

I.
199.9.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

7/8

APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE BANCO DE DADOS EM TECNOLOGIA DA USINAGEM

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Marcos Valério
Ribeiro E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 20/04/94.

ORIENTADOR




Autor: Marcos Valério Ribeiro

Orientador : Prof. Dr. Nivaldo Lemos Cupini

Campinas, 20 de abril de 1994.

Tese de mestrado defendida junto ao Departamento de Engenharia de Fabricação para a
obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica



UNIVERSIDADE: BC
UNICAMP
R 354/a
28033
667/96
0 x
R\$ 11,00
23/07/96
C.M.0009039.3-9

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

R354a Ribeiro, Marcos Valério
 Aplicação de conceitos de banco de dados em
 tecnologia da usinagem / Marcos Valério Ribeiro.--
 Campinas, SP: [s.n.], 1994.

 Orientador: Nivaldo Lemos Cupini.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

 1. Usinagem. 2. Banco de dados. 3. Engenharia de
 produção. 4. Indústria - Automação. I. Cupini, Nivaldo
 Lemos. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade
 de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

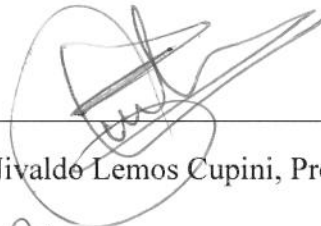
Tese de: Mestrado

Título da Tese: Aplicação de conceitos de banco de dados em tecnologia da usinagem

Autor: Marcos Valério Ribeiro

Orientador : Prof. Dr. Nivaldo Lemos Cupini

Aprovado por



Prof. Dr. Nivaldo Lemos Cupini, Presidente



Prof. Dr. Abelardo Alves de Queiroz - UFSC



Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima - UNICAMP

Campinas, 20 de abril de 1994.

À minha mulher Valéria,
meu primeiro incentivo

"Antes de cada passo na técnica, os homens
deveriam avançar três passos na ética"

Friedrich Hardenberg (1772-1801), poeta alemão

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a DEUS, o engenheiro do Universo, pois sem seu consentimento nada se faz.

Aos meus pais, Alcides e Santina, meus primeiros mestres, pelo amor e dedicação.

À minha mulher, Valéria, pelo apoio, pela paciência e principalmente pelo **amor**.

Ao Prof. Dr. Nivaldo L. Cupini, pela orientação, a amizade e o incentivo.

À Faculdade de Engenharia Química de Lorena - FAENQUIL; pelo apoio e incentivo à realização desta tese de mestrado.

Aos professores do DEF: Agostinho, Anselmo, Batocchio, Maria Helena, Olívio, Paulo Lima, Ronaldo e Roseana; pela formação, pela informação e pela colaboração.

Aos amigos "do corredor": Almir, Andréa, Breda, Carlão, Cau, Dalberto, Deoclécio, Duran, Durval, Édimo, Flamarion, Gino, Hipólito, João, Marcão, Marcelo, Osiris, Picinato, Thibes e Valtair; pela amizade, pelo apoio e pela solidariedade.

Ao pessoal de *Guará*: Everton, Madureira, Mauro Hugo, Robinson e Zé Luz; pelo incentivo e pela amizade.

Aos funcionários do DEF: Ari, Cristina, Felipe, Luciene, Marília, Mirão e Niderauer; pela amizade e pela colaboração.

Ao aluno de iniciação científica, junto ao Departamento, Marcelo Y. Takami, pelo apoio computacional.

À SANDVIK-COROMANT DO BRASIL, em especial ao Eng^o Francisco C. Marcondes, pela possibilidade da realização do trabalho conjunto.

Ao projeto CNPq-RHAE, pelo apoio financeiro à realização do trabalho.

RESUMO

Este trabalho visa demonstrar a validade do emprego de sistemas de banco de dados, para auxiliar computacionalmente às tarefas relativas à usinagem, no que diz respeito a escolha de ferramentas e parâmetros de corte apropriados. Para tanto, será feita inicialmente uma apresentação do cenário atual da manufatura, a seguir serão discutidos os sistemas computadorizados de auxílio à usinagem e os conceitos de projeto de banco de dados, então finalmente será apresentado um sistema de informação proposto. A escolha de banco de dados advém do fato de que há um contínuo aumento na quantidade de informações disponíveis para se planejar ou executar operações de usinagem. Para se manipular essas informações uma ferramenta viável e necessária é o banco de dados, que é concebido justamente para administrar uma grande quantidade de informações com segurança, eficiência e rapidez.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate the validity of using the data base systems to help with computers, the works related to machining, concerning to the suitable choice of tools and cutting parameters, for this it will be done, firstly a presentation of the current manufacturing scenery, following by the discussion of computerized systems for helping machining and the concepts of data base design, then finally it will be presented the proposed information system. The choice for data base systems come from the fact that is even larger the amount of information available for planning and machining. In order to deal with this, the feasible and necessary tool is the data base, what is conceived exactly to manage this information with security, efficiency and rapidity.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC: *Activity Based Costing.*

AGV: *Automated Guided Vehicle.*

AGVS: *Automated Guided Vehicle Systems.*

AMT: *Advanced Manufacturing Technologies.*

APCS: *Automated Production Control System.*

APPS: *Automated Production Planning System.*

AREST_INS: número de arestas do inserto

AS: *Automated Storage.*

ATAC: Assistência Técnica Auxiliada por Computador.

ATAC: Assistência Técnica Auxiliada por Computador.

ATMS: *Automated Tool Management System.*

BDFIC: Banco de Dados de Ferramenta Independente de Companhias.

CA: custo total de afiação da ferramenta (R\$/aresta)

CAD: *Computer Aided Design.*

CAE: *Computer Aided Engineering.*

CAM: *Computer Aided Manufacturing.*

CAPP: *Computer Aided Process Planning.*

CAS: custo de afiação (R\$/min)

CCF: custo total da ferramenta (R\$/pç)

CCU: *Computer Control Unit.*

CDUS: custo total com usinagem (R\$/pç)

CDUS₁: custo total de usinagem da condição 1 (R\$/pç)

CDUS₂: custo total de usinagem da condição 2 (R\$/pç)

CFERR: custo do suporte (R\$/aresta)

CIM: *Computer Integrated Manufacturing.*

CINFUS: Centro de informação de Usinagem.

CINS: custo do inserto (R\$/aresta)

CM: custo total da máquina (R\$/pç)

CNC: *Computer Numerical Control*.

CT-CAD: *Cutting Toll - Computer Aided Design*

CTF: valor total do custo da ferramenta (R\$/aresta)

CTPA: custo total (R\$/aresta)

CTPM: custo de utilização da máquina (R\$/min)

CTT: custo total com troca de ferramenta (R\$/aresta)

CUSTO_MAQ: custo de utilização da máquina (R\$/hora)

DBMS: *Data Base Management System*.

DNC: *Direct Numerical Control*.

DOLAR_COM: valor do dólar comercial na data do teste (US\$)

ECO: economia (R\$/pç)

EOA: economia anual (US\$)

ECOD: economia em dólar (US\$/pç)

ECOM: economia mensal (US\$)

ES: *Expert Systems*.

FAS: *Flexible Assembly System*.

FMC: *Flexible Manufacturing Cell*.

FMM: *Flexible Manufacturing Module*.

FMS: *Flexible Manufacturing System*.

GEFER: Gerenciador de Ferramentas.

GRUCON: Grupo de Pesquisa e Treinamento em Comando Numérico.

INMETRO: Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade.

IOS: *Interorganizational Data System*.

LAMAFE: Laboratório de Máquinas-ferramenta.

MER: Modelo de Entidades e Relacionamentos.

MRP: *Manufacturing Resources Planning*.

NC: *Numerical Control*.

PC: *Personal Computer*.

PC_PROD: número de peças produzidas (pç/aresta)

PRECO_INS: preço do inserto (R\$)

PRECO_PF: preço do suporte (R\$)

PROD_MENS: produção mensal da peça

RS: *Retrieval System.*

SGF: Sistema de Gerenciamento de Ferramentas.

T_AFIA: tempo de afiação (min/aresta)

T_TROCA: tempo de troca da ferramenta (min/aresta)

TC: tempo de corte (min/pç)

TG: Tecnologia de Grupo.

TI: tempos improdutivos (min/pç)

TIMS: *Tool Inventory Management System.*

TM: tempo de manuseio (min/pç)

TMS: *Tool Management System.*

TPD: *Tool Preparation Department.*

TR: *Tool Rack*

TS: *Tool Shop.*

TTM: tempo de utilização da máquina (min/pç)

VIDA_PF: vida do suporte em número de arestas

WOTS: *Written Off Tool Shop.*

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1.1 - Problemas da manufatura e algumas soluções	003
Figura 1.2 - Elementos responsáveis pelo interesse por gerenciamento	004
Figura 2.1 - Sistemas de informação no princípio de 1900	007
Figura 2.2 - Gráfico da participação das AMT em indústrias americanas	010
Figura 3.1 - Estrutura geral de um sistema CAD	025
Figura 3.2 - Processo de projeto de engenharia (na teoria).....	026
Figura 3.3 - Diagrama estrutural do fluxo de ferramentas e dispositivos no FMS.....	047
Figura 4.1 - Diagrama esquemático de banco de dados	053
Figura 4.2 - Níveis de abstração em projeto de Banco de Dados	058
Figura 4.3 - Representação de conjunto de entidades segundo o MER	063
Figura 4.4 - Representação do conjunto de entidades e seus atributos	063
Figura 4.5 - Representação do relacionamento Lotação segundo o MER	064
Figura 4.6 - Exemplo de modelo de rede	066
Figura 4.7 - Exemplo de modelo hierárquico	067
Figura 4.8 - Exemplo de modelo relacional	068
Figura 4.9 - Exemplo de relação de grau 6	069
Figura 5.1 - Esquema da geração de relatórios escritos	072
Figura 5.2 - Diagrama dos módulos do sistema ATAC	074
Tabela 5.1 - Informações do módulo Ferramenta	075
Tabela 5.2 - Informações do módulo Material	076
Tabela 5.3 - Informações do módulo Máquina.....	076
Tabela 5.4 - Informações do módulo Peça.....	077
Tabela 5.5 - Informações do módulo Cliente	077
Tabela 5.6 - Informações do módulo Condições de Corte.....	078
Tabela 5.7 - Informações do módulo Dados Operacionais	078
Tabela 5.8 - Informações do módulo Custos de Máquina	079
Tabela 5.9 - Informações do módulo Resultados	079

Tabela 5.10 - Informações do módulo Custos de Ferramenta	080
Tabela 5.11 - Informações do módulo Economia	080
Figura 5.3 - Diagrama de Entidades e Relacionamentos do sistema ATAC.....	082
Figura 5.4 - Esquema dos arquivos e seus programas.....	088
Figura 5.5 - Esquema dos arquivos e seus programas (continuação).....	089
Figura 5.6 - Interligação dos Sistemas	092
Figura 6.1 - Tela inicial do sistema	094
Figura 6.2 - Tela de consulta com os módulos	095
Figura 6.3 - Tela de consulta com opções.....	095
Figura 6.4 - Tela de entrada para consulta	096
Figura 6.5 - Tela de apresentação dos dados	096
Figura 6.6 - Tela de consulta de estudo de usinagem com os módulos.....	097
Figura 6.7 - Tela de consulta de custo com os módulos.....	097
Figura 6.8 - Tela de solicitação do código para entrada.....	098
Figura 6.9 - Tela de apresentação dos dados de custo de máquina	098
Figura 6.10 - Tela de opções de consulta de condição de corte.....	099
Figura 6.11 - Tela de solicitação do código da condição	099
Figura 6.12 - Tela de apresentação dos dados de condição de corte.....	100
Figura 6.13 - Tela de cadastro com os módulos	100
Figura 6.14 - Tela de cadastro de ferramenta	101
Figura 6.15 - Tela de módulos para atualização	102
Figura 6.16 - Tela de solicitação de código para atualização.....	102
Figura 6.17 - Tela para atualização de ferramenta	103
Figura 6.18 - Tela dos módulos para eliminação.....	103
Figura 6.19 - Tela de tomada de código para a eliminação	104
Figura 6.20 - Tela de apresentação do registro para eliminação	104
Figura 6.21 - Tela de confirmação da eliminação	104
Figura 6.22 - Tela de opção pelo módulo <i>PESQUISA</i> em consulta	105
Figura 6.23 - Tela de opção de campo para o módulo <i>PESQUISA</i>	105
Figura 6.24 - Tela de apresentação da primeira condição.....	106

Figura 6.25 - Tela de apresentação da segunda condição	107
Figura 6.26 - Tela de impressão do módulo <i>PESQUISA</i>	108
Figura 6.27 - Tela de opção do campo de busca.....	108
Figura 6.28 - Listagem de impressão de um registro do módulo <i>PESQUISA</i>	109
Figura 6.29 - Tela de indexação de registros	110
Figura 6.30 - Tela de finalização do sistema	110

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Introdução	001..
------------------	-------

CAPÍTULO 2 - O CENÁRIO ATUAL DA MANUFATURA

2.1 - Introdução	005..
2.2 - Os sistemas de informações	007
2.3 - A perspectiva mundial	012.
2.4 - A fábrica do futuro	016.
2.5 - Conclusão	021..

CAPÍTULO 3 - AUXÍLIO COMPUTACIONAL À USINAGEM

3.1 - Introdução	023..
3.2 - Projeto Auxiliado por Computador (CAD)	
3.2.1 - Introdução	024.
3.2.2 - A importância da integração	026
3.2.3 - Exemplo de sistema CAD para usinagem	027
3.2.4 - Conclusão	028.
3.3 - Fabricação Auxiliada por Computador (CAM)	
3.3.1 - Introdução	028.
3.3.2 - Uso de base de conhecimento	030
3.3.3 - Características dos sistemas	030

3.4 - Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP)	
3.4.1 - Introdução	031.
3.4.2 - Tipos de sistemas CAPP	033
3.4.3 - O planejamento do processo e a programação NC	034
3.4.4 - O futuro	035.
3.5 - Sistemas Especialistas (ES)	
3.5.1 - Introdução	035.
3.5.2 - Seleção de ferramentas e otimização de processo	036
3.5.3 - Aplicação de Sistemas Especialistas	037
3.6 - Gerenciamento de Ferramentas Computadorizado	
3.6.1 - Introdução	038.
3.6.2 - O colapso do sistema manual de informações	039
3.6.3 - Aspectos referentes a custos	041
3.6.4 - Funções clássicas dos sistemas	042
3.6.5 - Bancos de dados independentes	043
3.6.6 - Exemplos de gerenciadores de ferramentas computadorizados	045
3.6.7 - Conclusão	049.

CAPÍTULO 4 - SISTEMA DE BANCO DE DADOS

4.1 - Introdução	051.
4.2 - Definições básicas	052.
4.3 - Sistema gerenciador de banco de dados	054
4.4 - Projeto de banco de dados	
4.4.1 - Introdução	057.
4.4.2 - O mundo real	058.
4.4.3 - Modelo descritivo	059
4.4.4 - Modelo conceitual	059.
4.4.5 - Modelo operacional	060

4.4.6 - Modelo interno	060.
4.4.7 - Etapas do projeto	060.
4.5 - Modelo de entidades e relacionamentos	
4.5.1 - Introdução	061.
4.5.2 - Entidades	062.
4.5.3 - Atributos	063.
4.5.4 - Relacionamentos	064.
4.6- Modelos de estruturas de dados	
4.6.1 - Introdução	065.
4.6.2 - Modelos rede e hierárquico	066
4.6.3 - Modelo relacional	068
4.6.4 - Escolha do modelo	070

CAPÍTULO 5 - ARQUITETURA DO SISTEMA

5.1 - Introdução	071..
5.2 - Motivação	072..
5.3 - A estrutura do sistema	073.
5.4 - As informações dos módulos	075
5.5 - Os relacionamentos	081.
5.6 - Algoritmo do sistema de custo	082
5.6.1 - Custo-máquina	083.
5.6.2 - Custo-ferramenta	083.
5.6.3 - Economia	085..
5.7 - As operações do sistema	087.
5.8 - O projeto do sistema	090.
5.9 - A linguagem de implementação	091
5.10 - Interligação de sistemas	092.

CAPÍTULO 6 - FUNCIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO SISTEMA

6.1 - Apresentação	094..
6.2 - Consulta/Relatórios	094..
6.3 - Cadastro	100..
6.4 - Atualização	101..
6.5 - Eliminação	103..
6.6 - Módulo Pesquisa	105..
6.7 - Indexação	110..
6.8 - Finalização do sistema	110..

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

Conclusões	111..
------------------	-------

CAPÍTULO 8 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugestões	113..
-----------------	-------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
----------------------------------	-----

APÊNDICE I	121..
------------------	-------

APÊNDICE II	134..
-------------------	-------

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as palavras de ordem são qualidade, produtividade e competitividade, mas não se pode esquecer que estas metas só serão alcançadas mediante o cumprimento de um pré-requisito comum: a organização. Sem ela, por mais que os *softwares* e *hardwares* utilizados sejam de última geração e por mais automatizadas que sejam as máquinas, estes não irão apresentar os resultados esperados e muitas vezes nem chegam a justificar sua implantação, devido a melhora nos índices do sistema ser mínima ou inexistente.

Logo é de vital importância a organização na empresa, principalmente no que se refere às informações e dados disponíveis relativos aos processos de fabricação, pois todos estes sistemas, independentemente da sua complexidade ou sofisticação, são extremamente dependentes destes dados, pois são alimentados por estes. A precisão e atualização destes dados, permitirão que o resultado de saída destes sistemas possa ser mais confiável.

