ao longo do ângulo de contato do gume com a peça, como mostra a figura 13 /46/.

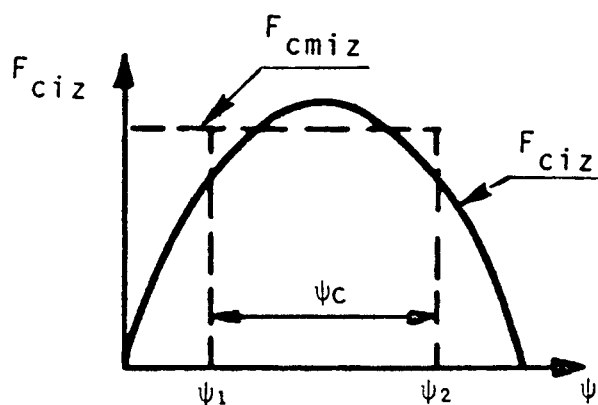


Fig. 13 - Variação da força de corte no fresamento em função do ângulo de contato.

O trabalho de corte referente a um gume, é então

calculado pela expressão /47/.

$$W_{ciz} = \int_{\psi_1}^{\psi_2} F_{ciz} \cdot d\psi \quad [22]$$

A força de corte média por gume F_{cmiz} , a qual corresponde à área sob a curva F_{ciz} , limitada por ψ_1 e ψ_2 pode ser determinada através do retângulo de dimensões F_{cmiz} e ψ_c , utilizando as seguintes expressões:

$$F_{cmiz} = W_{cmiz} / \bar{\psi}_c = b \cdot h_m \cdot k_c \quad [23]$$

$$F_{cmiz} = \frac{1}{\bar{\psi}_c} \int_{\psi_2}^{\psi_1} F_{ciz} \cdot d\psi \quad [24]$$

introduzindo a equação 18 na equação 23, tem-se:

$$F_{cmiz} = \frac{1}{\bar{\psi}_c} \cdot b \cdot f_z \cdot k_c \cdot \text{sen}\chi (\cos\psi_1 - \cos\psi_2) \quad [25]$$

fazendo: $k_c = f(\psi_c) = \text{constante}$, resulta:

$$F_{cmiz} = \frac{1}{\bar{\psi}_c} \cdot b \cdot f_z \cdot \text{sen}\chi \int_{\psi_2}^{\psi_1} k_c \cdot \text{sen}\psi \cdot d\psi \quad [26]$$

efetuando a transformação de $\bar{\psi}_c$, obtém-se através das equações 23 e 26, a seguinte expressão para a espessura média de cavaco:

$$\bar{\psi}_c = 2\pi \cdot \psi_c^0 / 360 \quad [27]$$

$$h_m = \frac{57,3}{\psi^0} \cdot f_z \cdot \text{sen}\chi (\cos\psi_1 - \cos\psi_2) \quad [28]$$

substituindo-se k_c por $k_{c1.1}$ e usando a espessura média de cavaco, obtém-se através da equação de Kienzle a seguinte expressão para a força de corte média, considerando os Z_c gumes da ferramenta simultaneamente em contato com a peça:

$$F_{cm} = b \cdot h_m^{(1-m_c)} \cdot k_{c1.1} \cdot Z_c \quad [29]$$

A potência de corte, no fresamento frontal, pode então ser determinada por intermédio da expressão 9.

II - BIBLIOGRAFIA

- /01/ DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. Fertigungsverfahren. DIN 8580, Juni, 1974.
- /02/ DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. Fertigungsverfahren Spanen. Einordnung, Unterteilung, Begriffe. DIN 8589, März, 1981/82. Teil 0 bis 11.
- /03/ BOEHS, L. Projeto de Tese de Doutorado. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, dez., 1987. 46 f.
- /04/ DAMMER, L. J. Ein Beitrag zur Prozessanalyse und Schnittwertvorgabe beim Messerkopfstirnfräsen. Aachen, WZL/RWTH, Jul., 1982. (Dissertation).
- /05/ SPUR, G. e STÖFELE, T. Handbuch der Fertigungstechnik. Spanen. München Wien, Carl Hanser Verlag, 1979. Band 3/1. 5915 S.
- /06/ KÖNIG, W. Fertigungsverfahren, Drehen, Fräsen, Bohren. Düsseldorf, VDI - Verlag, 1981. Band 1.
- /07/ PETERS, J. Cours de Fabrication Mécanique. Étude Physique et Technique de L'usinage. Louvain, Université Catholique de Louvain, Institut de Mécanique, 1970.
- /08/ MICHELETTI, G. F. Tecnología mecánica; mecanizado por arranque de viruta. Barcelona, Blume, 1980. 426 p.
- /09/ DAMMER, L. e LUNG, D. Vorgabe von Zerspandaten durch ein Informationszentrum für Schnittwerte. In: SYMPOSIUMS DER DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR METALLKUNDE UND DES LABORATORIUMS FÜR WERKZEUGMASCHINEN UND BETRIEBSLEHRE DER RWTH AACHEN, LEHRSTUHL FÜR TECHNOLOGIE DER FERTIGUNGSVERFAHREN IN BAD NAUHEIN 1980. Berichte. Oberursel, 1981. S. 75 - 96.
- /10/ BOEHS, L. Tecnologia de Usinagem do Ambiente NC. Apostila elaborada pela SOBRACON. São Paulo, fev., 1987.
- /11/ OPITZ, H. Moderne Produktionstechnik; Stand und Tendenzen. Essen, Verlag W. Girardet, 1970. 565 S.
- /12/ VICTOR, H.; MÖLLER, M. & OPFERKUCH, R. Zerspantechnik; Grundlagen, Schneidstoffe, Kühlschmierstoffe. Berlin, Springer - Verlag, 1982. Teil 1. 81 S.
- /13/ TRENT, E. M. Metal Cutting. 2. ed. London, Butterworths, 1984. 245 p.

- /14/ QUEIROZ, A. A. DE; BOEHS, L. & COUTINHO, S. DE A.L. Seleção de condições otimizadas de corte Software apoiado por Banco de Dados. In: SEMINÁRIO DE COMANDO NUMÉRICO NO BRASIL, 6 E JORNADA INTERNACIONAL DE AUTOMATIZAÇÃO INDUSTRIAL, 2, São Paulo, 12 a 14 ago., 1986. Anais ... São Paulo, SOBRACON, 1986. v. 1. p. 01.01 - 01.17.
- /15/ HITOMI, K. Manufacturing Systems Engineering. London, Taylor & Francis, 1979. 310 p.
- /16/ HOOF, M. Grundlagen der Schnittwertermittlung und Optimierung. In: INFOS ZERSpanungsSEMINAR. Aachen, WZL/RWTH, EXAPT, 1983.
- /17/ KÖNIG, W. & BÖTTLER, E. Oberflächenbeeinflussung durch spanende Fertigungsverfahren. Technische Mitteilungen, 73 (11/12): 883 - 893, dez., 1980.
- /18/ JACOBS, H. J.; JACOBS, E. & KOCHAN, D. Spanungsoptimierung: Verfahrensgestaltung durch technologische Optimierung in der Spannungstechnik. Berlin, VEB - Verlag Technik, 1977. 254 S.
- /19/ ZEILE, H. Stand des Optimierens beim Metallzerspanen. VDI-Z, 122 (13): 175 - 186, jul., 1980.
- /20/ GOMOLL, V. Einfluss des "Umfeldes" auf das Optimieren bei der Drehbearbeitung. VDI-Z, 126 (19): 719 - 725, 1984.
- /21/ KOCHAN, D. e JACOBS, H. J. Automatische Festwert und Stetige Optimierung Technologischer Arbeitsgrößen in der metallverarbeitenden Industrie. Fertigungstechnik und Betrieb, 20 (11): 682 a 688, 1970. Teil II.
- /22/ ZEILE, H. & MICHELBAACH, J. Bestimmung der ökonomischen Optimalität des Metallzerspanens. ZWF, 70 (5): 229 - 232, 1975.
- /23/ FERRARESI, D. Fundamento da usinagem dos metais 5. reimp. São Paulo, Edgar Blücher, v.1, 751 p.
- /24/ JACOBS, H. J. & GLUCH, S. Beitrag zur Weiterentwicklung der Prozessoptimierung in der Spanenden Fertigung. In: CONFERENCE INFERT 82: INDUSTRIELLE FERTIGUNG AUF DEM WEGE ZUR AUTOMATISIERUNG. 1 und 2 Sept., 1982. Dresden, Technischen Universität Dresden/DDR. (Vorträge der Fachsektion II). S.55-71.
- /25/ KÖNIG, W. Leistungssteigerungen bei spanenden und abtragenden Bearbeitungsverfahren. Essen, Verlag W. Girardet, 1971.
- /26/ WALLNER, G. & NADER, H. Optimale Schnittgeschwindigkeit senkt die Zerspanungskosten. Maschinenmarkt, Würzburg, (87): 1364 - 1367, 1981.