As mais importantes funções de um Sistema de Planejamento da Produção em Usinagem são a escolha, o projeto e o gerenciamento das ferramentas de corte e do ferramental necessário [1]; neste trabalho serão abordados dois aspectos, a saber: escolha e gerenciamento das ferramentas. Será enfocada a utilização de sistemas de banco de dados em usinagem com o propósito de ocupar lacunas existentes nos sistemas de planejamento, quanto à manipulação e administração de informações e dados de processos de usinagem.

Para tanto, inicialmente será feita uma avaliação da situação em que se encontra o parque industrial brasileiro, quanto a sua eficiência, através de alguns dados disponíveis do INMETRO - Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade (Ministério da Justiça) [2]:

- índice de rejeição: de cada 1 milhão de peças produzidas pela indústria nacional cerca de 25 mil são defeituosas, enquanto que a média mundial é de 200 peças defeituosas para cada 1 milhão produzidas;
- rotatividade do estoque (número de vezes em que o estoque é renovado): indicam que enquanto no Brasil a média é de 8 vezes por ano, a média mundial é de cerca de 65 vezes;

- *set-up* da fábrica (tempo necessário para mudança de processo para se fabricar outro tipo de peça): enquanto a média mundial é de cerca de 10 minutos, no Brasil são necessários em média 85 minutos para se efetuar esta mudança; e
- tempo médio de entrega de pedidos: enquanto no Brasil se leva em média cerca de 35 dias para a entrega de um produto ao cliente após a colocação do pedido, esse prazo é de cerca de 3 dias, em média, no mundo.

Aplicando-se em empresas Brasileiras quaisquer técnicas conhecidas de melhoria da qualidade e da produtividade, seria obtido como resultado grandes benefícios percentuais, que certamente se reverteriam em vantagens competitivas. Uma das ferramentas para esse fim seria a aplicação de banco de dados em usinagem, que será objeto de estudo deste trabalho, e que entre outras funções será capaz de garantir que a ferramenta certa esteja no lugar certo, na hora certa, na quantidade certa e operará nas condições mais indicadas.

O banco de dados em usinagem ao proporcionar operações mais eficientes, devido a utilização mais racional das informações disponíveis, estaria contribuindo quanto a redução do tempo de entrega de pedidos e ao atuar como gerenciador de ferramentas, auxiliando no controle do almoxarifado da ferramentaria, proporcionaria uma redução do inventário de ferramentas com otimização de seu uso, o que contribuiria para uma melhoria no índice de rotatividade do estoque [3]. Estas soluções estão esquematizadas na figura 1.1.

Quanto aos índices de rejeição e *set-up*, que estão mais diretamente ligados à máquina, e também quanto ao índice de tempo de entrega de pedidos, estes poderiam ser melhorados com uma maior utilização de máquinas comandadas numericamente por computador (CNC), conforme esquematizado na figura 1.1, que tiveram como objetivo inicial solucionar usinagem de peças de grande complexidade e que vieram auxiliar na redução de tempos improdutivos, no posicionamento e retirada da ferramenta de corte [4]. Porém a viabilidade econômica do emprego destas máquinas vai depender muito do emprego eficiente das máquinas e ferramentas durante o processo de usinagem, pois as máquinas CNC representam grandes investimentos. Para que o retorno ocorra, se faz necessário extrair das mesmas o seu máximo rendimento possível. A eficiência do processo de usinagem depende da utilização de dados de corte otimizados, atualizados e adequados às condições reais de trabalho [5]. Neste ponto evidencia-se a importância do uso de um sistema de banco de

dados em usinagem, que proporcionaria facilidade de manuseio dos dados e segurança no seu armazenamento.

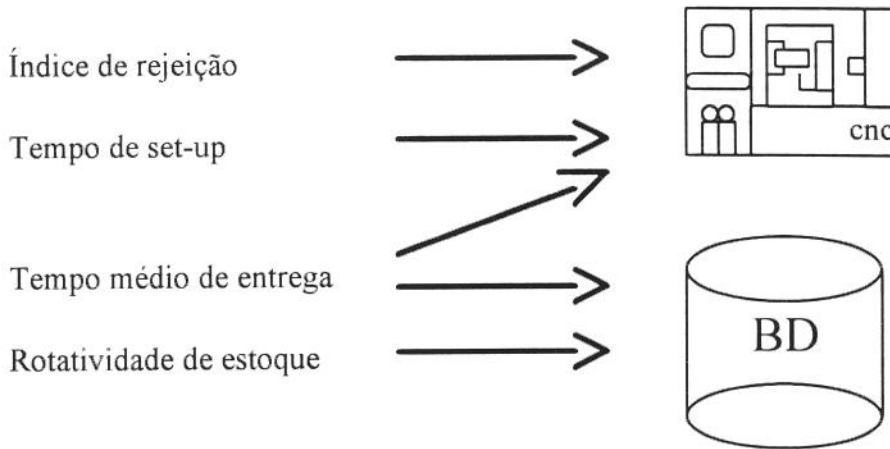


Figura 1.1 - Problemas da manufatura e algumas soluções

Segundo antigas concepções de sistemas de produção, utilizar máquinas de comando numérico era inviável, fabricar em série significava reduzir a utilidade de uma máquina de inúmeros recursos, aproveitando-se, na maioria das vezes, somente uma de suas partes na usinagem da peça; produzir pequenos lotes, em geral de uma ou duas peças, constituía desperdício no emprego da máquina, que exige um tempo maior de preparação, conseguindo-se bons resultados somente após a execução do "try-out", o que ocorre a partir das primeiras peças [6].

De acordo com sistemas singulares de produção e novas concepções de produção seriada ("Just-in-time" por exemplo), as máquinas de comando numérico desempenham grande flexibilidade de operações. Por serem versáteis, proporcionam também melhores resultados ao reduzir os tempos de passagem (tempo no qual o material permanece na fábrica, durante o processo).

Por outro lado, com o surgimento das máquinas CNC, ocorreu também o que poderíamos chamar de ruptura da ligação histórica que havia entre o operador, sua máquina e seu armário de ferramentas, pois com as CNC veio a possibilidade de utilização de uma maior variedade de ferramentas devido à maior flexibilidade destas máquinas, o que ocasionou uma *perda* do controle da escolha de ferramentas por parte do operador [7]. Isso,

somado à variedade cada vez maior de materiais desenvolvidos para ferramentas, como os carbonetos revestidos e as cerâmicas, e também à diversidade crescente de geometrias de pastilhas e formas de quebra-cavaco disponíveis no mercado, gera maior interesse pelo tema Gerenciamento de Ferramentas [3], conforme esquema da figura 1.2.

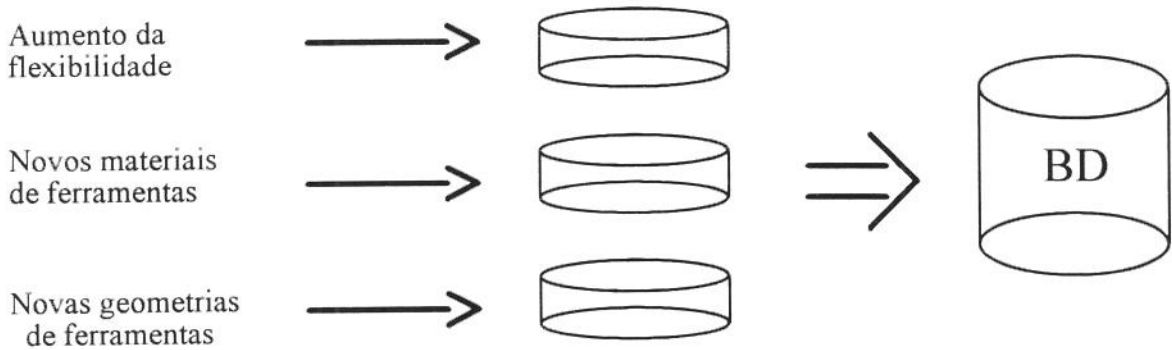


Figura 1.2 - Elementos responsáveis pelo interesse por Gerenciamento de Ferramentas

Além disso, os custos diretos que advêm de se ter um grande inventário de ferramentas, por serem de fácil quantificação, muitas vezes são considerados. Porém existem outros custos, associados ao cuidado e administração de um tão grande número de itens, que chegam a ser ocultos e até substanciais [8]. Custos estes que muitas vezes impedem, que os produtos sejam colocados à preços mais competitivos no mercado.

Como resultado do desenvolvimento tecnológico, surge a necessidade de se gerenciar da melhor maneira possível as informações disponíveis, pois as empresas delas dependem, para se firmar nos cenários nacional e internacional, tendo garantida a sua competitividade como resultado dos níveis alcançados de qualidade e produtividade.

2. O CENÁRIO ATUAL DA MANUFATURA

2.1 - Introdução

Novos desenvolvimentos em arquiteturas de computadores e *software* têm guiado mudanças nas indústrias de máquinas-ferramenta e robótica nestes 20 anos passados. Esta tendência não irá mudar nesta década. Nós temos progredido desde os *mainframes*, para os minicomputadores, para os microcomputadores para os supercomputadores. As linhas de demarcação que distinguem o que o engenheiro deve ter em sua mesa, qual projetista terá à sua disposição, ou que capataz terá na ponta dos dedos para assegurar o andamento tranqüilo e eficiente do chão de fábrica estão começando a desaparecer [9].

É consensual no momento, que a manufatura fornece uma essencial fonte de influência competitiva. Não distante, ninguém imagina seriamente que os produtores domésticos possam ultrapassar seus competidores apenas através de *marketing* engenhoso somente. Agora é o tempo para ações concretas a nível prático, ações para mudar instalações, atualizar tecnologias de processamento, ajuste das práticas da força de trabalho, e aperfeiçoar sistemas de informação e administração [10].

Os computadores continuam a diminuir de tamanho, enquanto têm sua capacidade aumentada e, paralelamente encontram-se disponíveis *softwares* mais poderosos e amigáveis para o usuário. Os dias de computadores de construção especial para máquinas-ferramenta acabaram, agora é a era da implementação de *softwares* inovadores, e ela predominará pelo futuro próximo. Isto é verdade sobre controles de máquinas-ferramenta, controle de célula, gerenciamento de chão de fábrica e de empresas inteiras de manufatura [9].

Hoje é muito mais interessante que as máquinas-ferramenta tenham à sua disposição um computador "comum", do que depender de computadores cujos projetos sejam específicos para máquinas-ferramenta, e as mudanças de programa só sejam possíveis praticamente a nível de *hardware*, e não à nível de software como nos outros, permitindo uma melhoria na flexibilidade do sistema.

O grande desenvolvimento na tecnologia do computador e esforços para assimilá-lo dentro das indústrias de manufatura, tem resultado em um ambiente de informação dominado por tecnologias de processos de produção e ferramentas de gerenciamento [11].

Um grande número de novas ferramentas e meios para a fabricação e negócios, tais como Projeto e Engenharia Auxiliados por Computador (CAD/CAE), Fabricação Auxiliada por Computador (CAM), robótica, visão de máquina, Planejamento de Recursos de Fabricação (MRP), Sistemas de Fabricação e Montagem Flexíveis (FMS/FAS), Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP), Sistemas de Veículos Guiados Automáticos (AGVS), Armazenamento Automático e Sistemas de Recuperação (AS/RS), Sistema de Informação de Fabricação Baseado em Computador e várias formas de Sistemas de Dados Inter organizacionais (IOS) têm emergido.

Uma configuração bem integrada destes sistemas individuais de Tecnologias Avançadas de Fabricação (AMT) baseadas em computador, representa o conceito de Manufatura Integrada por Computador (CIM) - um caminho para a organização e gerenciamento da fábrica que recomenda a integração e coordenação do projeto, fabricação, e administração usando sistemas de computador para assegurar um fluxo tranquilo de informações, maior eficiência, qualidade melhorada, desenvolvimento rápido de produto, e flexibilidade aumentada na procura das necessidades dos consumidores [11].

A maior capacidade de adaptação às condições ditadas pela nova realidade da manufatura, ou seja alta diversificação dos produtos e vida curta dos mesmos, é obtida por uma Célula Flexível de Manufatura (FMC). O objetivo, entre outros, é usinar totalmente uma peça em uma única máquina. Podem geralmente ser empregadas na produção individual ou de pequenos lotes com centros de usinagem independentes, dentro da configuração de célula flexível. As FMC são freqüentemente o ponto de início dos Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS) [12].

A manufatura celular visa aumento de produtividade e redução de tempos particularmente nos ambientes de chão de fábrica com pequenos lotes [13]. Reclama-se por eficácia da manufatura celular, especialmente quando usada com Tecnologia de Grupo (TG), o caminho tem variado grandemente com muitas implementações relatando êxito. A TG tem

se desenvolvido desde seu uso inicial como uma técnica de redução de variedade de produto até uma filosofia de emprego geral.

Pesquisas em TG e manufatura celular têm se concentrado nos benefícios derivados da codificação e classificação de peças, e na operação das células. As conclusões gerais são que a TG reduz a variedade e aumenta a produtividade. Pesquisas em formação de célula têm resultado em conclusões similares [13].

As mudanças que se avizinham na fabricação industrial, por força das novas ferramentas "inteligentes" e flexíveis que estão surgindo, têm um de seus primeiros sinais no modo pelo qual o empresário passa a encarar os custos de mão-de-obra: subitamente, não vale mais a pena mudar-se para uma região em que a mão-de-obra é barata, pois os custos do fator trabalho, em decorrência do avanço tecnológico, caíram para algo compreendido entre 5 a 15% dos custos totais de fabricação [14].

2.2 - Os sistemas de informação

No princípio de 1900, os sistemas de informação eram limitados a desenhos de engenharia, fichas de arquivo, armários recheados de papel e similares (figura 2.1). O controle de inventário consistia de três técnicas: relatórios de carga de máquina (desenvolvido em 1910), fórmula da raiz quadrada da quantidade de pedido econômico (publicado em 1915) e fórmulas estatísticas de estoque de segurança (publicadas em 1934). Estas continuaram em uso até o advento do computador moderno no princípio dos anos 50, quando começou a revolução dos sistemas [15].

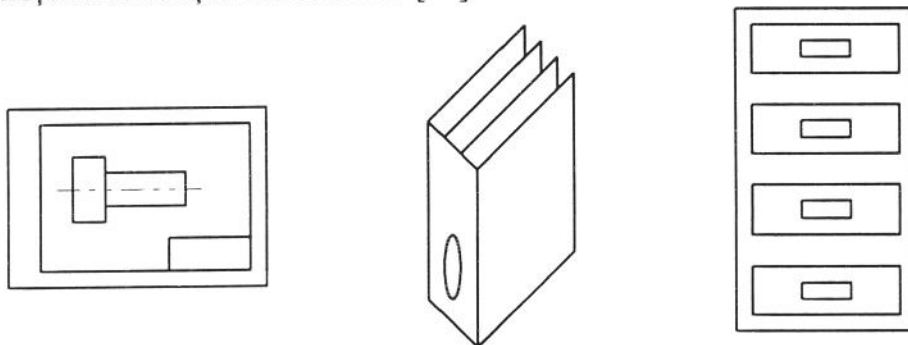


Figura 2.1 - Sistemas de informação no princípio de 1900

A tecnologia de computador teve atingida a 3ª geração perto dos anos 60. Funções de contabilidade foram computadorizadas. Computadores têm demonstrado serem proveitosos na manufatura com controles de processos eletrônicos e máquinas controladas numericamente. Perto dos anos 70, planejamento de necessidades de materiais (MRP) e sistemas de controle de manufatura foram desenvolvidos. O computador auxiliou o planejamento e o controle do chão de fábrica. Pelos final dos anos 70, o sistema integrado de planejamento de recursos de manufatura (MRPII) foi demonstrado, mas seu uso com sucesso foi limitado.

A revolução da informação foi penetrante, perto de 1980 o mercado de computadores pessoais (PCs) desenvolveu-se. A era dos poderosos PCs estourou, assim como "chips" eletrônicos no estado sólido, novos e menores, desenvolvidos. Desde o pobre começo do UNIVAC I no final dos anos 40, um computador com dez vezes seu poder, pode agora ser contido na mão [15].

O uso de computadores no lugar de pessoas custa em torno de 8.000 vezes menos do que em 1950. Entre 1958 e 1980 o tempo para uma operação eletrônica diminuiu de um fator de 80 milhões. Estudos do Departamento de Defesa americano mostram que o taxa de erro na leitura de códigos de barra por computador é de um em 3 milhões, comparada com um erro em 300 quando se fazem entradas manuais similares [16]. Esta transformação tecnológica está expandindo os limites do que as companhias podem fazer mais rapidamente quando os administradores podem explorar as oportunidades. É esta revolução baseada no poder do computador, que está acelerando a chegada de melhores processos de manufatura, novos produtos, maior qualidade e melhores serviços. Ciclos de vida de produto, baixaram tipicamente para 5, 6 anos ou menos (metade do que eram a quase duas décadas atrás) e tendem a diminuir ainda mais.

Este desenvolvimento fenomenal e a natureza elitista daqueles indivíduos que podiam programar computadores, induziu muitos fabricantes e gerentes financeiros a acreditar que os computadores podiam resolver os problemas da fábrica. Esta crença foi reforçada pela complexidade dos *softwares* de gerenciamento de manufatura [15]. A crença que computadores e sistemas resgatariam a manufatura, impeliu muitas companhias a investir em sistemas caros de *software* e *hardware*. A história é clara para estes crentes.

Menos de 10 % das companhias que experimentaram sistemas MRPII já conseguiram obter o controle real da manufatura. O controle real é a capacidade de comandar o aumento ou a diminuição do inventário, sem a diminuição do consumo ou da eficiência da fábrica.

Os seis requisitos para a obtenção do controle da manufatura são [15]: plano mestre realístico, sistema integrado, registros corretos, pessoal qualificado, *lead times* administrados e organização por ação. Neste trabalho serão enfocados somente dois pontos que são de especial importância para o mesmo, a saber: sistema integrado e registros corretos; sobre os quais se discorre a seguir.

O sistema integrado consiste do *software* e *hardware* necessários, para suprir todos os departamentos que necessitam de informação. Integrado significa que a informação e o acesso são compartilhados. "Ilhas de Automação" em contabilidade, engenharia e controle de materiais devem ser capazes de acessar o *mainframe*. Sistemas CAD/CAM devem usar as funções do processador de lista de materiais, funções do planejamento de processo auxiliado por computador (CAPP), dados de controle da capacidade de materiais e dados de TG dentro do *mainframe* da empresa.

Registros corretos são necessários. Empresas não podem operar eficientemente com dados irreais. Afirmarções do tipo: os registros da empresa são muito ruins, medíocres ou muito bons; não servem para avaliar a condição dos registros. Estes termos qualitativos são inúteis. A precisão de registro necessita de medidas quantitativas, para se obter o controle necessário na fábrica do futuro. As fábricas que têm conseguindo o controle da manufatura desenvolvendo-o dentro de *fábricas do futuro*, têm a precisão de registros medida em partes por milhão. Instalações completamente automáticas não podem operar com erros nos registros [15].

O perfil dos tipos de sistemas aplicativos de AMT adotados pelas organizações apresentado em um estudo realizado em 224 empresas norte-americanas [11] é mostrado na figura 2.2.

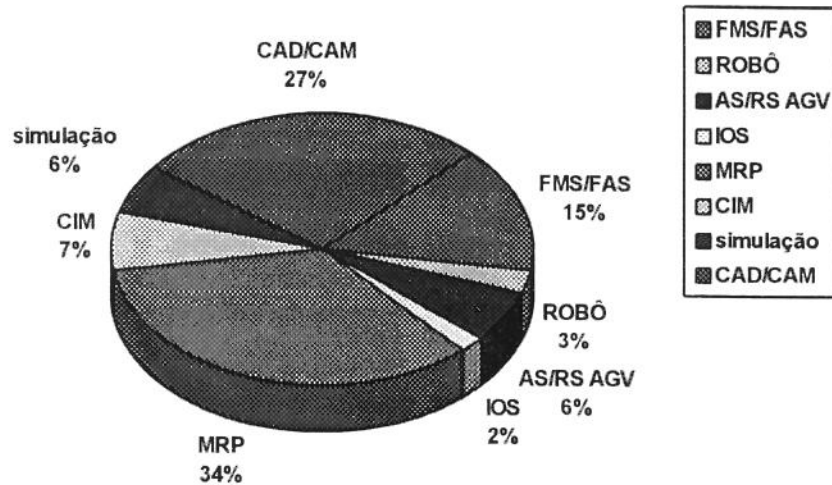


Figura 2.2 - Gráfico da participação das AMT em indústrias americanas

Sistemas sofisticados e integrados de MRP, seguidos pelos aplicativos CAD/CAM e FMS/FAS foram as mais frequentes aplicações de AMT citadas. Estas categorias de aplicativos representam mais de 78 % dos aplicativos totais. Das empresas que participaram do estudo, 99,1% tinha adotado pelo menos uma aplicação AMT.

Grandes benefícios potenciais têm sido citados para muitos dos aplicativos de sistemas de informação, tanto no nível operacional como no estratégico [11]:

- controle de custos (reduzindo o tamanho da força de trabalho e custos diretos do trabalho perto de 50 a 90 %);
- aumento de produtividade e da eficiência do desempenho (perto de 80 a 90 %);
- consistência e qualidade da repetibilidade durante o processo, alcançando alta confiabilidade (reduzindo o refugo perto de 90 a 95 %);
- gerenciamento aperfeiçoado e economia de espaço de chão de fábrica (economia e liberação de espaço perto de 30 a 80 %);
- flexibilidade para responder rapidamente às mudanças impostas pelo mercado;
- capacidade e flexibilidade para processar lotes de tamanhos muito pequenos;
- habilidade para manipular famílias de peças de grande porte com altos níveis de complexidade;

- rede de clientes e fornecedores com engenharia/projeto, assim como de informações administrativas sobre o inventário, posicionamento de pedido e gerenciamento das transações de contabilidade; e
- a perspectiva de um local de trabalho sem arquivos de documentos físicos e níveis excessivos de operadores.

Cerca de 30 fábricas norte-americanas já fazem uso da tecnologia CIM; na Europa, talvez haja a metade deste número e praticamente nenhuma no Japão [17]. Quase que se poderia dizer que esta solução seria uma resposta ocidental a alguma característica peculiarmente japonesa, que responde pela elevada produtividade do país e que não se consegue reproduzir no Ocidente.

Há razões técnicas, econômicas e culturais para isto. O Japão não conta com o mesmo potencial dos Estados Unidos para a geração de "software" complexo, como o envolvido nos sistemas CIM; boa parte de sua indústria é formada por pequenas instalações que trabalham sob encomendas, onde, mais que flexibilizar uma gigantesca linha de usinagem, o que importa é automatizar a pequena fabricação [18].

No Japão 40 % dos trabalhadores que utilizam equipamentos computadorizados são graduados em engenharia, treinados na Universidade para usá-los. Nas companhias americanas somente 8 % dos trabalhadores são engenheiros e menos de 25 % é treinado em máquinas CNC. O treinamento para promover trabalhadores especializados é três vezes maior no Japão que nos EUA. Comparada com a concorrente norte-americana, a fábrica japonesa conta com 2,5 vezes mais máquinas computadorizadas de comando numérico, cinco vezes mais engenheiros e quatro vezes mais pessoal habilitado para usá-las [19]. No Japão se graduam anualmente duas vezes mais engenheiros por 1 milhão de habitantes que nos EUA e praticamente 3 vezes mais que na Grã-Bretanha ou na França [17].

No fundo, pois, o recurso humano é que pesa. Em um país de educação avançada, onde, além disso, duas pessoas quaisquer, tomadas ao acaso, na rua, têm, com grande probabilidade, antepassados que, há dois mil anos, já pertenciam a uma sociedade homogênea, tira-se muito mais partido da inovação tecnológica e, mesmo sem ela, o trabalho há de ser mais produtivo. A informática, vista por este ângulo, talvez não seja a essência do processo - é, antes, apenas, o antídoto da desordem, a tentativa de usar a informação para

compensar a entropia de uma sociedade caótica, que reúne em seu bojo, raízes culturais que distam entre si de continentes e de milênios [18].

2.3 - A perspectiva mundial

A manufatura de bens tem sofrido grandes alterações no mundo nos últimos vinte anos. Estas alterações estão em plena aplicação no chamado mundo desenvolvido, ou seja países como os EUA, países industrializados da Europa e Japão.

Dentro desse quadro, as filosofias de grandes séries e de produção em massa vigentes durante as décadas de 1950 e 1960, próprias do estilo americano, conhecido como "*American way of life*", começaram a mostrar-se inadequadas para as novas exigências. O parque industrial americano, reconhecidamente de grande proporção, devido ao vigor da economia americana, que foi montada ao longo dos anos à luz dessa filosofia, começou a dar mostras de clara ineficiência.

Esta ineficiência tornou-se evidente quando houve necessidade de se diversificar a produção com equipamentos muito complexos e com pouca possibilidade de alteração. As fábricas começaram a operar com grandes inventários em processo, como também prazos excessivamente altos para a implantação de novos produtos.

Quase que simultaneamente ao aparecimento dessas novas tendências, o Japão e os países europeus começaram a desenvolver sistemas de manufatura que a elas se adequaram. Desenvolveu-se então, o sistema em células, aplicação das máquinas-ferramenta de Comando Numérico Computadorizado (CNC), as Células Flexíveis de Manufatura (FMC) e Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS).

Um estudo de FMS em 20 companhias americanas mostrou que eles têm reduzido em mais de 50 % a quantidade de trabalho necessário para desempenhar a mesma tarefa, e reduziu o custo total do produto em mais de 75 %. As instalações de FMS tem alcançado reduções significativas no número de trabalhadores indiretos e no pessoal administrativo, nas taxas de refugo, e no tempo necessário para a introdução de produtos [20].

Estas alterações irão continuar em crescimento nos próximos anos. A razão principal deste desenvolvimento tem sido os avanços consideráveis dos equipamentos e máquinas de produção. Estes avanços foram bastante acelerados pela aplicação extensiva da microeletrônica.

Atualmente um grande número de atividades nos departamentos de engenharia e planejamento são suportados pelos sistemas computacionais, palavras como CAD, CAM, CAPP e MRP são sinônimos de equipamentos computacionais de múltiplo uso. Mesmo nos campos de manufatura e montagem têm havido alterações importantes.

O primeiro impulso nesta direção foi a instalação de máquinas-ferramenta CNC, na busca de maior produtividade. Através da interligação das máquinas-ferramenta de automação flexível, sistemas de manufatura podem aumentar a sua produtividade através de sua utilização em vários turnos por dia, sem suporte administrativo convencional: duas contribuições importantes nesse campo são os sistemas de transporte automático (sem intervenção humana) e os robôs industriais.

As novas tecnologias de manufatura podem assustar uma organização empresarial, porque elas requerem um salto quantitativo na precisão e integração da organização da manufatura. Máquinas-ferramenta automáticas podem produzir peças de especificações mais exigentes do que pode o operador humano mais especializado, mas para fazer dessa maneira, elas necessitam de instruções explícitas, não ambíguas, na forma de programas de computador [20].

Sem operadores manipulando fisicamente peças, não há ninguém para realinha-las nas fixações, tirar a ferramenta, ou compensar pequenos erros operacionais ou de usinagem, e ninguém para inspecionar peças por furos, quebras ou outros defeitos materiais. Para reproduzir o talento dos operadores para o reconhecimento de erros, engenheiros e supervisores de um sistema automático devem ou elaborar um banco de dados ou melhor, um sistema especialista incorporando as regras implícitas do operador especializado ou então um estudo científico de sua própria tecnologia. Engenheiros de processo devem providenciar sensores de sistema para detectar erros e controladores programáveis para interpretar os sinais dos sensores e iniciar ações corretivas ou desligar a máquina.

A automação de máquinas e processos tem favorecido um impacto tecnológico profundo em toda a dimensão do ambiente de manufatura. O computador tem feito isso possível, e nós estamos apenas começando a ver o potencial do impacto. O papel da educação é agora, o de treinar mais engenheiros para entender os mecanismos de implementação de controle de computador de máquinas e processos. Ela se tornará um elemento comum no desenvolvimento de novos produtos de máquinas [9].

O CIM é a sigla mágica que forma o vértice de todo conjunto de tecnologias envolvidas na automação industrial. Consiste no tratamento simultâneo e integrado de todas as informações relativas à fabricação, o planejamento, o "marketing", os recursos humanos e as finanças, de modo a permitir o planejamento instantâneo da maquinária da fábrica, na frequência desejada, redirecionando a fabricação segundo imposições da demanda ou em função de projeções de mercado [18].

Esta tecnologia é vista como a arma principal da indústria norte-americana (e da Europa) para competir com a produtividade japonesa. Nos EUA, 20 milhões de trabalhadores produzem US\$ 300 bilhões anuais de produtos industriais; na Europa, são 27 milhões de pessoas que produzem US\$ 240 bilhões na indústria. O Japão supera ambos, pois com apenas 15 milhões de empregados, gera, anualmente US\$ 350 bilhões em produtos industriais [17].

O objetivo do CIM é aumentar a produtividade, através da conexão de informações de maneira mais direta entre partes da fábrica, ou entre a fábrica e outras partes da organização. Por exemplo, o CIM permite ligação entre projeto e manufatura, programação de produção com suprimento de materiais, e marketing com programação de produção [12].

A tecnologia da informação permite que se conecte peças individuais desses sistemas, porém a estratégia de manufatura integrada enfoca o problema de maneira abrangente, otimizando a produção ao nível do sistema de manufatura como um todo.

A manufatura integrada por computador (CIM) torna-se um problema fundamentalmente mais complexo do que a automação da fábrica convencional. Este problema torna-se claro, quando se observa que muitos sistemas atuais que devem ser integrados são fornecidos por fornecedores diferentes e tecnicamente não compatíveis.

Entretanto, os problemas de maior dificuldade na construção de uma fábrica automatizada, não são técnicos, e sim humanos. As "ilhas isoladas de automação", que

devem ser interligadas, reportam-se a comandos diferentes, e alocação dos custos de interligação são reportados a diferentes centros de custo, o que aumenta consideravelmente as dificuldades a serem vencidas.

Em geral é esperado o seguinte do CIM [21]:

- redução de tempos ociosos, paradas e tempos de *set-up* de sistemas de produção pelo rápido fornecimento de programas de computador;
- otimização de processamento com o auxílio de programas de simulação;
- redução de tempos de processo para projeto e planejamento de trabalho pelo CAD;
- melhoria da cooperação entre os vários departamentos, por exemplo pela apresentação antecipada dos desenhos de projeto, de modo que os requisitos de produção ou controle de qualidade possam ser considerados;
- aumento da qualidade da fabricação pelo controle do computador, e também do planejamento, monitoramento e documentação dos mais complexos processos;
- introdução de montagem flexível controlada por computador;
- transformação do conhecimento que está ligado às pessoas individuais, organização e a construção de instalações e máquinas dentro do explicitamente documentado e conhecimento livremente disponível;
- incorporação de todas as atividades operacionais, dentro de um contínuo fluxo transparente de informações, métodos e processos; e
- inclusão de fornecedores dos fabricantes dentro da rede de informação operacional.

O erro mais comum é imaginar o CIM como um conjunto de ferramentas, uma prateleira de soluções para resolver o que é realmente (embora raramente admitido) um problema de mau gerenciamento. Esquecem-se os consultores que o CIM nada mais é do que uma atitude de inteligência, uma dedicação a uns poucos princípios louváveis - como simplicidade, colaboração, qualidade e zero-defeitos. Na visão da IBM "o objetivo (do CIM) não é a total automação, mas a organização de uma empresa lucrativa" [17].

2.4 - A fábrica do futuro

As linhas de montagem eficientes, porém desumanizadas de Henry Ford estão se tornando ultrapassadas. A maior parte dos produtos que as fábricas produzem hoje, sejam elas automóveis, câmaras fotográficas ou castiçais, saem em lotes menores, voltados para a satisfação das necessidades de um mercado cada vez mais exigente. Os países mais bem sucedidos no século XXI, na produção de manufaturados, serão aqueles cujas fábricas sejam capazes de mais rapidamente transformar seus produtos [22].

Os *automatizadores* de hoje desejam tecnologias que aumentem a qualidade dos seus produtos e cortem o custo de materiais e despesas. Acima de tudo, eles desejam fazer fábricas mais flexíveis, a flexibilidade terá grande importância, pois a produção em massa está agonizante. O trabalho das muitas fábricas metal-mecânicas agora consiste da fabricação de itens em pequenos lotes. Numa estimativa, três-quartos de todas as peças usinadas são produzidas em lotes de 50 peças ou menores [22].

A fábrica do futuro é desenvolvida da fábrica do passado. Tecnologia de manufatura, sistemas de planejamento/programação e tecnologia de engenharia de projeto têm todos se desenvolvido com respeito à integração [15]. A principal diferença entre a produção atual e no futuro seria a velocidade do material e do fluxo de caixa, durante as operações da fabricação. O futuro é automatizado e computadorizado. O inventário se movimentará rapidamente através da fábrica. A automação se concentrará na movimentação de material em fluxo contínuo. Isto não diminuirá o inventário de fabricação, mas aumentará a velocidade do inventário de fabricação.

Todos os departamentos da organização necessitarão de apoio de computador, para fazer estas tarefas. A engenharia projetará produtos usando computador (CAD/CAE). Planejadores de processo e programadores usarão computador para otimizar o fluxo de material e o uso de equipamentos. Sistemas de informação serão integrados favorecendo a troca de dados entre usuários e o JIT será a estratégia seguida. A fábrica do futuro é a fábrica com manufatura integrada por computador (CIM) de hoje [15]

Os computadores estão se tornando cada vez mais poderosos e mais baratos; em consequência, estão reformulando a fábrica com a qual estamos familiarizados. Associados à

tecnologia CAD, a utensílios robóticos, sensores e poderosas técnicas de comunicação, eles começaram a forjar a fábrica do futuro. Eis, a seguir as sete inovações que já modificam os hábitos tradicionais da indústria de manufatura [23]:

- descentralização da produção, por meio de unidades de fabricação cada vez menores está progredindo implacavelmente;
- os custos de mão-de-obra, estão se tornando menores e menos importantes para as companhias, por causa da automação moderna. Implicação: as empresas multinacionais podem se retirar dos países de baixos salários quando estes também apresentarem níveis muito baixo de educação dos trabalhadores, de maneira a comprometer melhorias em sua produtividade;
- engenharia centralizada, com os projetistas devolvendo desenhos à sede central, que é característico de manufatura "high tech". Anteprojetos do produto, desenhados usando CAD no escritório central, estão igualmente sendo transmitidos via telefone a longas distâncias para o CAM das fábricas junto aos principais mercados da companhia;
- flexibilidade da manufatura, aumenta sensivelmente como resultado da aplicação de novas técnicas para as máquinas-ferramenta, isso permite que uma maior variedade de produtos possa ser produzida;
- serviço de atendimento automático, vem como um bônus. As falhas em produtos projetados pelo CAD podem usualmente ser diagnosticadas pela ligação deles a um computador, por linha de comunicação;
- as economias de escalas tradicionais, abaladas pelo CIM na área da manufatura terão de se firmar em outra área. Pesquisa e desenvolvimento, vendas e "marketing", são cogitadas como sendo áreas igualmente candidatas para a mudança; e
- "butiques" industriais dirigidas por pequenos operadores independentes com todas as últimas técnicas de CAD e CIM, estão emergindo como contratantes para corporações principais, muitas das quais podem eventualmente ser forçadas a descontinuar suas próprias linhas de manufatura e comprar produtos sob encomenda de terceiros.