- /27/ ZEILE, H. & MICHELBAACH, J. Rechenbeispiel zur ökonomischen Optimalität des Metallzerspanens. ZWF. 70. (7): 377 - 382, 1975.
- /28/ SANDVICK - Coromant. Machining Data Turning. 1974.
- /29/ KÖNIG, W. Fertigungstechnik I - Teil 3, Aachen, WZL - RWTH, 1984. (Apostila da disciplina Processos de Fabricação I).
- /30/ SANDVICK - Coromant. Metal Cutting. 1980. v. 1.
- /31/ ZERSPANKRAFTMESSUNG Beim Drehen. LV-1. FBK, Universität Keiserslautern. (Apostila da disciplina de Processos de Fabricação).
- /32/ ESSEL, K. & HÄNSEL, W. Analyse der Standzeitgleichungen. Industrie Anzeiger, 94 (5): 92 - 93, 1972.
- /33/ FREY, S. R. Repetitorium: Standgrößen und - Kriterien. Beschreiben Sie den Temperatur - Standzeitversuch. Schweizer Maschinenmarkt. Fortsetzung aus SMM Nr. 24, (1982).
- /34/ MESQUITA, N. G. de M. Determinação dos Parâmetros da Fórmula Expandida de Taylor. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1980. 98 f. (Dissertação de Mestrado, em Engenharia Mecânica).
- /35/ SPUR, G.; LEONARDS, F. & SINNING, H. Rechnergeführte Prozessoptimierung bei der Drehbearbeitung. ZWF, 1 (8): 328-331. 1976.
- /36/ HOFF, M. Taschenrechnerunterstützte Schnittwerterermitlung beim Drehen und Bohren. In: INFOS ZERSPANUNGSSEMINAR. Aachen, WZL/RWTH, EXAPT, 1984.
- /37/ JACOBS, H. J. Datenbankprozessoren für Kenngrößen der Zerspanbarkeit zur automatischen Verfahrensoptimierung in der Abspantechnik. Fertigungstechnik und Betrieb, 21 (1): 31 -34, 1971.
- /38/ CONSALTER, L. A. & BOEHS, L. Metodologia de Ensaio Sistemáticos de usinagem. Publicação interna. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1985.
- /39/ KÖNIG, W.; ESSEL, K. & WITTE, LOTHAR. Specific Cutting force data for metal Cutting. Düsseldorf, Verlag Stahleisen MBH, 1982.
- /40/ ROCHA, A. S. da Determinação de um modelo de força de usinagem para a furação, do modelo de força de usinagem do torneamento. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, fev., 1985. 117 f. (Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica).

- /41/ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTION. Basic quantities in cutting and grinding - Part. 1. Geometry of the active part of cutting tools - General terms, reference systems, tool and working angles, chip breakers. ISO 3002/1, 1. 1982.
- /42/ TSCHÄTSCH, H. Taschenbuch spanende Formgebung. München Wien, Carl Hanser, 1980. 359 S.
- /43/ VICTOR, H.; MÖLLER, M. & OPFERKUCH, R. Zerspantechnik; Drehen, Hobeln und Stossen, Räumen, Bohren, Fräsen. Berlin, Springer - Verlag, 1983. Teil II, 92 S.
- /44/ KÖNIG, W. & EVERHEIM, W. INFOS Informationszentrum für Schnittwerte; Zerspanungshandbuch für das Bearbeitungsverfahren Bohren. Aachen, WZL, (19--). (30 S.)
- /45/ HEIDE, W. Erfahrungen Beim Einsatz der Richtwertmaschine Fräskopffräsen. In: CONFERENCE INFERT 82: INDUSTRIELLE FERTIGUNG AUF DEM WEGE ZUR AUTOMATISIERUNG. 1 und 2 Sept., 1982. Dresden, Technischen Universität Dresden/DDR. (Vorträge der Fachsektion II). S. 41 - 54.
- /46/ PREGER K. T. Zerspantechnik. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1965.
- /47/ DÖNISS, W.; NEUMANN, M. & SCHWARTZ, H. Fertigungstechnik; Trennen. 4. Auflage. Berlin, VEB - Verlag Technik, 1979. 4235.S.
- /48/ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Referências bibliográficas. NB66. Rio de Janeiro. 1978. (Norma utilizada para especificar as referências bibliográficas).

A N E X O S

A N E X O I

**DOCUMENTOS PADRONIZADOS PARA COLETAR DADOS
DA PRODUÇÃO E DA LITERATURA**

CINFUS	PROCESSO DE TORNEAMENTO	PG.Nº _____
	DADOS INDIVIDUAIS DA PRODUÇÃO E LITERATURA	REG.Nº _____
		GRUCON - UFSC

TÍTULO DO TRABALHO: _____

EMPRESA/BIBLIOGRAFIA: _____

RESP./AUTOR: _____

PAIS DE ORIGEM DAS INFO.: _____ DATA: _____

PEÇA

MATERIAL/ESPECIFICAÇÃO: _____

COMPOSIÇÃO QUÍMICA:

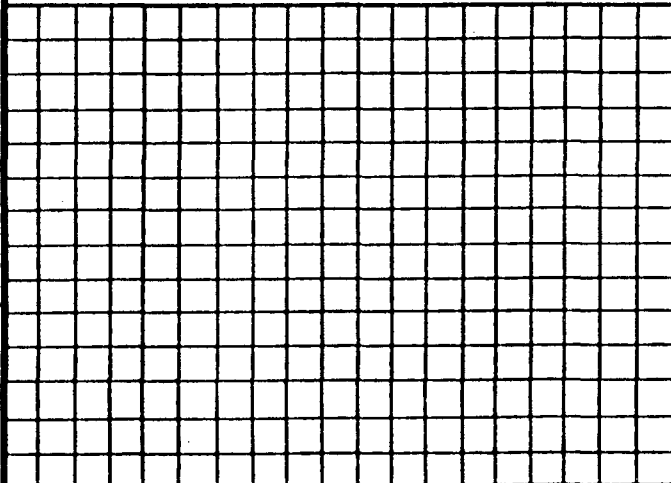
C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%	P%	S%		

TRAT. TÉRMICO: _____ EST. SUPERFÍCIE: _____

DUREZA: _____ RES. A TRACÇÃO: _____ N/mm²

FORMA DE FIXAÇÃO: _____ FABRICANTE: _____

CROQUI DA PEÇA - FORMA E DIMENSÕES



FERRAMENTA

TIPO: _____

MATERIAL: _____

CLASSE M.D.: _____

FORMA: _____

FABRICANTE: _____

SUORTE: _____

FABRICANTE: _____

ÂNGULOS:

α°	γ°	λ°	χ°

CONDIÇÕES DE USINAGEM - TEMPO - DESGASTE DA FERRAMENTA

$v_c =$ _____ m/min

$n =$ _____ rpm

$f =$ _____ mm

$v_f =$ _____ mm/min

$a_p =$ _____ mm

FLUIDO DE CORTE: _____

T _____ min

Nº PEÇAS _____

KT = _____ mm

KB = _____ mm

KM = _____ mm

VB = _____ mm

VB_{max} = _____ mm

T _____ min

Nº PEÇAS _____

KT = _____ mm

KB = _____ mm

KM = _____ mm

VB = _____ mm

VB_{max} = _____ mm

MÁQUINA - FERRAMENTA

TIPO: _____

FABRICANTE: _____

ANO DE FABRICAÇÃO: _____

POTÊNCIA INSTALADA: _____ Kw

RIGIDEZ: GRANDE

MEDIA

PEQUENA

OBSERVAÇÕES

CINFUS	PROCESSO DE TORNEAMENTO	PG.Nº _____																		
	DADOS DE ENSAIOS SISTEMÁTICOS DA LITERATURA	REG.Nº _____																		
	GRUCON - UFSC																			
TÍTULO DO TRABALHO: _____																				
EMPRESA/BIBLIOGRAFIA: _____																				
RESP./AUTOR: _____																				
PAIS DE ORIGEM DAS INFO: _____ DATA: _____																				
PEÇA																				
MATERIAL/ESPECIFICAÇÃO: _____																				
COMPOSIÇÃO QUÍMICA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">C%</td> <td style="width: 10%;">Si%</td> <td style="width: 10%;">Mn%</td> <td style="width: 10%;">Cr%</td> <td style="width: 10%;">Ni%</td> <td style="width: 10%;">P%</td> <td style="width: 10%;">S%</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%	P%	S%												
C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%	P%	S%														
TRAT. TÉRMICO: _____ EST. SUPERFÍCIE: _____																				
DUREZA: _____ RES. A TRAÇÃO: _____ N/mm ²																				
FORMA DE FIXAÇÃO: _____ FABRICANTE: _____																				
CROQUI DA PEÇA - FORMA E DIMENSÕES		FERRAMENTA																		
		TIPO: _____																		
		MATERIAL: _____																		
		CLASSE M.D.: _____																		
		FORMA: _____																		
		FABRICANTE: _____																		
		SUPORTE: _____																		
FABRICANTE: _____		ÂNGULOS:																		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">α°</td> <td style="width: 15%;">γ°</td> <td style="width: 15%;">λ°</td> <td style="width: 15%;">X°</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	α°	γ°	λ°	X°														
α°	γ°	λ°	X°																	
TAYLOR E INFORMAÇÕES DIVERSAS																				
$v_c = C_x f^E x a_p^F x T^G x V^K^H$																				
C = _____	$v_{c \max} =$ _____ m/min	$a_{p \min} =$ _____ mm																		
E = _____	$v_{c \min} =$ _____ m/min	$a_{p \max} =$ _____ mm																		
F = _____	$f_{\min} =$ _____ mm	$K_{c1.1} =$ _____ N/mm ²																		
G = _____	$f_{\max} =$ _____ mm	$1 - m_c =$ _____																		
H = _____																				
$T_{\min} =$ _____ min	FLUIDO DE CORTE: _____																			
$T_{\max} =$ _____ min	CRITÉRIO DE DESGASTE: _____ VALOR: _____ mm																			
MÁQUINA - FERRAMENTA	OBSERVAÇÕES																			
TIPO: _____																				
FABRICANTE: _____																				
ANO DE FABRICAÇÃO: _____																				
POTÊNCIA INSTALADA: _____ Kw																				
RIGIDEZ: GRANDE <input type="checkbox"/>																				
MÉDIA <input type="checkbox"/>																				
PEQUENA <input type="checkbox"/>																				

A N E X O I I

**RESULTADOS DE ENSAIOS SISTEMÁTICOS DE USINAGEM COM
RESPECTIVOS PROCESSAMENTOS VIA PROGRAMAS
DESCRITOS NA SEÇÃO 4.4.2**

FILEO TAYLOR TORN A1 VM/SP PUT8602+ SLU408 - NPC/UFSC

4= NUMERO DE VARIAVEIS DEPENDENTES (PROCESSO DE TORNEAMENTO)

VC	F	AP	T	VB
250.0000	0.2500	2.5000	2.0000	0.1000
250.0000	0.2500	2.5000	4.0000	0.1500
250.0000	0.2500	2.5000	8.0000	0.2000
250.0000	0.2500	2.5000	12.5000	0.2800
250.0000	0.2500	2.5000	16.0000	0.3100
250.0000	0.2500	2.5000	20.0000	0.4000
250.0000	0.2500	2.5000	25.0000	0.4800
224.0000	0.2500	2.5000	2.0000	0.0600
224.0000	0.2500	2.5000	4.0000	0.1100
224.0000	0.2500	2.5000	8.0000	0.1600
224.0000	0.2500	2.5000	12.5000	0.2000
224.0000	0.2500	2.5000	16.0000	0.2200
224.0000	0.2500	2.5000	20.0000	0.2500
224.0000	0.2500	2.5000	25.0000	0.3000
224.0000	0.2500	2.5000	31.5000	0.3800
224.0000	0.2500	2.5000	40.0000	0.5300
224.0000	0.3000	2.5000	2.0000	0.0500
224.0000	0.3000	2.5000	4.0000	0.1300
224.0000	0.3000	2.5000	8.0000	0.1800
224.0000	0.3000	2.5000	12.5000	0.2200
224.0000	0.3000	2.5000	16.0000	0.2500
224.0000	0.3000	2.5000	20.0000	0.2800
224.0000	0.3000	2.5000	25.0000	0.3000
200.0000	0.2500	2.5000	2.0000	0.0700
200.0000	0.2500	2.5000	4.0000	0.0800
200.0000	0.2500	2.5000	8.0000	0.1000
200.0000	0.2500	2.5000	12.5000	0.1600
200.0000	0.2500	2.5000	16.0000	0.1800
200.0000	0.2500	2.5000	20.0000	0.2200
200.0000	0.2500	2.5000	25.0000	0.2700
200.0000	0.2500	2.5000	31.5000	0.3100
200.0000	0.2500	2.5000	40.0000	0.3800
200.0000	0.4000	2.5000	2.0000	0.0600
200.0000	0.4000	2.5000	4.0000	0.1000
200.0000	0.4000	2.5000	8.0000	0.1300
200.0000	0.4000	2.5000	12.5000	0.1800
200.0000	0.4000	2.5000	16.0000	0.2100

VARIAVEL DEPENDENTE C = 790.5820380851

VARIAVEIS INDEPENDENTES
 E = 0.0089593227
 F = -0.2448358741
 G = -0.2174861861
 H = 0.3296712568

COEFICIENTE DE DETERMINACAO (R**2) ==, 0.8186853230
 COEFICIENTE DE MULTIPLA CORRELACAO ==, 0.9048123137
 ESTIMATIVA DO ERRO PADRAO ==, 0.0705713682

FILEO TAYLOR DADOS A1 VM/SP PUT8602+ SLU408 - NPC/UFSC

3 = NUMERO DE VARIAVEIS DEPENDENTES (PROCESSO DE FURACAO)

VC	F	L	VB
31.5000	0.1600	860.0000	0.1200
31.5000	0.1600	1880.0000	0.1300
31.5000	0.1600	5000.0000	0.2150
31.5000	0.1600	6700.0000	0.2250
31.5000	0.1600	8100.0000	0.2350
31.5000	0.2000	1000.0000	0.1850
31.5000	0.2000	2000.0000	0.2150
31.5000	0.2000	3960.0000	0.3100
31.5000	0.2000	4920.0000	0.4400
31.5000	0.3100	980.0000	0.3750
31.5000	0.3100	1960.0000	0.6250
31.5000	0.3100	2920.0000	1.0500
25.0000	0.2500	1000.0000	0.1700
25.0000	0.2500	1980.0000	0.2300
25.0000	0.2500	2960.0000	0.2800
25.0000	0.2500	4340.0000	0.2850
25.0000	0.2500	5300.0000	0.3000
25.0000	0.2500	6260.0000	0.3300
25.0000	0.2500	7300.0000	0.3400
25.0000	0.2500	8780.0000	0.3600
25.0000	0.2500	9300.0000	0.3750
25.0000	0.2500	10240.0000	0.3950
25.0000	0.2500	11200.0000	0.4200
40.0000	0.2500	1000.0000	0.3900
40.0000	0.2500	1960.0000	0.7050
40.0000	0.2500	2480.0000	1.3900
40.0000	0.2000	960.0000	0.1550
40.0000	0.2000	2160.0000	0.3300
40.0000	0.2000	3120.0000	0.3550
40.0000	0.2000	4560.0000	0.4750
40.0000	0.2000	6000.0000	0.5350
40.0000	0.2000	7848.0000	0.6000

VARIAVEL DEPENDENTE C = 43.2154414846

VARIAVEIS INDEPENDENTES
 E = -0.8680532011
 G = -0.1564924502
 H = 0.3356047136

COEFICIENTE DE DETERMINACAO (R**2) ==, 0.7966755599
 COEFICIENTE DE MULTIPLA CORRELACAO ==, 0.8925668378
 ESTIMATIVA DO ERRO PADRAO ==, 0.0892260334

FILEO TAYLOR FRES A1 VM/SP PUT8602+ SLU408 - NPC/UFSC

5 = NUMERO DE VARIAVEIS DEPENDENTES, (PROCESSO DE FRESAMENTO)