O potencial das novas tecnologias avançadas de manufatura tais como os FMS e o CIM, em melhorar a capacidade competitiva das empresas, tem sido extensamente documentado na literatura. Melhorias significativas destas tecnologias têm sido relatadas,

como visto acima, em níveis de inventário, qualidade e seu custo, necessidades de espaço, *lead time* e tempo de ciclo, taxas de produção e remoção, e um número de outras medidas. Em alguns casos os benefícios são verdadeiramente impressionantes e chegam a limites de melhoria de alta magnitude [24].

Porém grandes problemas com as tecnologias têm também sido relatados. O sortimento de problemas desde o planejamento, a implementação ao controle. Dificuldades gerenciais, tais como justificação e implementação, são muito comuns, se não mais que os problemas técnicos de conexão física de peças de equipamentos diferentes ao mesmo tempo, interfaceando o *software*, e muitas vezes mantendo robôs em operação.

Uma falha da empresa ao implementar com êxito estas tecnologias pode rapidamente tornar-se uma grande catástrofe. Isto é devido ao tremendo custo destas tecnologias e seus impactos de interrupção através da organização, que pode facilmente levar a empresa à beira da falência.

Os maiores nomes na manufatura americana têm todos sido cativados pelo CIM - e muitos têm sido "queimados" até certo ponto por ele. Durante a fase inicial de 1981 à 1986, as empresas americanas gastaram perto de US\$ 50 bilhões instalando as ferramentas da manufatura flexível. Este montante chega a ser superior, em termos reais, do que a NASA gastou a mais de duas décadas atrás, para colocar o homem na Lua [17].

Algumas empresas americanas, carecendo dos recursos de uma GM ou IBM, têm mantido seus pés mais firmemente neste terreno. Allen-Bradley, Caterpillar, John Deere e um par de doze mais têm construído com êxito plantas de CIM sem "mágoa" ou gastos inúteis. A despeito de seus limitados recursos, a Chrysler é tida ser a melhor das três grandes de Detroit em manufatura flexível. Nenhuma menção é feita de quanto ela têm gasto em sua fábrica Sterling Heights, mas ela levou a cabo 900.000 horas-homem de treinamento antes da abertura da fábrica em 1984. O resultado em 1986 é que a Chrysler podia produzir dois novos modelos em um ano ao invés de um a cada quatro anos [17].

Como regra estas empresas têm como tendência primeiro computadorizar suas máquinas-ferramenta, criando "Ilhas de Automação" [17,20]. A seguir elas têm dinamizado seus departamentos de programação, enxugado as áreas referentes à produção e somente então ligar os departamentos um ao outro. Assim as máquinas recebem suas instruções e

materiais precisamente quando, e somente quando, eles são necessários. Outra regra aprendida à duras penas pelas companhias na implantação do CIM nos últimos anos é que o planejamento deve ser *de cima para baixo* (top down) e a implementação *de baixo para cima* (bottom up). Isso requer administradores perguntado a si mesmos, questões importantes sobre que produtos eles esperam fabricar daqui a cinco anos, que tecnologias eles irão usar, quem serão seus competidores, quão rápido e a que preço imaginam as novas plantas flexíveis serão capazes de responder aos sinais de mercado [17].

São apresentados abaixo 15 postulados correspondentes à teoria geral de gerenciamento de tecnologias avançadas de manufatura, que visam a auxiliar no planejamento e na implementação da automação da manufatura visando a fábrica do futuro. Estes postulados são em grande parte reunidos de artigos não-acadêmicos a respeito de experiências práticas com estas tecnologias. Esta teoria pois, é derivada dos relatórios e experiências de usuários e daqueles em contato direto com estas tecnologias.

Os postulados foram divididos dentro de três categorias visando agrupá-los em grupos que guardem entre si certas características comuns: os postulados técnicos, os postulados de sistema e os postulados gerenciais [24].

- Postulados técnicos:

1. As tecnologias flexíveis têm estendido altamente os tempos de vida dos sistemas.
2. Elementos intercambiáveis na tecnologia fornecem flexibilidade adicional.
3. A avaliação e aperfeiçoamento do processo de produção existente devem ser feitos inicialmente.
4. O *software* é o maior problema técnico durante a implementação

- Postulados do sistema:

5. A integração de grandes empresas é uma dificuldade enorme na implementação dessas tecnologias.
6. A ampla infra-estrutura necessária por estas tecnologias não é comumente levada em conta.
7. O tempo de implementação é consideravelmente maior que o esperado.

8. Os sistemas de contabilidade e outros que fazem avaliações devem mudar com estas tecnologias.
 9. Os benefícios técnicos são os mais importantes benefícios que estas tecnologias trazem para a empresa.
 10. A flexibilidade é uma vantagem marcante destas tecnologias.
 11. A direção estratégica é imperativa para estas tecnologias.
- Postulados gerenciais:
 12. Estas tecnologias flexíveis podem atuar como uma substituta parcial para o gerenciamento.
 13. O treinamento é de importância crítica com estas tecnologias.
 14. As pessoas resistirão à automatização, como fariam com qualquer outra mudança.
 15. O compromisso gerência é obrigatório para implementar efetivamente estas tecnologias.

A nova fábrica requer novos campos de cooperação entre os departamentos da companhia. Essa meta afirmativa da nova estrutura de nossas fábricas somente pode ser realizada quando todos os departamentos colaborarem. Grupos operacionais interdisciplinares têm que ser formados e eles funcionam como elementos estruturais. Isso não somente necessita de investimentos, mas em particular, este processo deve ser acompanhado por pessoal qualificado. Atrás da fábrica dirigida-por-dados está o conhecimento dos funcionários, está a perícia humana, está a experiência e a capacidade e especialmente a criatividade do homem [21].

O principal obstáculo para a fábrica totalmente integrada não é ausência de padrões, é a ausência de um claro entendimento de como as fábricas modernas trabalham. O conhecimento existe, mas dentro das cabeças dos operadores e gerentes. Em princípio, algo desse conhecimento pode ser capturado por "sistemas especialistas", programas de computador que combinam banco de dados com regras selecionadas de especialistas humanos. Muito disso porém depende dos costumes locais e experiência [22].

Como então reduzir a "dor" da criação da fábrica do futuro? Fabricantes que o têm feito afirmam que o melhor é aumentar a "gestação". Eles falam de "nascimento", a

preparação mental e física que reduz a agonia pela remoção do mistério e da incerteza. Acima de tudo eles dizem, ter uma estratégia: saber precisamente, e em termos simples: o que se deseja fazer. Enquanto isso, treinar, treinar e treinar, tudo novamente [17].

2.5 - Conclusão

Muitas companhias têm tentado resolver seus problemas de processamento de dados pela sua introdução em computadores. Eles logo aprendem que computadorizando um sistema de informação organizado de maneira pobre e montado em cima de erros, simplesmente criarão mais problemas. Esta lição, assim aprendida a longo tempo, tem sido em grande parte esquecida pelos gerentes de hoje, que estão tentando melhorar a desempenho da manufatura pela introdução de novos equipamentos sofisticados sem primeiro reduzir a complexidade e confusão das suas operações [10].

O gasto de muito dinheiro em *hardware* fixos, não ajudarão se os administradores não tiverem gasto o tempo necessário para simplificar e esclarecer suas operações de fábrica, eliminando fontes de erro e confusão, e estimulando a taxa de aprendizado. Tecnologias avançadas são importantes, é claro, frequentemente essenciais, mas existem muitas coisas que os administradores devem fazer antes para preparar suas organizações para estas novas tecnologias.

Mudanças radicais na tecnologia da manufatura - como a invenção da primeira máquina-ferramenta, o desenvolvimento de peças intercambiáveis, ou a linha de montagem móvel - vêm ao longo de toda uma geração. Quando uma aparece, existe pouca perícia que administradores possam atrair. Grande experiência pode proporcionar pequena orientação para o futuro imediato.

O erro feito por muitas companhias é tratar novos equipamentos de manufatura simplesmente como uma vantagem "física". A automação programável demanda um processo de tomada-de-decisão muito mais interativo e forte integração entre funções corporativas. Isto também demanda atenção para considerações não-financeiras de longo prazo, particularmente seu impacto sobre as vantagens *intelectuais* da companhia.

Novamente, a nova tecnologia de manufatura não somente modifica e processa materiais, ela também cria, modifica e processa informação - informação ligada através de redes de computador e disponível para cada estação de trabalho. Se os trabalhadores são treinados e encorajados a usar esta informação, o novo *hardware* torna-se um poderoso meio para aumento de conhecimento - fazendo não-especialistas especialistas e especialistas mais profundamente especializados [20].

3 - AUXÍLIO COMPUTACIONAL À USINAGEM

3.1 - Introdução

A filosofia de um ambiente de manufatura automática pode ser descrita como um relacionamento homem/máquina envolvido na interferência com a tomada de decisão, a cerca de um ajuste do processo de fabricação para uma área de fabricação, na qual prognósticos sobre o sucesso de uma operação são usados em um programa para controlar aquela operação em que não há ninguém como supervisor [26].

Avanços na tecnologia têm sido viáveis devido aos computadores serem usados mais amplamente numa variedade de aplicações, incluindo aí a tecnologia de manufatura. Sistemas CAD/CAM estão se tornando firmemente estabelecidos em indústrias de manufatura, e têm sido alcançado agora um estágio onde se é imperativo adotar estas técnicas para manter-se competitivo. Com a aplicação de CAD por um lado, tem se tornado muito comum ter módulos de CAM tais como CAPP, NC, FMS e AGV por outro lado, a necessidade de se integrar estes sistemas tem se tornado aparente [25].

Deve-se considerar que a integração das atividades de um sistema de manufatura não deve ser considerada como tecnologia específica, e sim como estratégia de projeto para as instalações de manufatura aliada a filosofia de organização. Os principais objetivos a serem atingidos com a integração dos sistemas de manufatura são [12]:

- redução dos custos de produção;
- aumento da qualidade do produto e redução dos índices de rejeição;
- aumento da flexibilidade da instalação de manufatura por redução do ciclo de manufatura, redução de inventários e redução do tempo de preparação para mudanças de um produto para outro; e
- manutenção ou melhoria do nível de competitividade em função das pressões externas ao sistema de manufatura.

3.2 - Projeto Auxiliado por Computador (CAD)

3.2.1 - Introdução

O CAD apresenta a fusão da tecnologia do computador com o desenho mecânico. As três funções essenciais que podem ser melhor realizadas com o CAD são: desenhos podem ser criados e armazenados para consulta futura, bibliotecas de símbolos comuns usados para criar desenhos que assim podem ser facilmente acessados, e funções de traçado e dimensionamento que poupam numerosas horas de desenho manual e de computação e que estabelecem um banco de dados para consulta futura [27].

O CAD representa um avanço significativo sobre o trabalho manual de projeto em três sub-áreas: construções geométricas e de superfícies, modelamento tridimensional e análises estruturais e de tensões. Análises manuais de projeto requerem uma extensa geração de fórmulas matemáticas para descrever uma superfície ou forma. Com um sistema manual, cálculos do fator tensão são realizados pelo computador. Porém, somente entradas numéricas são disponíveis, e estes resultados devem ser examinados manualmente no sentido de encontrar as mudanças resultantes da aplicação de uma força externa.

Com os sistemas gráficos de CAD, o processo de entrada é auxiliado significativamente pelo computador, e os dados resultantes das análises são apresentados graficamente na tela do sistema, um avanço significativo [27].

Esquemas de representação de objetos usados pelos sistemas de CAD existentes podem ser em geral classificados como "linhas" (na forma de fios), superfícies e modelos sólidos. Destes, os modelos de "linhas" representados por pontos, linhas, arcos e curvas são os mais simples e estão disponíveis em muitos sistemas CAD comerciais [28].

Atividades computadorizadas de engenharia em pesquisa e desenvolvimento são baseadas particularmente em CAD. Avanços em CAD são importantes por várias razões. Primeiramente, há um aumento contínuo no número de áreas nas quais existe um conflito entre o aumento da complexidade no projeto e especificações apertadas para a escala de tempo e custo no projeto, os quais não podem ser resolvidos por métodos manuais tradicionais [29]. Portanto, mais e mais organizações necessitam do CAD. Em segundo

lugar, novos computadores e periféricos estão continuamente aparecendo, e existe ainda uma maior variedade em facilidades de *software*. Conseqüentemente, há um aumento da complexidade e custo de projetos de sistemas CAD, por causa do grande número de combinações de *software* e *hardware* possíveis. As dificuldades na montagem ou ampliação de sistemas CAD são acentuadas pela escassez de especialistas qualificados. A figura 3.1 mostra a estrutura geral para o *software* CAD, onde subsistemas de serviço são distinguidos: monitor, computador gráfico, sistema de gerenciamento de banco de dados (DMS), e um conjunto de subsistemas de projeto representado pelo bloco "pacote".

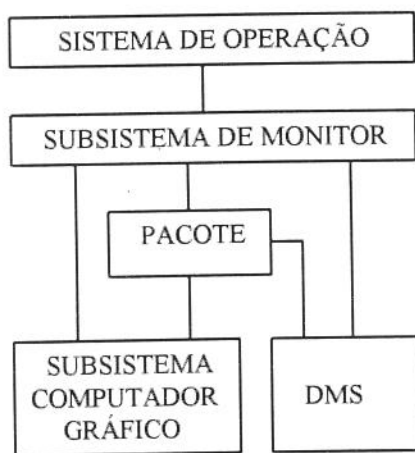


Figura 3.1 - Estrutura geral de um sistema CAD

Um primeiro aspecto em favor do CAD aponta na facilidade de se projetar e desenhar, comparado ao desenho manual, em um sistema de duas dimensões. Além disso, a quantidade de desenhos é vista ser reduzida pela reciclagem de informações à partir da base de dados. A informação pode ser usada pelas outras funções de projeto tais como análise de tensão e no controle de produção e da qualidade. Apesar do aumento da eficiência alcançada no projeto, esta afirmação aponta para uma integração, por razões econômicas possivelmente até mesmo necessárias, com outros sistemas, em primeiro lugar o CAM [30].

Pode-se representar uma estrutura proposta do processo de projeto envolvendo métodos de CAD, e elementos de proposição convencional para o projeto de engenharia conforme o modelo da figura 3.2, que consiste de quatro fases básicas que são [31]:

- esclarecimento da tarefa, envolvendo a geração e desenvolvimento de uma especificação necessária;

- projeto conceitual, onde tanto uma idéia inteiramente nova é formulada como uma nova solução para um problema existente é encontrada usando uma proposição diferente;
- projeto de incorporação, onde os conceitos vindos previamente são expandidos para fornecer a forma global do produto mais a geometria básica das partes da peça que a comporão; e
- projeto detalhado, onde a geometria do componente é dada de uma forma exata para propósitos de fabricação subsequentes. Esta fase inclui, mas não é limitada a, produção de desenhos de fabricação.

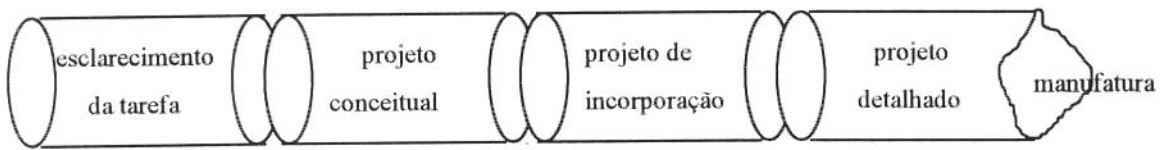


Figura 3.2 - Processo de projeto de engenharia (na teoria)

A terminologia é assim definida, e embora estas fases sejam mostradas como um processo seqüencial bem definido, na prática, e por diversas razões tais como escalas de tempo de projetos, necessidades de produção e aptidão geral do homem para o erro, há muito de sobreposição das fronteiras.

3.2.2 - A importância da integração

A produção, com seu grande número de máquinas-ferramenta computadorizadas comandadas numericamente (CNC), pode ser dita haver sido operada com CAM por um longo período de tempo. O fato é que muito do processamento ser feito em máquinas-ferramenta apoiadas por computador não implica numa não-preparação para uma integração com o CAD. Máquinas CNC podem, porém, ser conectadas à um sistema CAD/CAM e o planejado transmitido desde o DNC (Comando Numérico Direto), que envolve um controle de computador centralizado do processamento e armazenamento de programas. Isso pode ser visto como outro degrau dentro dos avanços da produção de uma integração com o CAD.

Suporte computacional tem, no entanto sido desenvolvido a partir da perspectiva de operações de fabricação mais racionais [30].

CAD/CAM é um ramo emergente da tecnologia e se preocupa com o uso de computadores digitais para realizar e integrar várias funções, tais como projeto, planejamento de processo e programação de peças em NC, no ciclo da manufatura. Na realidade, CAD/CAM não é no entanto uma integração contínua, mas antes uma série de "ilhas de automação", nas quais a interpretação humana dos dados do CAD é necessária para obter a geometria e informações tecnológicas de um componente [28].

3.2.3 - Exemplo de sistema CAD para usinagem

Modernos sistemas auxiliados por computador de projeto de ferramentas (CT CAD) são capazes de serviço *on-line* de pesquisa de modelos de ferramentas para processos tecnológicos específicos, estudo de ferramentas de uso especial, escolha de modelo de processo de fabricação de ferramentas, cálculo das taxas de uso de ferramenta, estudo de *set-up* ótimo de ferramenta, escolha de modelos de acessórios de ferramenta e elaboração de acessórios de uso especial (pinças, mandris, adaptadores, etc.), composição de conjuntos de *magazines* de ferramenta e outros trabalhos vitais para o funcionamento do sistema de manufatura em um modelo de tecnologia automatizada [1].

As funções dos subsistemas do CT CAD são estudar a separação dos elementos da ferramenta e então apresentá-los unidos para oferecer o seu desenho final. Para qualquer tipo de ferramenta estes subsistemas são desenvolvidos como segue: estabelecer princípios gerais de projeto, descrever os parâmetros das peças a serem trabalhadas com a dada ferramenta, escolher o método de cálculo dos parâmetros elementares da ferramenta, estabelecer a seqüência de cálculo e escrever programas para cálculo dos parâmetros da ferramenta.

Para o sistema CAD ser capaz de criar um ótimo projeto de ferramenta, as seguintes ligações entre os parâmetros individuais devem ser determinadas:

- **Espacial**, descrição da posição e seqüência dos elementos individuais (ângulos principais: de saída e de cunha, cabo, etc.);
- **Externo**, relato da natureza e condições da interação entre a ferramenta e a peça-obra; e

- **Funcional**, definição dos valores dos parâmetros (parâmetros de elementos de projeto que garanta robustez adequada e rigidez da ferramenta).

Ligações funcionais entre parâmetros de projeto de ferramenta e suas características de rigidez e resistência, podem ser estabelecidas num estágio de projeto preliminar usando métodos de engenharia bastante simples.

3.2.4 - Conclusão

A primeira razão para o sucesso em qualquer atividade de planejamento do produto utilizando métodos auxiliados por computador é a efetiva organização do grupo de planejamento de projeto. É sensato usar de revisões de projeto, métodos de cálculo de engenharia e o estabelecimento de uma estrutura de comunicação multi-lateral dentro de um grupo de projeto assegurando um grau significativo de controle do planejamento do projeto [31].

Revisões de projeto permitem regular e ter lugar uma comunicação sensata entre engenheiros de produção e o pessoal de projeto, e elas também possibilitam a presença de representantes das áreas de compras, orçamentos, qualidade e da oficina para trocar idéias, sugestões e recomendações sobre o projeto global do produto. Cálculos de engenharia devem ter uma parte significativa na comunicação entre o grupo de projeto e os grupos participantes externos nestes encontros de revisão.

3.3 - Fabricação Auxiliada por Computador (CAM)

3.3.1 - Introdução

Os sistemas gráficos de CAM são os que agrupam em sua concepção o auxílio às funções relativas aos processos de fabricação. O CAM possui cinco subconjuntos: atividades de programação da produção, atividades de engenharia da produção, atividades de

engenharia industrial, atividades de engenharia de instalações e, atividades de engenharia de "segurança" [27].

Atividades de programação da produção envolvem a preparação dos programas de controle numérico, a serem usados no processo de fabricação. As atividades da engenharia de produção se relacionam ao projeto do produto e às ferramentas necessárias para a produção atual. As atividades da engenharia industrial envolvem análises de trabalho e utilização de equipamento e considerações de controle de processo. As atividades da engenharia de instalações envolvem projeto de equipamentos e *layout* da planta e dos equipamentos. As atividades da engenharia de "segurança" preocupam-se com o controle de qualidade, medições de coordenadas, e análises de falha. Estes componentes do processo de manufatura representam uma maior oportunidade para o uso dos sistemas gráficos de CAM

A integração do CAD e CAM, é a base da Manufatura Integrada por Computador (CIM), que é a principal tecnologia para a obtenção da qualidade, produtividade na condução de novos produtos para o mercado. O CIM une o CAD, que aplica o computador para a criação, modificação e avaliação do projeto do produto, ao CAM que aplica o computador para o planejamento, controle e operação de uma instalação de produção. O CIM ocorre num empreendimento quando [32]:

- todas as funções de processamento e funções gerenciais relativas são expressas na forma de dados;
- estes dados estão na forma que podem ser gerados, transformados, usados, movimentados e armazenados; e
- estes dados se movem livremente entre funções de sistema durante a vida do produto, com o objetivo de que o empreendimento como um todo, possua a informação necessária para operar na máxima eficiência.

O CIM utiliza o banco de dados criado por intermédio do CAD. O subsistema de controle da produção (CAM) interfaceia-se com as máquinas NC, faz verificações para a garantia da qualidade durante os processos de fabricação e compila registros de tempo e assistência [32].

3.3.2 - Uso de base de conhecimento

Muitos dos últimos avanços no CAM, tais como incorporação de bases de conhecimento dentro dos processos de usinagem, são desejados mais para apoiar do que substituir as iniciativas humanas. Por exemplo, ele requer somente umas poucas horas para que máquinas-ferramenta numericamente controladas por computador (CNC) usinem peças que tomariam de um operador humano dias de usinagem. Máquinas CNC podem também executar usinagens complexas com uma precisão que poucos "artesões" poderiam igualar [33].

No entanto, pouco das capacidades das máquinas CNC são aplicadas inteligentemente. *Softwares* para programação destas máquinas proporcionam aos engenheiros as *ferramentas* para transformar o processo de fabricação.

Por outro lado, quando o melhor operador em uma oficina aposenta-se, ele normalmente leva 40 anos de experiência consigo. Para preservar um pouco daquele *know-how*, a atual geração de programas de CAM usa sistemas especialistas para resgatar a respeitável experiência dos operadores veteranos [34].

3.3.3 - Características dos sistemas

Embora os *softwares* tenham feito a tarefa mais facilitada, a programação de máquina-ferramenta é ainda hoje feita manualmente, baseada na leitura de desenhos, sem o uso de sistemas CAD/CAM. A geometria é enviada ao computador, e o programa de comando numérico (CN) "massageia" os dados só então eles podem ser usados para a geração dos trajetos da ferramenta. O programador então deve definir em termos de fabricação, quais superfícies estão representadas no projeto e deve selecionar as ferramentas para cortá-las. Os trajetos da ferramenta são desenvolvidos e os códigos de máquina gerados [34]

Programadores experientes podem usar sistemas de memória quando usinam uma superfície ou uma seqüência mais elaborada para operações complicadas, fazendo uso da metodologia de Inteligência Artificial através de Sistemas Especialistas. Assim sendo,

programadores sem experiência podem aproveitar-se do conhecimento dos mestres operadores, produzindo desse modo trabalho de maior qualidade num tempo menor.

A adição de sistemas de base de conhecimento será uma fonte de progressos futuros. Incorporando informações sobre material, tolerâncias, e geometrias, assim como regras a respeito de suas aplicações para a manufatura, dentro do sistema CAM pode auxiliar a automação da máquina CN. Sistemas de base de conhecimento serão capazes de fazer suposições de como os trajetos da ferramenta devem fazer, para parecerem como baseados na geometria da peça e farão alterações conseqüentemente. Eles também serão úteis na simulação dos efeitos relativos à fabricação, tais como geração de calor e desgaste de ferramenta [33].

A automação pode alterar radicalmente o processo de fabricação e as funções das pessoas envolvidas nele. Muitas companhias estão empregando tanto *softwares* quanto engenheiros para cortar semanas do tempo e ganhá-las para projetar e fabricar os produtos [33].

3.4 - Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP)

3.4.1 - Introdução

Planejamento do processo é a chave da produção. Plantas industriais de tamanho médio a pequeno não podem ser administradas sem o conhecimento dos processos de produção, e correspondentemente, engenheiros experientes nos processos de produção podem iniciar e administrar as atividades da planta independentemente [35].

O plano de processo descreve como uma peça é feita, conseqüentemente é um dos mais críticos de todos os documentos de fabricação. A união de todas as informações necessárias no plano de processo é um trabalho intensivo e requer um alto nível de perícia e experiência de fabricação. Os processistas devem entender de capacidades e limitações das máquinas-ferramenta. Eles devem conhecer tolerâncias, alcances de percurso e velocidades operacionais. O processista também determina avanços e velocidades específicas para

ferramentas, configurações de fixação, seqüências de fabricação e tempos de processamento. Outras variáveis consideradas pelos processistas incluem a dureza do material, o desgaste da ferramenta, a rigidez da ferramenta e da fixação, temperaturas de corte e tipos de fluido de corte [36].

Historicamente, os planos de processo eram feitos uma vez que o desenho do produto era fixado. Hoje, porém, os processistas muitas vezes têm que revisar os processos para diminuir o *lead time* dos produtos, reduzir custos de fabricação e melhorar a qualidade do produto.

Como dito anteriormente, o planejamento do processo é um conjunto de procedimentos para determinar todas as informações necessárias na fabricação dos produtos projetados. Até agora, os computadores não têm sido utilizados suficientemente para este planejamento de processo, embora o CAD seja usado no projeto e o CAM na fabricação individualmente [37]. Isto obstrui o fluxo de informação entre projeto e fabricação. Também, na fabricação de componentes mecânicos por usinagem, o trabalho elaborado pelos planejadores de processo têm sido necessariamente traduzir dados de CAD dentro da linguagem de usinagem. Assim, é desejável para o planejamento do processo ser auxiliado ou automatizado por computador.

No entanto, existem dois problemas maiores associados com a computadorização do planejamento do processo para usinagem. São eles [37]:

- é difícil incorporar o conhecimento de especialistas dentro do sistema, porque o conhecimento é complicado e difícil de sistematizar, e ele contém conhecimentos sobre geometria. Um exemplo deste tipo de conhecimento é a questão de quais ferramentas e parâmetros de usinagem devem ser usados para se conseguir a forma e as tolerâncias requeridas; e
- processamento geométrico avançado é necessário no processo, para obtenção de uma seqüência de fases da usinagem desde o bruto à peça pronta de acordo com a especificação de projeto e o componente projetado.

3.4.2 - Tipos de sistemas CAPP

Basicamente cinco métodos são usados para o planejamento do processo. Os métodos manual e *workbook* não usam computadores, os demais: variante, semi-generativo e generativo utilizam computadores e estações de trabalho [36].

Um processista usando o método manual, trabalha somente com um desenho de engenharia detalhado. Esta técnica requer que o processista tenha uma grande quantidade de conhecimento e experiência. Os maiores problemas com este tipo de planejamento são que o tempo do processista é extremamente consumido e depende pesadamente do seu conhecimento.

Com o método *workbook*, o processista procura seqüências de operações catalogadas para um tipo específico de peça. A proposição do *workbook* efetivamente suplementa o conhecimento do processista. A desvantagem é que os *workbooks* são limitados às variáveis de processo abrangidas pelos catálogos.

No planejamento do processo variante, o processista anota manualmente um plano dentro de um sistema CAPP. Nas interações subsequentes, o plano de processo é corrigido e editado. Este é melhor que os métodos manuais apenas porque o computador é usado fundamentalmente como uma ferramenta para esboço e armazenamento de documentos de planejamento

Um sistema semi-generativo é um pouco mais sofisticado porque o processista pode modificar os planos de processo usando cálculos e utilizando também as *features*.

O CAPP generativo é o método mais promissor, porque ele pode automaticamente atualizar seus planos de processo com a última informação de fabricação. Porque ele é definido em uma base de conhecimento, ele pode compreender e usar um número ilimitado de variáveis. Ela é a única metodologia capaz de obter vantagem total de todos os dados disponíveis na fabricação.

3.4.3 - O planejamento do processo e a programação NC

O processo de produção industrial possui uma estreita relação entre projeto e fabricação, com respeito a aspectos organizacionais e de dados. Contudo o desenvolvimento de um sistema viável de CAPP usando dados de CAD como entrada para uma efetiva preparação de dados-NC, não têm tido êxito no entanto. Pesquisas têm tipicamente sido dirigidas à decomposição arbitrária de subproblemas definidos sobre diferentes domínios de geometria da peça, e domínio de processo, levando a resultados amplamente diversos, tipicamente incompatíveis com o conceito de sistema integrado [38].

A geração de planos de processos em geral inclui as seguintes funções: determinação do material de entrada, determinação da seqüência das atividades de processo, seleção da máquina-ferramenta e das fixações e cálculo do tempo.

O resultado é documentado em um plano de processo, que em geral é subdividido em uma seção de cabeçalho e a seqüência das atividades de processo. A cerca da geração de dados-NC o planejador de processo até aqui tem somente decidido fazer uma certa tarefa com a ajuda de uma máquina-ferramenta com comando numérico. Esta decisão é atualmente a única ligação entre o planejamento do processo e a programação de NC.

Para gerar um programa CN as seguintes funções, subdividas em dois estágios têm de ser cumpridas. O primeiro estágio inclui: definição da geometria da peça-obra para a aplicação NC; decomposição da atividade de processo em operações relativas ao uso de uma só ferramenta; cálculo de velocidades, avanços e profundidades de corte e seleção de ferramentas. O segundo estágio inclui: determinação do número de passes e outros parâmetros de trajeto da ferramenta; descrição do trajeto da ferramenta pelos pontos de posição da ferramenta e mudar comandos (função de código CN).

Na indústria de manufatura orientada-a-papel a separação entre a geração do plano de processo e a programação NC (geração do plano operacional e codificação NC) trabalha muito bem. Mas quando, o desenvolvimento de *software* começou a apoiar diferentes funções de planejamento de processo e NC, a estrutura hierárquica do plano do processo, plano operacional e programação NC não foi levada em consideração. Tanto o CAPP quanto os sistemas de programação NC foram desenvolvidos independentemente [38].

3.4.4 - O futuro

O desenvolvimento da automação do planejamento de processos com "inteligência", incluindo sistemas auxiliados por computador, nos próximos vinte anos pode produzir resultados espantosos. Suas utilizações não se reduzirão somente ao trabalho dos planejadores de processo e economizar tempo de fabricação, mas integrará rigorosamente vendas e administração com a fabricação. Tal integração se tornará necessária para resposta às tendências esperadas de maior diversidade de produtos e produção de pequenos lotes. A sobrevivência das indústrias pode de fato depender da automação alcançada de seu planejamento de processo com uma base de conhecimento [35].

No futuro, mudanças frequentes no *lay-out* das células de fabricação e programação em tempo real durante a produção, se tornarão comuns. As tarefas poderão se tornar muito complexas para a inteligência humana, sem o auxílio da inteligência artificial. Já que a automação se traduzirá de imediato como perícia industrial, as indústrias darão alta prioridade à pesquisa do planejamento do processo auxiliado por computador.

3.5 - Sistemas Especialistas (ES)

3.5.1 - Introdução

O Planejamento do Processo, que é um maior determinante dos custos de fabricação, contribui para o êxito da indústria de manufatura por fornecer a ligação necessária entre projeto e fabricação. As saídas obtidas dos sistemas CAPP são essenciais para a programação do trabalho, programação CNC, controle de chão de fábrica, e outras tarefas da manufatura. Um sub-domínio do Planejamento do Processo é o planejamento de operações. Esta atividade supõe determinação de operações, seleção de condições de corte e determinação de dados de localização da ferramenta. O principal obstáculo neste campo é a confiança numa grande quantidade de conhecimento subjetivo e especializado preferencialmente, para

produzir um plano de usinagem. A reestruturação de algoritmos para endereçar mudanças tecnológicas contínuas é usualmente muito complexa e consome um tempo muito grande de processamento [26].

Sistemas especialistas permitem a computadorização de tarefas previamente não-programáveis, devido à sua proposição não-algorítmica. Eles encapsulam um conjunto de conhecimento, conhecimento aplicado ou perícia no sentido de que ele pode se tornar disponível para não-especialistas ou principiantes [39].

Os sistemas especialistas são baseados em regras que têm sido introduzidas segundo a experiência dos técnicos. A função de semelhante sistema especialista é a geração dos fatos que definem um grupo de situações admissíveis para a programação das operações, com todas as informações necessárias. O sistema especialista é capaz de interagir com o usuário qualquer para induzir a despeito de situações não esclarecidas ou para obter sugestões em situações de conflito que não é capaz de resolver [40].

3.5.2 - Seleção de ferramentas e otimização de processo

A usinagem de metais é um processo complexo, e a complexidade é além disso composta pela variedade de operações e materiais envolvidos. Hoje, a usinagem é freqüentemente realizada em máquinas-ferramenta de comando numérico, com ferramentas múltiplas constituídas de pastilhas, suportes e fixações. As decisões para a seleção de ferramentas, determinação de parâmetros de usinagem e tempos de troca de ferramenta são feitas pelos planejadores de processo, programadores e operadores de máquina em diferentes estágios da fabricação. Devido a esta partilha de responsabilidades e à escassez de interação com o processo, tem se tornando muito difícil realizar boas decisões de ferramental [41].

Por outro lado, a seleção de ferramentas pode ser claramente subdividida em três estágios. No primeiro, a base de dados é pesquisada e é determinada uma lista de ferramentas que são praticáveis para a dada operação. No segundo estágio, o custo de usinagem de cada uma das ferramentas praticáveis é determinado. No terceiro estágio, o usuário seleciona uma ferramenta com a inteligente recomendação do sistema [42].

Na visão das reduções significativas no custo que podem ser obtidas pela seleção da ferramenta correta e suas condições de corte ótimas associadas, particularmente para operações de torneamento externo, é considerado que qualquer sistema de seleção que não leve em conta todos os parâmetros tecnológicos importantes tem limitações severas [42]. A vantagem está em tirar proveito do uso de condições de corte ótimas.