VC	FZ	AP	L	VB	AE/C
98.5000	0.2800	2.5000	17.8100	0.0160	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	36.6300	0.0290	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	53.4500	0.0380	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	106.9000	0.0570	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	124.7200	0.0660	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	142.5400	0.0700	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	160.3600	0.0790	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	178.1800	0.0850	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	196.0000	0.0900	0.7500
98.5000	0.2800	2.5000	213.8000	0.1000	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	28.4000	0.0270	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	42.6000	0.0430	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	56.8100	0.0570	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	71.0100	0.0700	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	85.2100	0.0840	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	92.3100	0.0890	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	99.4200	0.0900	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	113.6200	0.0950	0.7500
98.5000	0.3500	2.5000	127.8200	0.1000	0.7500
78.9000	0.2800	2.5000	159.5300	0.0400	0.7500
78.9000	0.2800	2.5000	182.3200	0.0490	0.7500
78.9000	0.2800	2.5000	205.1100	0.0530	0.7500
78.9000	0.2800	2.5000	227.9000	0.0680	0.7500
78.9000	0.2800	2.5000	250.6900	0.0680	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	21.1800	0.0150	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	28.2400	0.0230	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	49.4200	0.0500	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	63.5400	0.0600	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	70.6000	0.0610	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	77.6600	0.0680	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	84.7200	0.0750	0.7500
122.0800	0.2800	2.5000	98.8400	0.1000	0.7500
98.5000	0.2800	4.0000	26.7200	0.0240	0.7500
98.5000	0.2800	4.0000	35.6300	0.0330	0.7500
98.5000	0.2800	4.0000	44.5400	0.0410	0.7500
98.5000	0.2800	4.0000	71.2700	0.0620	0.7500

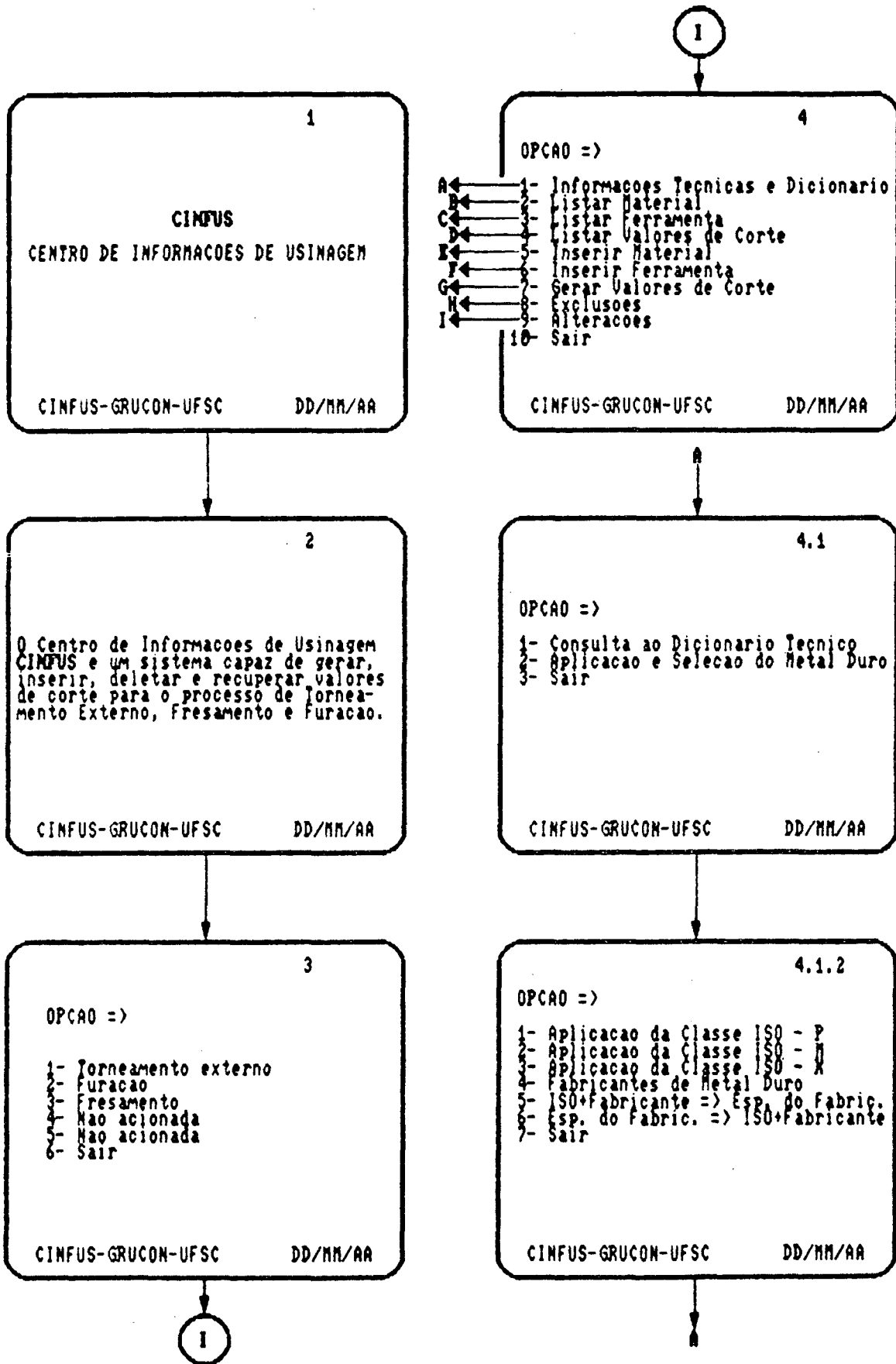
VARIAVEL DBPENDENTE C = 502.9748452059

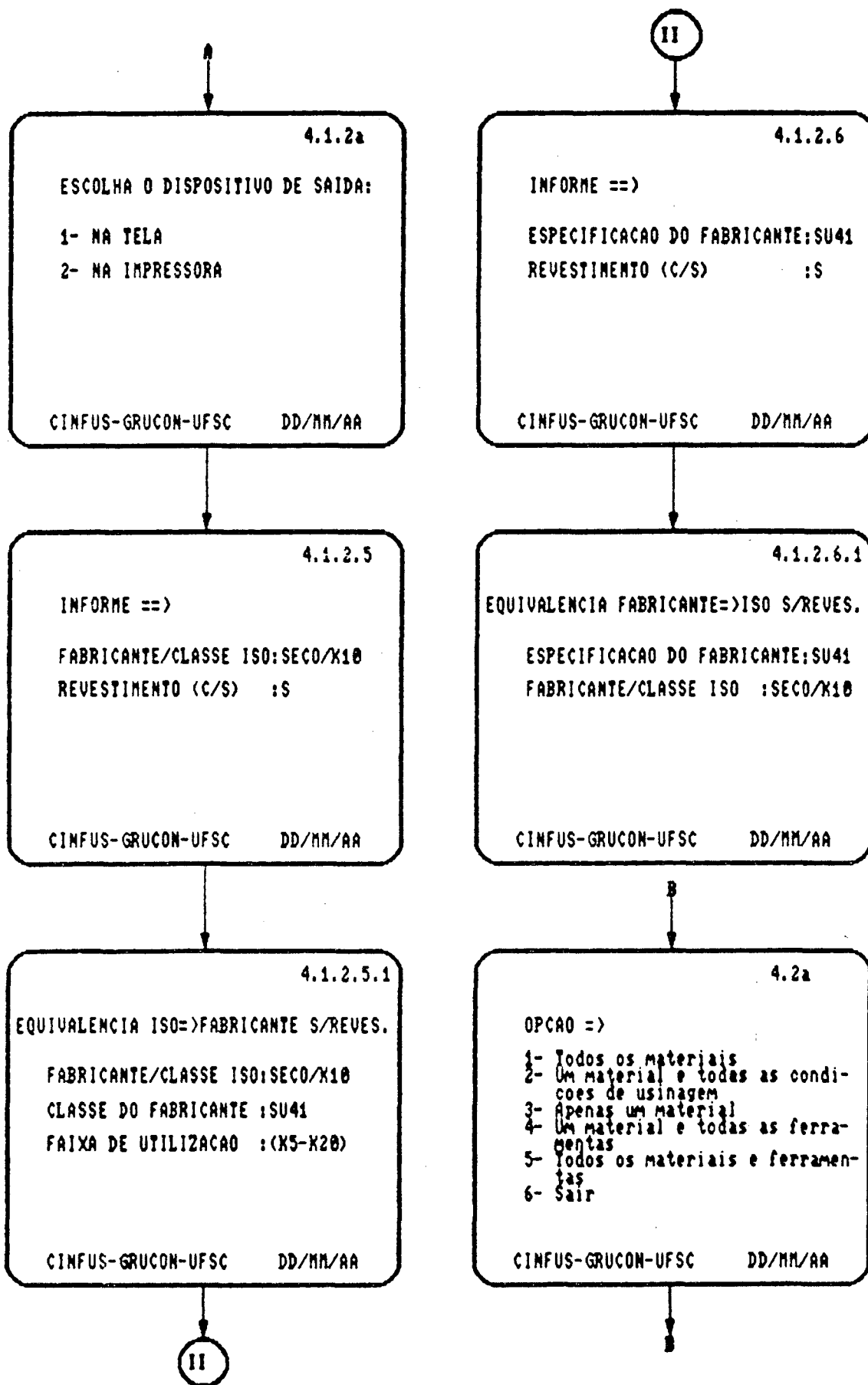
VARIAVEIS INDEPENDENTES
 E = -0.8768548221
 F = -0.3223104370
 G = -0.3185020252
 H = 0.3539742584
 I = -0.2161328567