3.5.3 - Aplicação de Sistemas Especialistas

Se todas as informações necessárias para a seleção de ferramenta e otimização de processo, forem introduzidas manualmente, a otimização será prolongada e tediosa. Esta é uma das razões para a implementação limitada de técnicas de otimização nas operações atuais de usinagem. É, no entanto, praticamente impossível se estabelecer uma base de dados altamente confiável que apoie a otimização de todos os processos de usinagem. Assim, é necessário estabelecer um esquema de base de dados para coleção de dados pertinentes ao processo em um dado sistema. É também necessário ter um procedimento estatístico apropriado, que pode ser usado para estabelecer uma base de dados de usinabilidade digna de confiança para um dado sistema [41].

Como dito anteriormente uma típica função freqüentemente presente na estrutura de um sistema CAPP é a seleção de ferramentas para cada operação de corte programada. Cada escolha é particularmente importante porque a ferramenta afeta a qualidade da superfície e o custo da operação. Este tópico não parece ter sido desenvolvido assim profundamente para ter uma seleção detalhada e otimizada de todas as características da ferramenta. De fato aqueles sistemas programados para esta seleção, levam em conta somente o problema da compatibilidade geométrica com a peça-obra e diferenças entre ferramentas de desbaste e acabamento. Sistemas especialistas podem ser úteis para seleção de ferramentas principalmente pelas seguintes razões [43]:

- fabricantes de ferramentas colocam no mercado muitos tipos de suportes e pastilhas, de modo que a escolha da melhor combinação de suporte-pastilha não é uma tarefa fácil e rápida;

- a produção de novas ferramentas (materiais e/ou geometrias) é praticamente contínua, de modo que o sistema para seleção automática de ferramenta deve ser capaz de ser frequentemente atualizado sem um especialista de *software*; e
- a seleção de ferramenta depende principalmente da experiência prática e normalmente o critério de escolha não pode ser obtido pelo conhecimento exato.

3.6 - Gerenciamento de Ferramentas Computadorizado

3.6.1 - Introdução

Um aumento da diversidade de variantes, redução na vida efetiva do produto e um nível crescente de complexidade nos produtos em conjunção com a necessidade de tempo curto de entrega, tudo representa fatores de mercado. As companhias têm que reagir a estes fatores no campo da engenharia de fabricação via métodos e medidas inovadoras. As estratégias da engenharia de fabricação continuam a se concentrar nos processos de fabricação. Em resposta às necessidades de mercado, esforços têm se focado atualmente sobre a melhoria da qualidade da fabricação e aumento da produtividade [44].

Gerenciamento de ferramenta é um processo resultante da interação do planejamento, execução e funções de controle no fluxo de informações relativas às ferramentas [44]. O objetivo do gerenciamento de ferramenta é assegurar a melhor disposição da ferramenta correta no local correto e no tempo certo [44,45,46].

"Por falta de uma broca, uma peça foi atrasada. Por falta da peça, o produto não foi construído. Por falta do produto, o pedido foi perdido. Por falta do pedido, o gerente foi despedido."

Um exagero? Talvez, mas considere estes números [45]:

- tipicamente, 30 a 60 % de um inventário de ferramental de uma oficina está em algum lugar do chão de fábrica, perdido e usado, muitas delas armazenadas "fora" em caixas de ferramentas pessoais;

- tipicamente, 16 % da produção programada não pode ser cumprida porque o ferramental não está disponível;
- tipicamente, 40 % do tempo dos encarregados é usado procurando e expedindo materiais e ferramentas;
- em muitas fábricas, operadores gastam mais de 20 % de seu tempo procurando por ferramentas, na situação de somente meia hora por turno, o tempo perdido pode contudo somar até três semanas de trabalho em um ano; e
- tipicamente, um orçamento anual de uma empresa metal-mecânica para ferramental, dispositivos, fixações, suprimentos consumíveis, e partes sobressalentes é de 7 a 12 vezes maior que o seu orçamento completo de capital e equipamento.

Estes são os resultados. A causa: os eventuais sistemas de gerenciamento de ferramenta manual típicos de muitas instalações de produção. A resposta: um sistema computadorizado de gerenciamento de ferramenta. Ele pode não ser tão encantador quanto um MRPII ou JIT, mas o controle das necessidades de ferramentas e ferramental é tão importante quanto o gerenciamento de pessoas, materiais e máquinas: uma broca de US\$ 2.00 perdida pode parar até mesmo o melhor sistema de produção no seu caminho [45].

3.6.2 - O colapso do sistema manual de informações

Um verdadeiro colapso sofrido pelos sistemas tradicionais de manipulação de informações, se deu principalmente pelo desenvolvimento das máquinas ferramenta, e dos materiais para ferramenta que ocasionaram um aumento súbito na quantidade de informações a ser manipulada pelos sistemas de planejamento e controle.

Com o desenvolvimento das máquinas de comando numérico (CNC) houve o que se pode chamar de quebra da relação histórica entre o operador, sua máquina e seu armário de ferramentas [7], pois com as máquinas CNC veio a necessidade de "kits" de ferramentas serem distribuídos para um operador junto com as peças, listas de controle, folhas de operação e desenhos, incorrendo pois em um aumento significativo no sortimento do inventário de ferramentas, aumentando o interesse no gerenciamento de ferramenta, porque a ele caberá a tarefa de reduzir o número total de ferramentas em circulação para um patamar

mínimo que ao mesmo tempo garanta que nenhuma máquina irá parar por falta de ferramenta.

Houve também um aumento da ocorrência, de quando quebrada a relação entre o operador e sua máquina/armário da substituição do fluxo de informações por um fluxo de uma só direção das ferramentas, listas e folhas de operação, assim sendo algo de valor particular foi perdido - o "input" que o operador especializado podia fazer com seu conhecimento de velocidades, avanços, usinabilidade dos materiais, e sua compreensão experimental da diferença (no chão de fábrica) entre teoria e prática [7]. Já os sistemas de gerenciamento proporcionam uma espécie de "loop" fechado, com informações fluindo bidirecionalmente entre escritório e oficina.

Modernos materiais de corte tais como carbonetos cementados com revestimentos resistentes a desgaste, cerâmicos e compósitos, facilitam substancialmente o aperfeiçoamento do processo de usinagem. Porém, a eficiência de suas aplicações é em grande parte dependente da condição do equipamento e da tecnologia aplicada, que conjuntamente determinam a temperatura e a condição dinâmica da aresta da ferramenta.

A aplicação prática destes materiais para ferramentas, tem mostrado que eles são capazes de suportar temperaturas muito altas, o que lhes atribui uma alta resistência ao desgaste e a temperatura. Ao mesmo tempo estes materiais são frágeis. Por esta razão, vibrações que são dependentes das propriedades dinâmicas da máquina, muitas vezes tem uma influência decisiva na vida das ferramentas fabricadas com estes materiais.

A aplicação eficiente destes materiais para ferramentas, também depende da qualidade da ferramenta (qualidade da matéria-prima, tecnologia de produção do inserto, etc.), das características do equipamento (qualidades dinâmicas, velocidades de fuso, potência efetiva, etc.) e da tecnologia de trabalho (escolha dos parâmetros de corte) [47]. Informações estas que devem ser armazenadas no sistema de gerenciamento de ferramenta, para que se possa aproveitar ao máximo das características destes materiais.

3.6.3 - Aspectos referentes a custos

Informação e inovação estão intimamente ligadas. O processo inventivo, anteriormente visto exclusivamente como um ato de gênio criativo, toma inteiramente uma nova dimensão pela força do suporte de *mídia* eletrônica. O acesso ao conhecimento armazenado em banco de dados externos, por exemplo, faz isso possível para pesquisa de soluções em uma ampla varredura e realiza a pesquisa dentro de um curto período de tempo. Muitas operações de projeto e faturas são atualmente capazes de serem amplamente automatizadas [48].

Uma importância considerável se junta, à introdução sistemática de tais sistemas, como parte de uma estratégia competitiva bem definida, pois são as funções de fabricação e projeto que na indústria mecânica exercem uma maior influência na sua competitividade. Ambas têm um impacto direto no valor do produto, usinabilidade, materiais e consumo de energia, custos de capital e mão de obra necessários assim como a quantidade de informação necessária para a operação da empresa.

Os vários parâmetros no fluxo de informação integrado são interrelacionados e, ambos técnica e economicamente, exercem uma influência sobre as variáveis da solução a ser otimizada. Particularmente no desenvolvimento de produto em engenharia mecânica, preços de materiais, custos de projeto e fabricação, pequenos lotes e peças repetidas têm um comportamento decisivo sobre falta de competitividade. Particularmente importantes são as mudanças tecnológicas rápidas derivadas dos novos materiais de engenharia, novos processos ou soluções de usinagem assim como novas oportunidades no fluxo de informações integradas que pode levar a soluções inteiramente novas no projeto e na manufatura de produtos.

Existe hoje, um enorme sortimento de ferramentas e insertos disponíveis para os operadores. Frequentes adições são feitas aos catálogos dos fornecedores, com o objetivo de acirrar a disputa entre os mesmo, pois cada um deseja se firmar como o produtor do melhor equipamento para este ou aquele conjunto de condições de corte.

Como resultado muitos inventários de ferramentaria têm crescido enormemente nos últimos anos. Custos implicados diretos são considerados e existe um custo oculto substancial associado com o cuidado e administração de um tão grande número de itens.

Em um esforço para alcançar um melhor controle de suas ferramentas, muitas empresas estão agora trabalhando com sistemas de gerenciamento de ferramenta computadorizados [8]. O uso de tais sistemas permite que se localize certas falhas relativas ao estoque de ferramentas, favorecendo a eliminação de certos custos referentes [44,45]:

- ao valor do excesso de inventário necessário de ferramenta, por causa de duplicações acumuladas e desnecessárias;
- ao valor do inventário obsoleto;
- ao inventário anual de ferramentas perdidas/reduzidas;
- ao custo excessivo de compras de emergência, por causa da falta de inventário necessário de ferramentas;
- às despesas inaproveitadas na compra de ferramentas incorretas; e
- à perda de mercado devido a atrasos nas entregas por causa de ferramentas perdidas;

Ferramentas, dispositivos e fixações podem somar pouco dinheiro. Falhas em manter um firme controle sobre eles, porém pode custar muito mais, especialmente quando existir em almoxarifado, algo em torno de 100.000 ferramentas, por exemplo [49].

3.6.4 - Funções clássicas dos sistemas

Os Sistemas Computadorizados de Gerenciamento de Ferramentas podem desempenhar as seguintes funções [45,46,50]:

- fornecer ferramentas de desenhos e dimensões específicas, nas quantidades específicas;
- fornecer ferramental auxiliar para adaptar o sortimento de ferramentas e máquinas em uso;
- armazenar ferramentas dentro ou próximo às máquinas, em estoques de reserva;
- transporte das ferramentas do estoque, do armário da máquina ou do estoque de reserva para a estação de trabalho;

- monitorar a localização das ferramentas, bem como o seu estado, durante a usinagem e fora da zona de trabalho;
- assegurar que as ferramentas estão ajustadas à dimensão, gerando quando necessário ordens de reafiação;
- renovar as ferramentas usadas;
- escolher novas ferramentas (quando da mudanças no processo de usinagem) em modo interativo, que necessita do uso de um amplo Banco de Dados atualizado, gerando ordens de cancelamento e aquisição de ferramentas; e
- permitir a existência de ferramentas de uso especial a serem projetadas e fabricadas, ou gerar ordens para a sua compra.

Uma ótima aplicação do gerenciamento de ferramenta deve alcançar altos níveis de utilização da máquina através da redução dos tempos ociosos e de montagens relativos à ferramenta [7,44]. Como se pode observar a eficiência na produção, depende em grande parte de como o ferramental é gerenciado.

FMS atuais, cada vez mais são equipados com algum tipo de gerenciador de ferramenta. Além disso, simulações são desenvolvidas sobre o fluxo de ferramental antes do projeto de um sistema ser finalizado. Automação do gerenciamento de ferramenta em FMS é caro, mas sua justificativa corresponde à mesma que a do FMS no geral: redução no tempo de *set-up*, alta utilização do fuso, e aumento da flexibilidade para lotes de tamanhos menores [45].

Somente se a instalação básica de produção recebe o ferramental especificado de qualidade necessária no tempo estabelecido, pode-se funcionar sem paradas [46]. Além do que um ótimo sistema de controle de inventário é essencial para qualquer companhia que trabalhe com um grande número de ferramentas [49].

3.6.5 - Bancos de dados independentes

Na era do CIM, o processamento de informações tem se tornado um fator chave na moderna manufatura. Apesar de numerosas tentativas em solucionar os vários problemas importantes envolvidos, o gerenciamento de ferramental, muitas vezes caro, tem tipicamente



mantido uma falha no fluxo global de informação de muitas companhias. As dificuldades começam com a compra de ferramentas de reposição ou com a procura por novas ferramentas para combinar com novas tarefas de usinagem. A multiplicidade de variantes de ferramentas e características torna difícil para o usuário ganhar uma visão compreensível do mercado e suas feições características.

No sentido de se obter uma completa visão das ferramentas disponíveis e suas características, companhias individuais necessitariam criar e manter extensa coleção de dados, uma tarefa que quase não está dentro dos limites das possibilidades econômicas, especialmente para pequenas e médias empresas [51]. Neste caso certas instituições viram por bem criar o que Eversheim chama de "Banco de Dados para Ferramentas Independentes de Companhias" (BDFIC), cujas informações são coletadas de diversas fontes tais como indústrias (de materiais, máquinas, ferramentas, etc.), centros de pesquisa ou mesmo de fontes bibliográficas. Estes BDFIC permitem que os seguintes objetivos sejam alcançados:

- rápida transferência e exploração de ferramentas recém-desenvolvidas;
- troca de informações melhoradas entre fabricantes e usuários;
- aumento da transparência do mercado;
- estímulo de tendências com respeito à padronização; e
- estímulo para o desenvolvimento de ferramentas inovadoras.

Os fabricantes de ferramentas normalmente têm direito tanto a acessar o Banco de Dados como modificar seus próprios dados, já os usuários somente têm acesso aos dados.

Eis alguns dos Centros de Informações de Usinagem existentes no mundo [52]: CRIF da Bélgica, CETIM e USIDATA da França, INFOS e SWS da Alemanha, TRI do Japão, PERA da Inglaterra, MDC dos Estados Unidos, TECHNION de Israel, o DATAMAC da Índia e o COROCUT da Suécia.

Tendo em vista apoiar a indústria nacional no sentido de suprir as carências observadas nos Sistemas de Planejamento da Produção, no tocante a informações de usinagem, iniciou-se em 1983, a criação de um Centro de Informações de Usinagem e seu respectivo Banco de Dados, denominados CINFUS, desenvolvido no computador IBM 3090. 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) [52], além de armazenar as informações ele realiza os cálculos dos valores de corte correspondentes ao processo de usinagem

O sistema foi montado em uma estrutura modularizada, composta por sub-rotinas, buscando com isso a simplificação na programação, redução do tempo de execução e facilidades na manutenção dos programas, bem como do sistema. No módulo principal, são definidas e lidas todas as variáveis de entrada correspondentes a um determinado processo de usinagem. No módulo seguinte tem-se toda a formulação matemática usada para calcular os valores de corte correspondentes ao processo de usinagem.

Atualmente encontra-se em andamento um trabalho conjunto entre a UFSC e a UNICAMP, com o objetivo de se aperfeiçoar o sistema CINFUS através da reestruturação dos seus arquivos e campos; da implementação do sistema em *INGRES*; e da inclusão do módulo referente à bibliografia, que armazenará resumos de artigos sobre usinagem e sua localização proporcionando meios de pesquisa bibliográfica sobre usinagem mais rápidos e eficientes.

3.6.6 - Exemplos de gerenciadores de ferramenta computadorizados

Para garantir um gerenciamento efetivo em FMS, e conseguir uma solução integrada para o problema de organização de ferramental desde o período de distribuição para a instalação até o cancelamento final, e coordenar o funcionamento do Sistema de Gerenciamento de Ferramentas (TMS) com o Sistema de Planejamento Automático da Produção (APPS) e Sistema de Controle Automático da Produção (APCS) é necessário criar um Sistema de gerenciamento Automático de Ferramenta (ATMS).

Um FMS com ATMS instalado pela Kericu Seic Company (Japão) contém três subsistemas básicos: armazenamento, inspeção preliminar e distribuição para o Módulo de Manufatura Flexível (FMM) [46]. As ferramentas são armazenadas em prateleiras. Os números da ferramenta e seu endereço na prateleira são armazenados na memória do computador. Para evocar uma ferramenta de uma prateleira, o operador encontra o número da ferramenta num catálogo de consulta e entra no computador. O computador então mostra e imprime as informações básicas a respeito da ferramenta (endereço, dimensões, condições

operacionais, etc.). Usando a listagem, o operador retira a ferramenta da prateleira e a coloca em um *container*. As ferramentas são transportadas das prateleiras para uma estação de inspeção preliminar e dali para os FMMs em carrinhos de mão.

Em um outro FMS, instalado em uma instalação da Toshiba (Japão), o operador retira as ferramentas necessárias para cada FMM e as coloca em *pallets* de acordo com a programação de operação do FMS. Os números das ferramentas para carregamento em cada FMM são mostrados na tela do monitor. Um AGV transfere os *pallets* com ferramentas para as mesas dos respectivos FMMs. As ferramentas usadas são colocadas em *pallets* e transportadas desde a estação de preparação de ferramentas para a Seção de Preparação de Ferramentas (TPD), onde os operadores as inspecionam e as remetem para afiação ou para as prateleiras de armazenamento. As ferramentas são substituídas quando seu tempo de operação total alcance um período de vida preestabelecido.