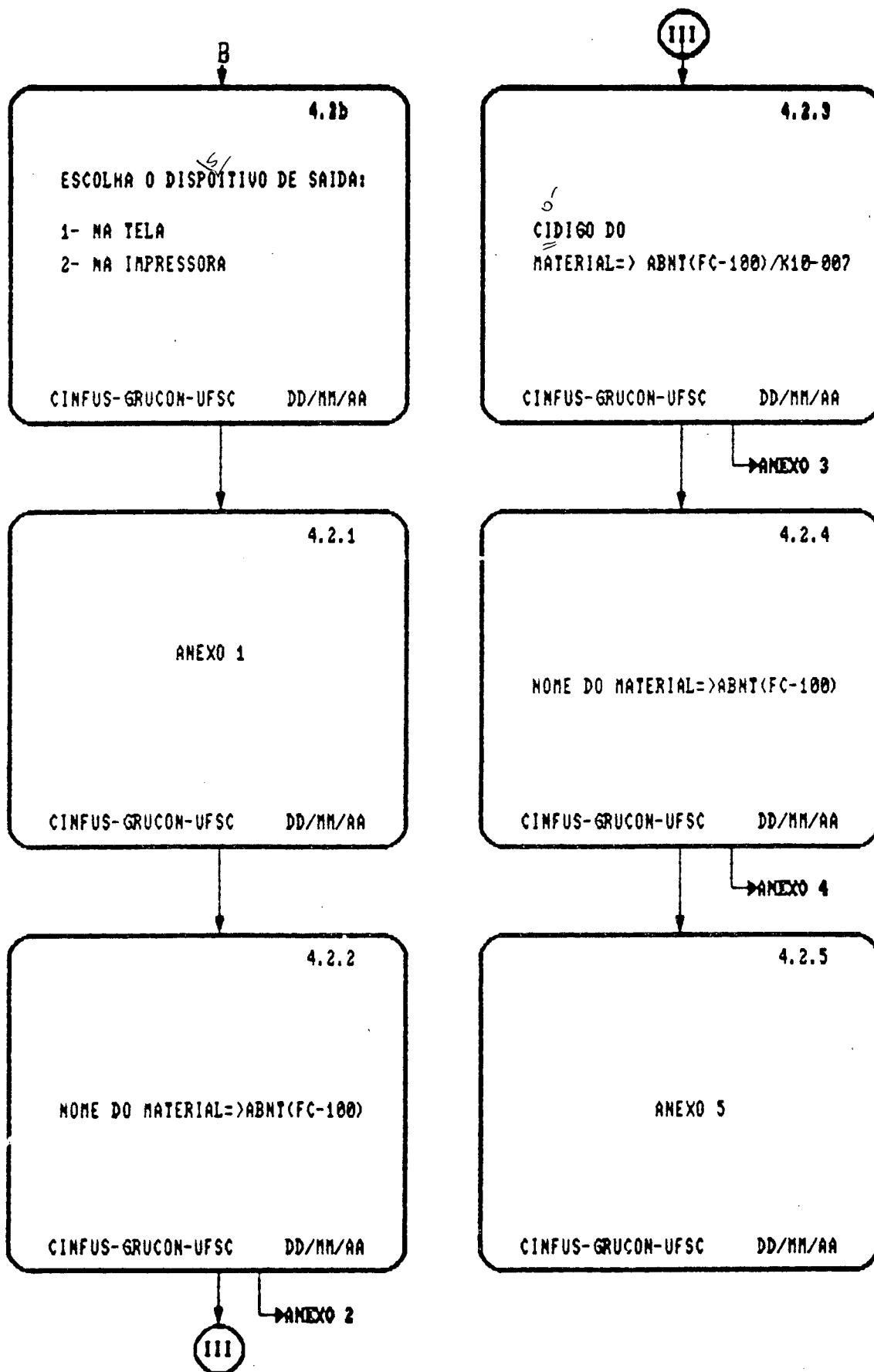
COEFICIENTE DE DETERMINACAO (R**2) ==, 0.8402294443
 COEFICIENTE DE MULTIPLA CORRELACAO ==, 0.9166403026
 ESTIMATIVA DO ERRO PADRAO ==, 0.0459363225

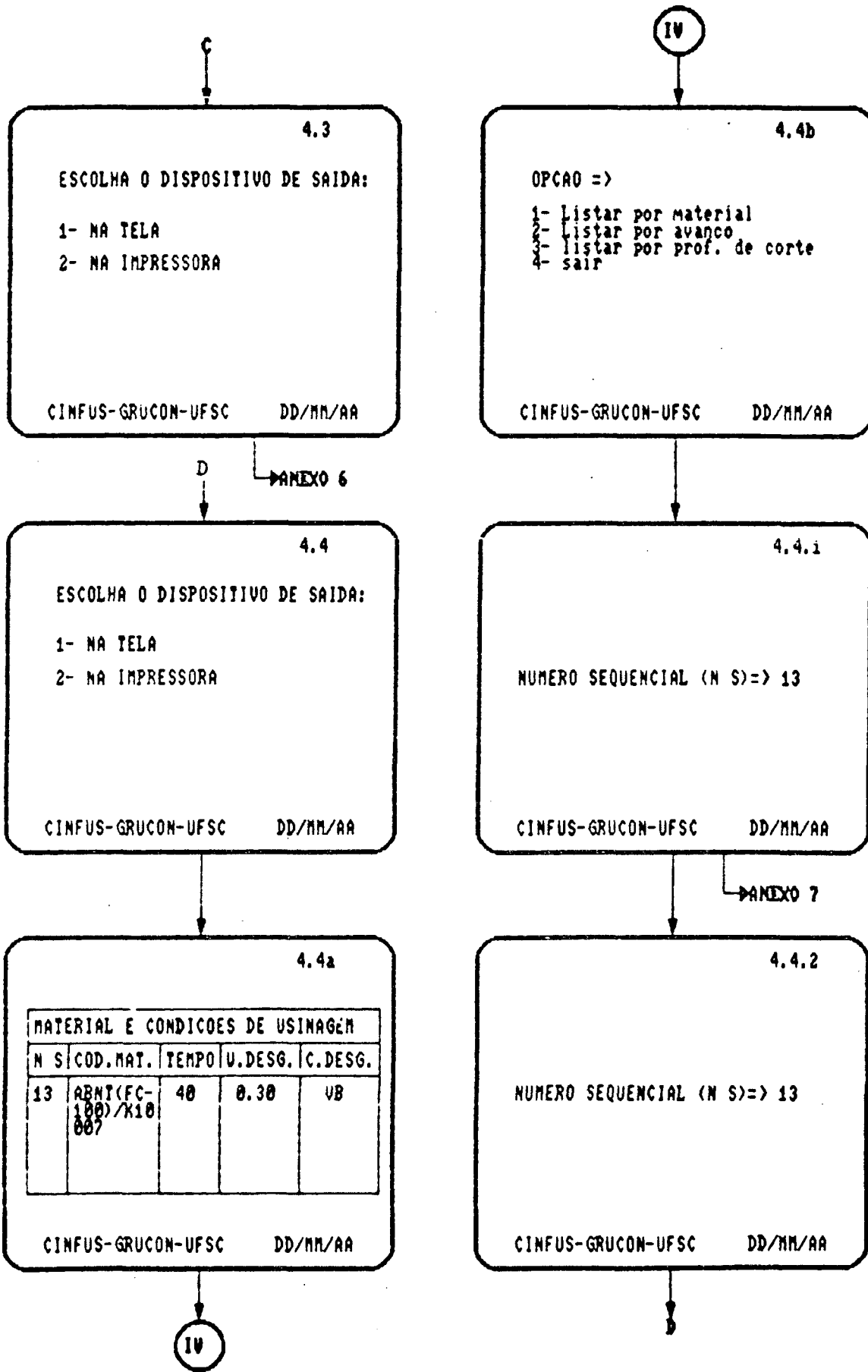
A N E X O I I I

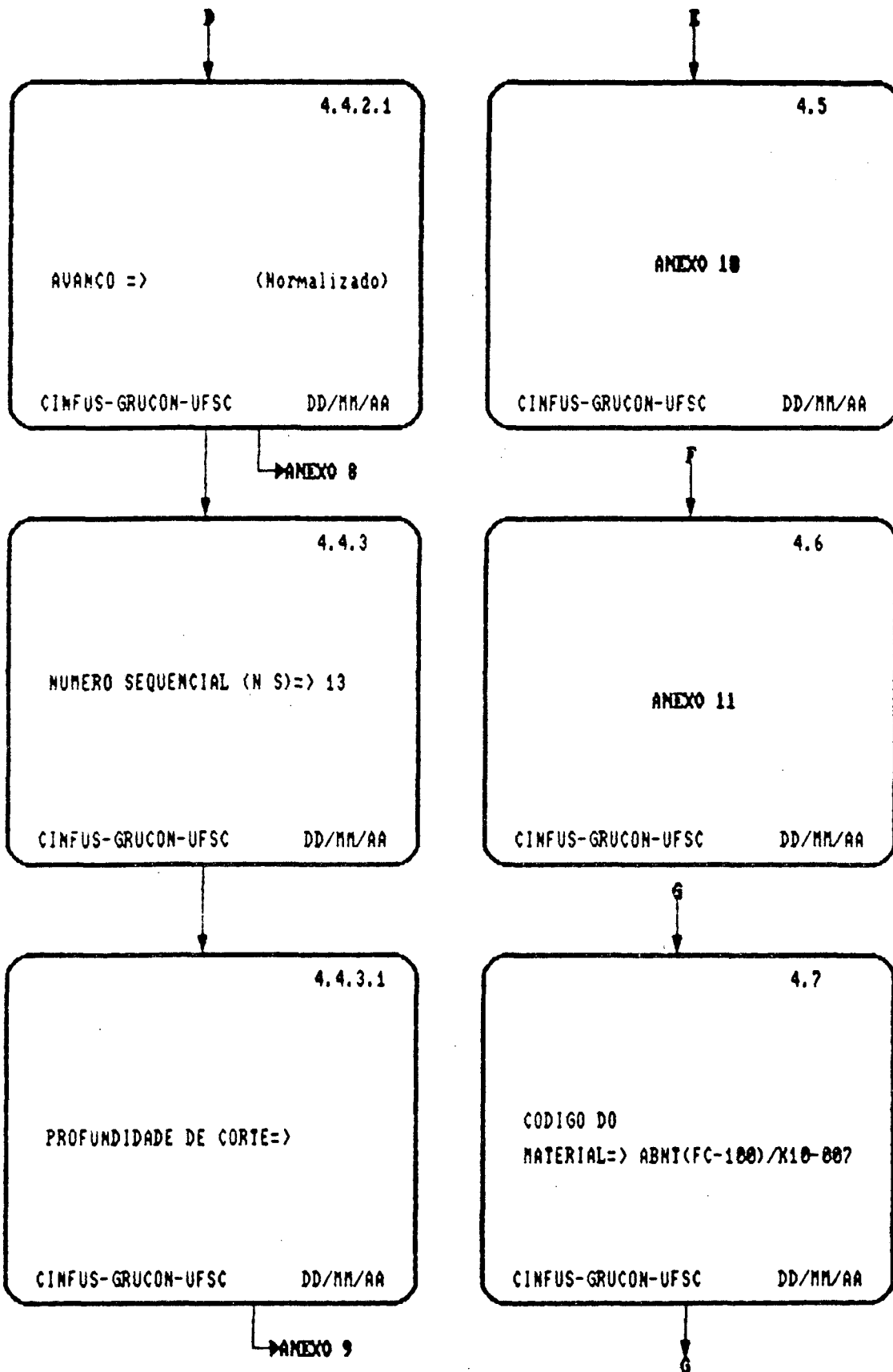
"LAY-OUT" DE TELAS DE VÍDEO E EXEMPLOS DE ARQUIVOS
DE DADOS DO SISTEMA DE BANCO DE DADOS
IMPLEMENTAÇÃO EM MICROCOMPUTADOR