Um ATMS russo tem sido desenvolvido para uso em um FMS de manufaturas de multi-produtos e pequenos volumes. Isso compreende: uma seção de usinagem contendo oito FMMs, um sistema de armazenamento e transporte compreendendo um depósito e carros de transporte, uma Unidade de Controle por Computador (CCU), uma TPD e uma seção para montagens de dispositivos [46].

O diagrama da figura 3.3 mostra o fluxo das ferramentas no FMS. Todo o fluxo passa através do Depósito Automático (AS), que também serve como um centro para coleta de informações a respeito de todo o fluxo de material do FMS (blanques, peças, ferramentas, dispositivos, etc.).

As ferramentas passam desde o Depósito Central de Ferramentas (CTS) para o AS e então para a TPD. O preparador coloca as ferramentas no endereço apropriado de acordo com o programa de desmontagem de conjunto e passa a informação completa de trabalho dentro da memória do computador. O *software* ATMS armazena informações a respeito de todas as ferramentas do AS e todas as alterações relativas a elas (despacho e retorno das ferramentas, mudanças nos valores residuais de vida, número de afiações, etc.)

O preparador também faz a montagem do ferramental de acordo com o cartão de montagem gerado pelo CCU. Este cartão mostra todas as informações necessárias (nome da ferramenta, número do endereço no qual as ferramentas estão localizadas, números de série

das ferramentas e dimensões de montagem). A seqüência na qual os blocos são feitos é determinada pela programação de turno de trabalho da TPD gerada pelo CCU. Depois de fazer a montagem do ferramental o preparador monta as ferramentas fora da máquina em instalações designadas para tal, introduz correções (se necessário) no cartão de montagem, instala os blocos de ferramentas em *cassetes* de ferramentas e os envia para fora do AS. Ele então introduz a informação completa de trabalho na memória do computador (via terminal).

De acordo com a programação do turno de trabalho de usinagem o *cassete* de ferramenta é transferido do AS ao receber o sinal do CCU por um carro de transporte, que o distribui para a região de trabalho do FMM. Nesta região as ferramentas são automaticamente transferidas do *cassete* de ferramenta para o magazine de ferramentas do FMM.

Depois que a usinagem é completada, as ferramentas são devolvidas para a TPD pelo mesmo trajeto. Na TPD um preparador desmonta os blocos de ferramenta e inspeciona visualmente as ferramentas: ferramentas boas são colocadas nos endereços apropriados de prateleira (TR), enquanto ferramentas que requeiram afiação ou reparo e ferramentas que não podem ser usadas tão logo são enviadas para as posições de retenção. O preparador insere a informação completa de trabalho para a memória do computador via terminal, e informação a respeito de ferramentas necessitando de reafiação ou uma requisição de cancelamento é armazenada no ATMS.

Ao receber um sinal do CCU as ferramentas são enviadas para a oficina de afiação de ferramentas do FMS, que faz parte da Oficina de Ferramentas (TS). Ferramentas para cancelamento são enviadas ao AS por meio de uma requisição de cancelamento, e então para a Oficina de Ferramentas Canceladas (WOTS).

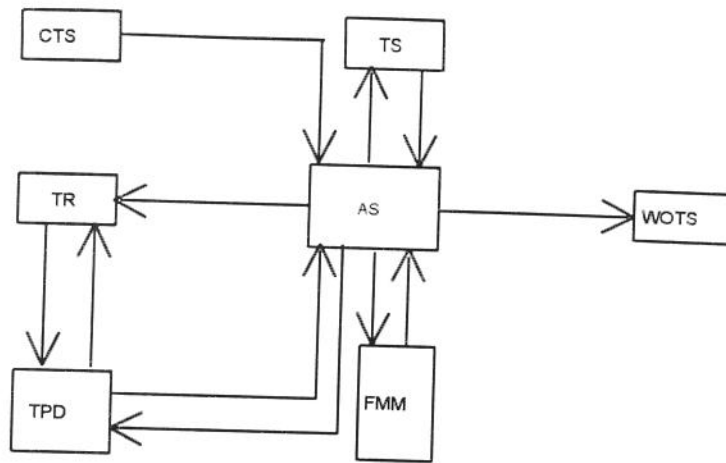


Figura 3.3 - Diagrama estrutural do fluxo de ferramentas e dispositivos no FMS

A eficiência destes programas é evidente. Como por exemplo, no sistema de gerenciamento de inventário de ferramenta - TIMS (Tool Inventory Management System) [49] - o computador não somente conhece todas as ferramentas e suas localizações, ele também conhece, pela confirmação do número da peça, qual e quantas delas podem ser enviadas para cada operação de usinagem individual. Por exemplo, se um operador requisita seis dispositivos quando três fariam o trabalho, o computador autorizará o envio de apenas três.

Alguns sistemas de gerenciamento de ferramentas têm sido desenvolvidos por alguns grupos de pesquisa no Brasil, notadamente na UFSC e na Escola de Engenharia de São Carlos - USP. A seguir serão apresentados sucintamente dois sistemas o GEFER e o SGF, projetados respectivamente pelos citados grupos.

Juntamente com o CINFUS, foi desenvolvido pelo GRUCON, um Gerenciador de Ferramentas o GEFER, que é um *software* através do qual se faz o gerenciamento de informações sobre ferramentas, dispositivos de fixação e dados de usinagem em Micro computadores tipo IBM-PC. O sistema é composto por dois módulos interdependentes. Um, banco de dados, e outro, de montagem, encarrega-se da aquisição e do processamento dos dados baseados em uma sistemática que define o conjunto ferramentas-dispositivos de fixação. O módulo de banco de dados atua como uma base para a seleção do conjunto ferramenta-dispositivos e aquisição de dados referentes ao mesmo. Como resultado final de todas as atividades do sistema, obtém-se o desenho do conjunto ferramenta-dispositivos de

fixação, com discriminação de seus componentes, bem como das condições de usinagem adequadas à ferramenta escolhida e ao material da peça [6,52].

Na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), no Laboratório de Máquinas Ferramentas (LAMAPE), foi desenvolvido a partir de 1991 um Sistema Gerenciador de Ferramentas o SGF. O sistema oferece três diferentes métodos para se encontrar uma ferramenta ou elemento. São eles: a filtragem, quer dizer, através dos valores fornecidos pelo usuário para os atributos de uma família de ferramentas; por vizinho, ou seja, através das características de aplicação, que diz respeito diretamente às propriedades específicas para o operação de usinagem e o terceiro é pelas montagens, já que desempenham o trabalho na máquina. Um módulo do SGF trabalha os dados de usinagem, como: avanços, profundidades de corte, velocidades de corte, vida estimada, rotações permitidas, número de passes, potências de corte e consumida pela máquina, enfim, todas as informações que caracterizam a o processo de usinagem a ser desenvolvido. Esta área pode desempenhar os cálculos (por equação de Taylor, por exemplo) ou se utilizar de tabelas e relações [53].

3.6.7 - Conclusão

Gerenciamento computadorizado de ferramenta é muito mais do que um simples controle de inventário de ferramenta. Usuários destes sistemas citam como principais benefícios a seus sistemas: eficiência e o controle operacional melhorados; redução de inventário; redução de pequenos tempos de máquina; redução de entregas atrasadas, redução de horas extras; e redução da frequência de compras não programadas de ferramentas, que geram pagamento de maior valor, devido a entregas imediatas de pequenas quantidades [45].

Porém o que não deve ser ignorado é o princípio do projeto de sistemas que é por em ordem o sistema manual antes da automatização. Isto é perfeitamente aplicável ao fluxo de ferramentas. Uma questão negligenciada nesta área é classificar as características das ferramentas. Toda empresa tem mais ferramentas do que precisa. Projetos de velhas ferramentas são geralmente designadas para novos trabalhos, e freqüentemente ferramentas "especiais" são fabricadas "no local", mesmo elas podendo ser completamente compradas de prateleira, como itens de estoque.

Grande parte do tempo de planejamento e programação de uma determinada peça ainda é gasta na definição de ferramentas e dos componentes de fixação [6], adicionando-lhe ainda, a parcela correspondente à elaboração do desenho do conjunto selecionado, o qual é submetido à ferramentaria para a devida montagem. Em sistemas de produção não seriada, os estoques de ferramentas convencionais satisfazem aproximadamente 90 % das necessidades de usinagem. Somente 10 % dos casos necessitam de ferramentas especiais.

O processista, muitas vezes, desconhece a existência de determinadas ferramentas, assim como todas as possibilidades de montagem, acarretando perda de tempo e consultas a catálogos ou mesmo à ferramentaria, além de compras desnecessárias. O excessivo tempo gasto com a escolha de ferramenta ou decisões precipitadas devem-se, portanto, à falta de informações ou à dificuldade em obtê-las [5].

4 - SISTEMAS DE BANCO DE DADOS

4.1 - Introdução

Não há uma definição unanimemente aceita para banco de dados, mas sim várias definições como mostrado a seguir [54]:

- "Uma coleção de unidades de dados físicos que não são relacionados entre si de uma maneira específica";
- "Consiste de todas as ocorrências de registros, conjuntos e áreas controladas por um esquema"; e
- "Uma coleção de dados, sem imposição de restrições ou modificações para ser adequada a computadores, e que possa ser utilizada por todas as aplicações relevantes sem duplicação de dados".

Os sistemas de banco de dados começaram a aparecer no início dos anos 60 e têm sido submetidos à profundas mudanças em seus conceitos. Assim, o conceito de banco de dados tem evoluído com a tecnologia, sofrendo adaptações em função do meio de processamento de dados.

A coleção de dados é comumente referenciada como banco de dados ou base de dados, que contém informação de um particular empreendimento, ela pode ser melhor definida como um conjunto de dados logicamente relacionados e armazenados numa série de arquivos com o objetivo de fornecer informações significativas.

Para que esse objetivo possa ser cumprido, os dados precisam ser organizados de forma a permitir sua manutenção e atualização e, principalmente, o acesso (busca, consulta). O problema do acesso aos dados é determinante na definição do modelo de armazenamento. Este modelo depende do tipo de aplicação a que o sistema se destina.

Para que se tenha uma idéia, se os dados fossem organizados numa lista convencional, seria preciso percorrê-la todas as vezes que se fizesse necessária uma informação. Dependendo da complexidade do arquivo e da quantidade de dados, percebe-se que este método é bastante ineficiente.

O acesso a um dado deve ser claro e rápido, não importando sua localização.

Um sistema gerenciador de banco de dados (Database Management System - DBMS), é uma coleção de programas e procedimentos voltados para o auxílio no controle e organização dos dados armazenados e para promover um acesso contínuo, seguro e fácil, através de interfaces adequadas. O principal objetivo de um DBMS é proporcionar um ambiente, conveniente e eficiente, para retirar e armazenar informação no banco de dados .

Em suma, os pontos que caracterizam a formação de banco de dados são [54]:

- existência de um conjunto de dados estruturado;
- existência de uma diversidade de usuários e aplicações interessados nas informações contidas no banco de dados; e
- existência da necessidade de mais estabilidade e eficiência, face às diferentes necessidades de estruturas de informação (parciais ou totais).

A forma de como o banco de dados é projetado ou construído depende da metodologia de análise e projeto de cada grupo responsável pela sua implementação.

4.2 - Definições básicas

Afim de que possamos prosseguir na apresentação dos sistemas de banco de dados, a definição de alguns conceitos básicos se faz necessária, e isso é feito a seguir:

- *Banco de dados* é constituído de um conjunto de arquivos relacionados entre si de forma que a organização destes e os relacionamentos sejam feitos adequadamente, a fim de atender com maior eficiência todas as aplicações da empresa [54].
- *Arquivo* é uma coleção de registros de um mesmo tipo;
- *Registro* consiste de um conjunto de campos, reunidos de forma a caracterizar a ocorrência de um conjunto de atributos, de uma determinada entidade;
- *Campo* constitui uma entidade básica representativa de informação, identificável e possível de definir quanto ao tamanho e formato; descreve um determinado atributo referente a uma entidade específica; e

- *Sistema gerenciador de banco de dados* corresponde a um conjunto de programas para administrar o banco de dados. Assim os programas de aplicação não têm acesso aos dados do banco de dados diretamente, todas as chamadas passam através do gerenciador.

Um diagrama esquemático dos elementos de um banco de dados é mostrado na figura 4.1.

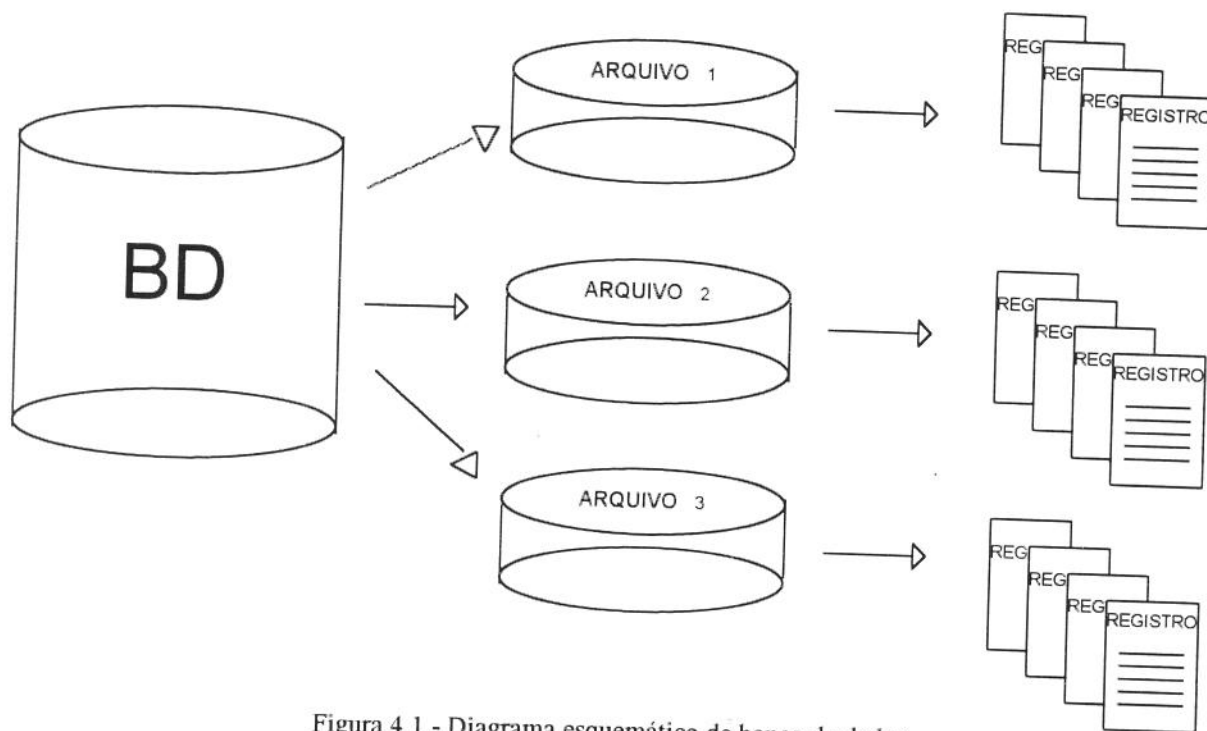


Figura 4.1 - Diagrama esquemático de banco de dados

Um sistema de banco de dados não é, essencialmente, nada mais do que um *sistema computadorizado de arquivamento de registros*. Muitos dos arquivos que tradicionalmente são guardados sob a forma de papel, podem ser guardados de forma mais conveniente em um banco de dados. Eis algumas vantagens de um sistema computadorizado, para a guarda de registros sobre o tradicional, baseado em papel [56]:

- maior compactação - não há necessidade de volumosos arquivos de papéis;
- velocidade - o computador pode recuperar e alterar os dados mais rapidamente do que um ser humano (principalmente nos caso de consultas criadas no momento, que podem ser respondidas rapidamente sem necessidade de demoradas pesquisas manuais ou visuais);

- menor ocupação com tarefas inferiores - fica eliminada boa parte do tédio de se manter arquivos manualmente (as tarefas mecânicas são sempre melhor executadas por máquinas);
- atualização - ficam disponíveis informações precisas e atualizadas para solicitação a qualquer tempo.

Há um benefício oculto representado pelo valor em si do exercício de se projetar o banco de dados. O fato é que, algumas vezes, pode ser difícil enfocar adequadamente o problema que se tem em mãos, difícil no sentido de se compreender corretamente os dados sobre os quais se têm que trabalhar. Precisa-se de uma disciplina, um conjunto de guias, que possam ajudar na sistematização dos dados; o projeto do banco de dados fornece essa disciplina [56].

A obrigação de se projetar um banco de dados força a abordagem do problema sistematicamente, ajudando geralmente a organização apropriada do pensamento. Estas observações são verdadeiramente mais aplicáveis quando o banco de dados é de grande porte - de forma geral, quanto maior o volume de dados e/ou quanto mais complicada a estrutura dos dados, mais necessária se torna essa disciplina. Para bancos de dados "pequenos", a estrutura é usualmente óbvia por intuição.

As quatro operações - recuperação, modificação, remoção e inserção - são usualmente agrupadas sob o título geral de *manipulação de dados*. Assim, uma das funções primárias do sistema de banco de dados é possibilitar essa manipulação dos dados - ou mais precisamente, suportar uma *linguagem de banco de dados* (ou *linguagem de consulta*), por meio da qual o usuário possa formular os comandos que farão acontecer essa manipulação de dados.

4.3 - Sistema gerenciador de banco de dados

O DBMS é o programa ou o conjunto de programas que possibilita ao sistema executar todas as funções que se classificam como de administração de banco de dados, ou seja criar tabelas (arquivos), para armazenamento de registros; manter estas tabelas, através

da manipulação (modificação, remoção e inserção); recuperar seletivamente e rapidamente dados dessas tabelas; apresentar a informação recuperada e/ou *formatar* essa informação para impressão.