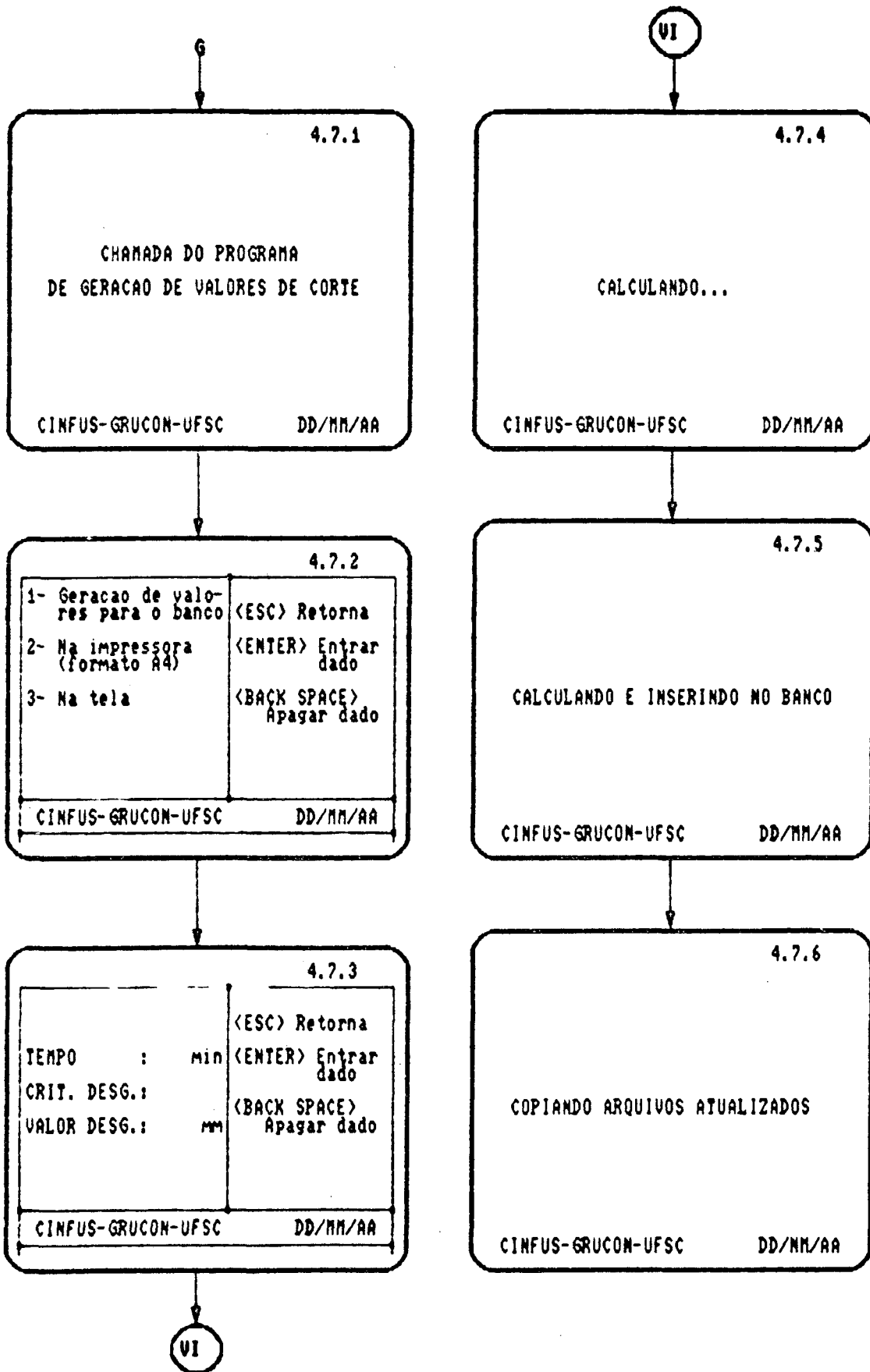


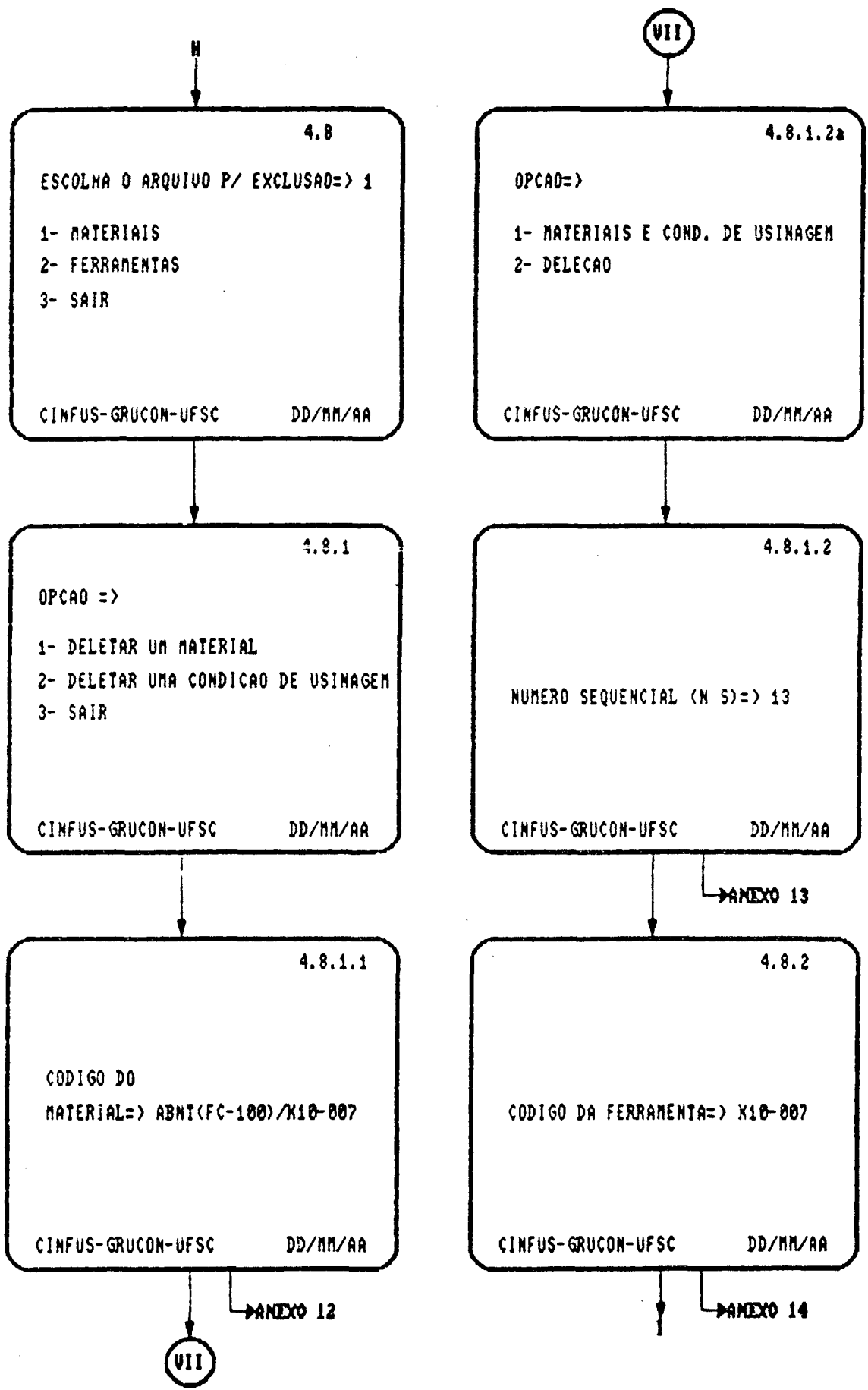


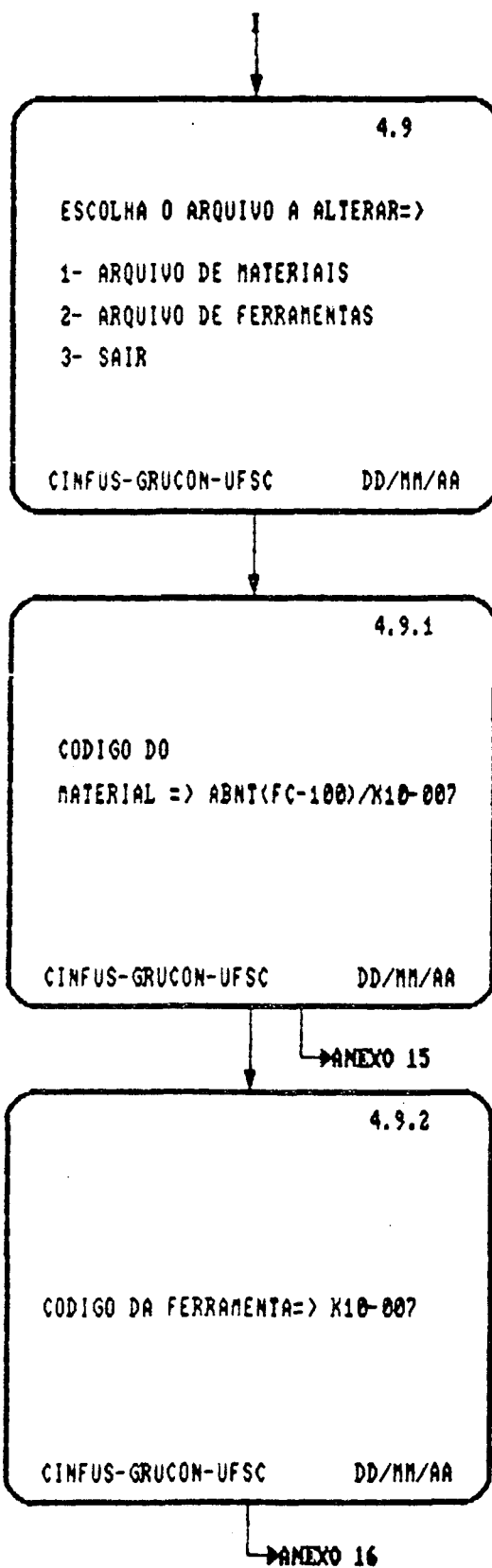












ANEXO 1

*** MATERIAIS E CONDICÕES TECNOLÓGICAS ***
REGISTRO 43

MATERIAL: ABNT(FG-100)

FERRAMENTA: K10

FABRICANTE: WEG S.A.

DUREZA: 82 HB

RESISTÊNCIA TRACAO: 79 N/MM²

TRATAMENTO TÉRMICO: EST.FORN.

SUPERFÍCIE: PRE-USINADA

C= 529.10

E= -0.181

F= -0.144

G= -0.199

H= 0.299

KC1.1= 664.0

1-MC= 0.75

VCMAX= 250.0

VCMIN= 140.0

REND.DA MAQUINA= 0.80

OBSERVAÇÃO:

FONTE DOS DADOS: c

PRESSIONE "F" FINALIZAR OU QUALQUER TECLA...
CINFUS - GRUCON - UFSC 08/04/88

ANEXO 2

*** MATERIAL, FERRAMENTA E COND. DE USINAGEM ***

MATERIAL: ABNT(FG-100)

FERRAMENTA: K10-007

TEMPO DE VIDA: 40.0

DESGASTE: 0.30

CRITÉRIO DE DESGASTE: VB

PRESSIONE <ENTER> PARA CONTINUAR...

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88

ANEXO 3

*** MATERIAIS E CONDICÖES TECNOLOGICAS ***
REGISTRO 1

MATERIAL: ABNT(FC-100)

FERRAMENTA: K10

FABRICANTE: WEG S.A.

DUREZA: 82 HB

RESISTENCIA TRACAO: 79 N/MM2

TRATAMENTO TERMICO: EST.FORN.

SUPERFICIE: PRE-USINADA

C= 529.10

E= -0.181

F= -0.144

G= -0.199

H= 0.299

KC1.1= 664.0

1-MC= 0.75

VCMAX= 250.0

VCMIN= 140.0

REND.DA MAQUINA= 0.80

OBSERVACAO:

FONTE DOS DADOS: c

PRESSIONE <ENTER> PARA RETORNAR...

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88

ANEXO 4

*** MATERIAL E FERRAMENTAS ***

MATERIAL: ABNT(FC-100)

FERRAMENTAS: K10

TECLE <ENTER> PARA CONTINUAR...

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88

ANEXO 5

```

*****
*                LISTAGEM DE MATERIAIS E FERRAMENTAS                *
*****
*                *                FERRAMENTA                *
* MATERIAL DA PECA *                *                *
*                * CLASSE DE M.D. * FORMA E DIMEN. OA PAST.*
*****
* FC-200(GG-20)   * K10-001           * SPGN-120412   *
* FC-150(GG-15)   * K10-002           * SPUN-150412   *
* FC-260(GC-28)   * H1-GC315-003      * SPUN-120308   *
* FC-400(GG-40)   * TH10-004          * SPUN-150412   *
* FC-250(GG-25)   * H1-GC315-005      * SPUN-120308   *
* GG-30(FC-300)   * TH10-004          * SPUN-150412   *
* GG-35(FC-350)   * K10                * SPUN-120412   *
* GTW-45           * K10-002           * SPUN-150412   *
*****

```

ANEXO 6

*** F E R R A M E N T A S ***
REGISTRO 1

CODIGO: K10-001
 OUTRA DENOMINACAO: K10
 CLASSE: K10
 TIPO DE REVESTIMENTO: SEM
 FORMA: SPGN-120412
 FABRICANTE: WIDIA
 ANGULO DE POSICAO= 75
 ANGULO DE INCIDENCIA= 6
 RAIO= 1.2
 DIAMETRO= 12
 OBSERVACAO=

PRESSIONE "F" FINALIZAR OU QUALQUER TECLA...

ANEXO 7

```

*****
*   ***DADOS DO MATERIAL ABNT(FC-100)/K10-007   ***   *
*****
*               AVANCO= 0.056 mm               *
*****
*   AP   *   VC   *   FC   *   PC   *   PA   *   V   *
* (mm)  * (m/min) * (N )  * (Kw)  * (Kw)  * (cm3/min) *
*****
*   1.0 *   250.0 *   77.1 *   0.3 *   0.4 *   14.0 *
*   2.0 *   250.0 *  154.2 *   0.6 *   0.8 *   28.0 *
*   3.0 *   250.0 *  231.3 *   1.0 *   1.2 *   42.0 *
*   4.0 *   244.5 *  308.4 *   1.3 *   1.6 *   54.8 *
*   5.0 *   236.8 *  385.5 *   1.5 *   1.9 *   66.3 *
*   6.0 *   230.6 *  462.6 *   1.8 *   2.2 *   77.5 *
*   7.0 *   225.6 *  539.7 *   2.0 *   2.5 *   88.4 *
*   8.0 *   221.3 *  616.8 *   2.3 *   2.8 *   99.1 *
*****

```

ANEXO 8

```

*****
*   *** DADOS DO MATERIAL ABNT(FC-100)/K10-007   ***   *
*****
*               AVANCO= 0.200 mm               *
*****
*   AP   *   VC   *   FC   *   PC   *   PA   *   V   *
* (mm)  * (m/min) * (N )  * (Kw)  * (Kw)  * (cm3/min) *
*****
*   1.0 *   237.1 *   200.3 *   0.8 *   1.0 *   47.4 *
*   2.0 *   214.6 *   400.6 *   1.4 *   1.8 *   85.8 *
*   3.0 *   202.4 *   600.9 *   2.0 *   2.5 *  121.4 *
*   4.0 *   194.2 *   801.2 *   2.6 *   3.2 *  155.3 *
*   5.0 *   188.0 *  1001.8 *   3.1 *   3.9 *  188.0 *
*   6.0 *   183.2 *  1201.9 *   3.7 *   4.6 *  219.8 *
*   7.0 *   179.1 *  1402.2 *   4.2 *   5.2 *  250.8 *
*   8.0 *   175.7 *  1602.5 *   4.7 *   5.9 *  281.2 *
*****

```

ANEXO 9

```

*****
**** DADOS DO MATERIAL ABNT(FC-100)/K10-007 ****
*****
**** AVANCO= 0.200 mm *PROF. CORTE= 4.0 mm ****
*****
* VC * FC * PC * PA * V *
* (m/min) * (N) * (Kw) * (Kw) * (cm3/min) *
*****
* 244.5 * 308.4 * 1.3 * 1.6 * 54.8 *
*****

```

ANEXO 10

*** MATERIAIS E CONDIÇÕES TECNOLÓGICAS ***

CODIGO (MATERIAL/FER.):

COOIGO DA FERRAMENTA:

MATERIAL:

FABRICANTE:

DUREZA:

RESISTENCIA TRACAO:

TRATAMENTO TERMICO:

SUPERFICIE:

C=

E=

F=

G=

H=

KC1.1=

1-MC=

VCMAX=

VCMIN=

REND. DA MAQUINA=

OBSERVACAO:

FONTE DOS DADOS(C/L/P):

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88

ANEXO 11

*** F E R R A M E N T A S ***

CODIGO:
 OUTRA DENOMINACAO:
 CLASSE:
 TIPO DE REVESTIMENTO:
 FORMA:
 FABRICANTE:
 ANGULO DE POSICAO=
 ANGULO DE INCIDENCIA=
 RAI0=
 DIAMETRO=
 OBSERVACAO=

ANEXO 12

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88

**** REGISTRO A SER DELETADO ****

MATERIAL: ABNT(FC-100)
 FERRAMENTA: K10
 FABRICANTE: WEG S.A.
 DUREZA: 82 HB
 RESISTENCIA TRACAO: 79 N/MM2
 TRATAMENTO TERMICO: EST.FORN.
 SUPERFIC'E: PRE-USINADA
 C= 529.10
 E= -0.181
 F= -0.144
 G= -0.199
 H= 0.299
 KC1.1= 664.0
 1-MC= 0.75
 VCMAX= 250.0
 VCMIN= 140.0
 REND.DA MAQUINA= 0.80
 OBSERVACAO:
 FONTE DOS DADOS: c
 DESEJA REALMENTE DELETA-LO (S/N)?
 IMPORTANTE: Todos os valores de corte referentes a esta condicao
 tambem serao deletados!!!!

ANEXO 13

*** CONDIGOES A SEREM DELETADAS ***

MATERIAL : ABNT(FC-100)/K10-007
TEMPO DE VIDA DA FERRAMENTA : 40.0 (min)
CRITERIO DE DESGASTE : V8
VALOR DO DESGASTE : 0.30 (mm)

DESEJA REALMENTE DELETAR (S/N)?

IMPORTANTE: Todos os valores de corte referentes a esta condicao
tambem serao deletados!!!

ANEXO 14

*** REGISTRO A SER DELETADO ***

CODIGO: K10-007
OUTRA DENOMINACAO: METAL DURO
CLASSE: K10
TIPO DE REVESTIMENTO: SEM
FORMA: SNUN 120408
FABRICANTE: BRASSINTER
ANGULO DE POSICAO= 75
ANGULO DE INCIDENCIA= 5
RAIO= 0.8
DIAMETRO= 12
OBSERVACAO=

DESEJA REALMENTE DELETA-LO (S/N)?

ANEXO 15

*** MATERIAIS E CONDICÖES TECNOLOGICAS ***

CODIGO (MATERIAL/FER.): ABNT(FC-100)/K10-007

CODIGO DA FERRAMENTA: K10

MATERIAL: ABNT(FC-100)

FABRICANTE: WEG S.A.

DUREZA: 82 HB

RESISTENCIA TRACAO: 79 N/MM2

TRATAMENTO TERMICO: EST.FORN.

SUPERFICIE: PRE-USINAOA

C= 529.10

E= -0.181

F= -0.144

G= -0.199

H= 0.299

KC1.1= 664.0

1-MC= 0.75

VCMAX= 250.0

VCMIN= 140.0

REND.OA MAQUINA= 0.80

OBSERVACAO:

FONTE DOS DADOS(C/L/P): c

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88

ANEXO 16

*** F E R R A M E N T A S ***

CODIGO: K10-007

OUTRA DENOMINACAO: METAL DURO

CLASSE: K10

TIPO DE REVESTIMENTO: SEM

FORMA: SNUN 120408

FABRICANTE: BRASSINTER

ANGULO DE POSICAO= 75

ANGULO DE INCIDENCIA= 5

RAIO= 0.8

DIAMETRO= 12

OBSERVACAO=

CINFUS - GRUCON - UFSC

08/04/88