Sistemas de banco de dados são concebidos para gerenciar grandes quantidades de informações. O gerenciamento dos dados envolve tanto a definição de estruturas para armazenamento da informação como a provisão de mecanismos para manipulá-la. Em adição, o sistema de banco de dados deve proporcionar a segurança das informações armazenadas no banco de dados, mesmo em casos de queda no sistema ou de tentativa de acessos desautorizados. Se os dados forem compartilhados por diversos usuários, o sistema precisa impedir possíveis resultados anômalos.

Devido à importância da informação na maioria das organizações, o banco de dados é um recurso valioso. Isso tem levado ao desenvolvimento de uma larga gama de conceitos técnicos para o eficiente gerenciamento dos dados.

As principais características que normalmente um DBMS deve possuir são:

- permitir a manutenção e o relacionamento entre dados;
- oferecer estrutura de dados adequada às necessidades do usuário;
- permitir a independência aos dados;
- evitar ou controlar redundâncias; e
- garantir integridade e segurança das informações armazenadas.

A existência de linguagens de consulta e de geradores de relatórios como componentes do DBMS propicia ao usuário de banco de dados a rapidez no acesso às informações. A interação homem-banco de dados é favorecida através das linguagens em alto-nível envolvidas, e a obtenção de respostas específicas em conformidade a critérios de seleção de pesquisas formuladas quase que em linguagem natural, propicia um aumento na flexibilidade de escolha de condições de pesquisa pelo usuário, acarretando uma melhoria no tempo de resposta das informações visadas pelo usuário. A melhoria dos *softwares* dirigidos à interface banco de dados-usuário possibilita o aumento da comunicação do usuário final ao banco de dados com a diminuição da presença de elementos intermediários, como, por exemplo, dos analistas de sistemas e programadores [54].

A estrutura de dados deve ser adequada no sentido de ser representativa do mundo real através dos dados de relação. No entanto, a estrutura final de dados deve ser considerada à luz das necessidades de informação dos usuários. Isto significa que a estrutura dos dados de saída (principalmente) e de entrada, também deverão influir no projeto da estrutura global de dados; assim, necessidades de dados em tempo real demandarão certamente, para maior eficiência de pesquisa, que determinados índices sejam construídos no banco de dados. Dependendo do tipo de DBMS envolvido, tais índices poderão ser construídos automaticamente pelo *software* ou deverão ser definidos e controlados pelo usuário [54].

Um termo utilizado com frequência no contexto dos bancos de dados é a "independência de dados". Tal como muitos outros termos neste campo, este não é particularmente conclusivo; não tem sequer um significado único e específico, servindo como termo de cobertura para uma série de noções pouco distintas. De forma geral, no entanto, o que o termo quer significar é que *os usuários não ficam dependentes de como os dados estão fisicamente armazenados no banco de dados* [56]. Particularmente quando se diz que um banco de dados "consiste de tabelas", não se está com isso querendo dizer, que os dados estejam fisicamente armazenados nessa forma tabular, exatamente como o usuário vê. O arranjo físico certamente é diferente. A vantagem da independência de dados é que ela permite ao usuário concentrar-se na estrutura lógica dos dados ignorando detalhes físicos irrelevantes. Sem dúvida o uso direto do banco de dados por parte do usuário não teria se tornado possível sem um meio razoável de independência de dados.

Historicamente, o compartilhamento foi uma das primeiras motivações, senão a motivação básica, para o primeiro encaminhamento na direção dos bancos de dados. É fato que, frequentemente, os bancos de dados são *definidos* como uma coleção de dados com objetivo de ser compartilhada por múltiplos usuários. *Compartilhamento* aqui, quer significar não somente que o banco de dados pode ser utilizado por múltiplos usuários, mas que estes podem ter acesso ao mesmo tempo. O compartilhamento apresenta, naturalmente, uma série de vantagens. Por exemplo, significa que os dados não têm que ser armazenados de forma redundante para que possam ser usados com múltiplos objetivos e permite que novas aplicações sejam desenvolvidas a qualquer tempo, operando sobre os dados existentes [56].

A integração de dados num banco de dados identifica mais claramente a necessidade de se prover meios seguros para a integridade do dados. Por manter a integridade de dados se entende não somente garantir a integridade física aos arquivos portadores do banco de dados, como também manter a qualidade dos dados armazenados em termos de precisão, acuracidade e consistência. Um aspecto de *software* incorporado no DBMS corresponde à integridade operacional do banco de dados. Como este pode ser acessado simultaneamente por diversos usuários, o DBMS deve prover meios especiais para garantir que duas ou mais operações de atualização sejam efetuadas corretamente [54].

A integração de dados em banco de dados também torna mais importante os aspectos de privacidade e segurança de um sistema de banco de dados. Por privacidade, pode-se entender o direito de uma organização ou empreendimento de preservar do conhecimento dos outros as informações envolvidas nas operações ou atividades correspondentes. A segurança difere da integridade de dados no tipo de acesso não permitido. A segurança se refere a acessos não legais, enquanto que a integridade a acessos não válidos (como informação acurada). A segurança seria num caso mais comum a necessidade de uma organização proteger os dados contidos num banco de dados contra acessos não autorizados. A segurança pode ser alcançada através de medidas de segurança, incorporadas nas habilidades do DBMS, como por exemplo os *passwords* (palavras de senha) [54].

4.4 - Projeto de banco de dados

4.4.1 - Introdução

Com o aumento da utilização de sistemas de banco de dados, muitas áreas correlatas em processamento de dados sofreram revisões, com a finalidade de melhor aproveitar as vantagens desta tecnologia de *software*. Uma das áreas a sofrer esta transformação foi a área de análise e projeto de sistemas com vistas à utilização de banco de dados [54].

Um projeto de banco de dados é realizado a partir de atividades, que se relacionam através de níveis de abstração, que permitem um planejamento mais racional da estrutura de

um banco de dados, na figura 4.2 apresentamos um esquema que contém os vários níveis envolvidos em um possível processo de modelagem levando a criação de uma base de dados [57].

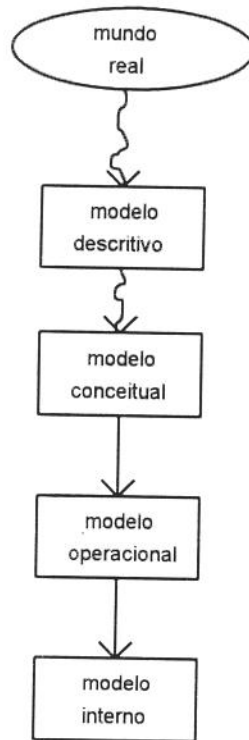


Figura 4.2 - Níveis de abstração em projeto de banco de dados

4.4.2 - O mundo real

O nível mais alto é o do mundo *real*, que do ponto vista formal é ainda muito nebuloso. Vários cientistas e leigos têm a fé de que um dia o mundo real será todo formalizável, pois a sua visão do Homem e do universo é mecanicista. Mas o conhecimento científico atual do mundo real é ínfimo, e portanto ele permanece nebuloso em termos científicos clássicos, daí temo-lo representado por uma nuvem. Os "objetos" do mundo real são os *seres*, os *fatos*, as *coisas*, e os *organismos sociais*. Assim, estamos considerando um departamento de uma empresa como algo do mundo real, pois é um organismo social. Mesmo se fosse apenas uma especificação que existe num papel, ele poderia ser considerado com pertencente ao mundo real, como são as plantas de um projeto de engenharia.

4.4.3 - Modelo descritivo

O segundo nível é o das *informações informais*, e é caracterizado por relatórios escritos em uma linguagem natural (português, por exemplo). É importante que haja uma descrição por meio de fases, preferencialmente sem (ou com um mínimo) de uso de conceitos matematicamente formais. Para caracterizarmos um pouco mais, diríamos que nesse nível que denominaremos de *nível descritivo*, a descrição de um universo (ou de suas partes) deve ser totalmente inteligível para as pessoas que interagem normalmente com ele (ou parte dele), sem se exigir um conhecimento adicional ao que normalmente empregam nessa interação. É evidente que essa descrição deve ser a melhor organizada possível e constitui um modelo da realidade, que denominamos de *modelo descritivo*. Não há regras formais para se desenvolver esse modelo, pois tanto o mundo real quanto o próprio modelo descritivo não são formais. Assim, pode-se no máximo dar certas diretrizes de como derivá-lo do mundo real e como organizá-lo.

4.4.4 - Modelo conceitual

O terceiro nível é o das *informações formais*, em que o modelo desenvolvido deve ser estritamente formal. Como o objetivo é chegar-se, em um nível posterior, a um modelo computacional, isto é, que pode ser fornecido a (e processado por) um computador, o formalismo a ser adotado é o da matemática. O computador só aceita linguagens estritamente formais, e é por si só uma máquina abstrata, uma máquina matemática. Isto é, todo o seu processamento pode ser representado por formalismos matemáticos. Assim a adoção de modelos estritamente matemáticos do nível das informações formais é um passo dirigido para facilitar a posterior formulação no nível computacional. Vamos denominar esses modelos de *modelos conceituais*, para caracterizar que são baseados em símbolos para os quais deve haver uma conceituação rigorosa.

4.4.5 - Modelo operacional

O quarto nível é o *nível dos dados*, que são os símbolos a serem introduzidos no computador, tanto na descrição de estruturas (meta-dados, isto é dados que descrevem dados) como aqueles que constituem os dados a serem propriamente processados pela máquina. A máquina vai operar com os dados como *modelos operacionais* daí a denominação do nível em questão de *nível operacional*. Deve ficar bem clara, portanto a distinção entre informações formais e dados. As primeiras podem seguir qualquer formalismo matemático, podem existir no papel ou mesmo na nossa mente. Os últimos devem ser expressos de tal forma que um computador os possa receber e tratar. Os modelos de dados do nível operacional dividem-se tradicionalmente em Modelo Relacional, Modelo de Redes e Modelo Hierárquico.

4.4.6 - Modelo interno

O quinto e último nível é o *nível da máquina*, não mais do ponto de vista do usuário, mas dos aspectos internos, isto é, das representações internas dos dados e dos programas. Por exemplo, estes podem estar em linguagem de máquina ou em uma linguagem intermediária. O usuário não toma conhecimento desses detalhes. Não lhe interessa qual a forma sob a qual seus dados estão descritos internamente. A esse nível denominaremos de *nível interno*, os modelos correspondentes serão os *modelos internos*, esse é o nível não mais, dos dados, mas das cadeias de "bits" ou de "bytes".

4.4.7 - Etapas de projeto

O projeto de uma estrutura ótima de dados impõe uma nova metodologia na análise das informações envolvidas. Assim, ao se projetar um banco de dados, o qual deverá conter as informações sobre uma determinada organização ou empreendimento, deve-se examinar as seguintes etapas em resumo [54]:

- identificar as entidades mais relevantes ou representativas da organização. As entidades podem ser pessoa, lugar, coisa ou evento;
- identificar as propriedades mais notáveis ou de interesse das entidades escolhidas;
- estabelecer os atributos correspondentes às propriedades. Tais atributos consistem nas diversas classes de informação que caracterizam as propriedades das entidades. Neste plano de informação a análise é estritamente conceitual, formada na mente do analista;
- determinar para cada entidade os atributos correspondentes e assinalar determinados atributos como sendo os identificadores da entidade, e os atributos que não são identificadores, mas que qualificam a entidade;
- verificar para um determinado valor do atributo identificador a existência de itens de grupo dos atributos qualificação. Caso positivo, considerar a possibilidade de formação de uma nova entidade; e
- após a identificação das entidades e seus atributos de identificação, é necessário adequar a estrutura de informação obtida ao DBMS disponível. Com isso deverá ser elaborada a estrutura de dados possível de ser processada e administrada pelo DBMS.

Em contraste aos métodos tradicionais de implantação de sistemas estanques, onde predomina a produção de determinados relatórios através de um conjunto de programas, a análise e projeto de sistemas de informação com base em banco de dados têm demandado uma outra linha de análise. É de suma importância que seja bem analisado e projetado o seu núcleo de informações na forma de estrutura de dados, utilizável por diversas aplicações [54].

4.5 - Modelo de entidades e relacionamentos

4.5.1 - Introdução

Um banco de dados é um conjunto de dados estruturados de maneira adequada de forma que pode ser utilizado com eficiência por uma diversidade de aplicações dentro de uma organização.

Um arquivo convencional, normalmente é constituído por um conjunto de registros lineares que não possuem informações de relação entre si [54]. O acesso individual às informações contidas nos registros é feito com base na chave do registro. Assim quando dizemos um *conjunto estruturado de dados*, significa a existência de informações de relação entre os dados, além dos próprios dados de interesse ao usuário. O conjunto estruturado de dados constitui um modelo simbólico de dados do conjunto de informações que representa de forma simbólica e descritiva do sistema físico constituído por entidades e suas propriedades (relacionamentos).

A seguir apresentaremos os elementos que compõe o modelo conceitual de estruturas de informações chamado Modelo de Entidades e Relacionamentos (MER), este modelo foi apresentado por P. P. Chen em 1976 [58], o modelo serve para a representação das estruturas de informações, não contendo uma linguagem para a representação das manipulações [57].

4.5.2 - Entidades

Uma *entidade* é um objeto que tem existência própria, quando considerado no contexto das atividades da empresa [56], ou ainda, uma entidade é uma representação abstrata de um objeto do mundo real [57]. Assim uma entidade pode ser a representação de um ser, de um fato, de um organismo social, etc. Por exemplo são entidades as representações abstratas de um funcionário, de uma data, de um material usado pela empresa, de um departamento, etc. Podemos considerar um grupo de entidades que têm características semelhantes como formando conjunto de entidades, como por exemplo o conjunto de funcionários, o conjunto das datas. Um conjunto de entidades é representado por um retângulo no MER, conforme a figura 4.3.

Em princípio, são representados em um conjunto de entidades todos os elementos do mundo real referidos pelo conjunto. Assim, na figura 4.3 temos todos os funcionários da empresa, todas as datas de interesse, todos os livros da biblioteca e assim por diante.

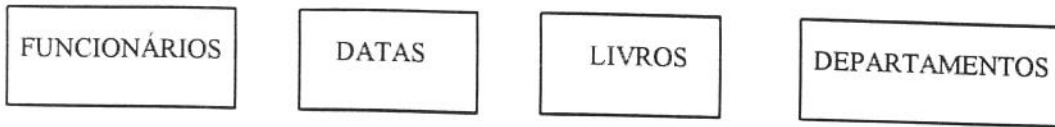


Figura 4.3 - Representação de conjunto de entidades segundo o MER

4.5.3 - Atributos

A representação de um objeto do mundo real como uma entidade, não é de grande valia se não associarmos a essa entidade as informações que desejamos guardar sobre o objeto. Assim a entidade correspondente ao funcionário *Xis de Ípsilon* devemos associar as informações referentes ao seu nome (*Xis de Ípsilon*), seu salário, sua categoria, etc. Chen deu uma definição formal muito interessante a essas associações: ele as considerou como funções que levam um ponto do conjunto de entidades a um ponto de um conjunto de valores, e denominou essas funções de *atributos* do conjunto de entidades, e sua representação no MER é de acordo com a figura 4.4.

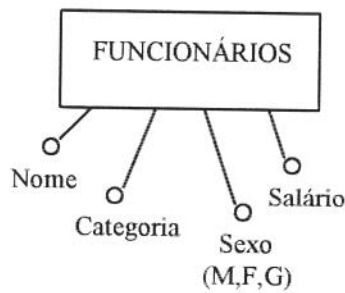


Figura 4.4 - Representação do conjunto de entidades e seus atributos

Um atributo pode ser uma propriedade que não tem sentido em si mesma, existindo apenas para caracterizar uma entidade, como é o caso de nome, mas pode ser também um objeto que poderia ser uma entidade, mas que no contexto das atividades da empresa figura apenas para caracterizar uma entidade - como seria o caso de um dependente de um funcionário [56].

4.5.4 - Relacionamentos

Como visto anteriormente o modelo introduz uma espécie de característica de uma entidade, os seus atributos. De fato, o nome *Xis de Ípsilon*, o seu CPF, sua data de nascimento são atributos que caracterizam parcialmente esse funcionário. Mas há outras espécies de características a serem consideradas, como por exemplo o fato de *Xis de Ípsilon* estar lotado no departamento de Vendas da empresa em que ele trabalha. Ora, Vendas é um elemento do conjunto de entidades Departamentos dessa empresa. Sendo uma entidade, não deve ser considerado nessa modelagem como um atributo. Precisamos portanto de uma estrutura que indique as associações entre elementos do conjunto de entidades Funcionários e elementos do conjunto de entidades Departamentos.

Essa estrutura abstrata é o *relacionamento*. Um relacionamento binário é um par ordenado (e_1, e_2) onde e_1 e e_2 são respectivamente elementos dos conjuntos de entidades E_1 e E_2 . Denominando essa associação entre *Xis de Ípsilon* e Vendas de uma *Lotação*, diremos que o par ordenado (f_i, d_j) é um relacionamento *Lotação*, onde f_i é o elemento de Funcionários correspondente a *Xis de Ípsilon*, e d_j o elemento de Departamentos correspondente a Vendas. Isso tudo fica mais claro quando se considera o conjunto dos relacionamentos, isto é o conjunto de pares (f, d) onde $f \in$ Funcionários e $d \in$ Departamentos e tal que o par represente o fato de f estar lotado em d [57]. A representação diagramática desse conjunto é um losango, como na figura 4.5.

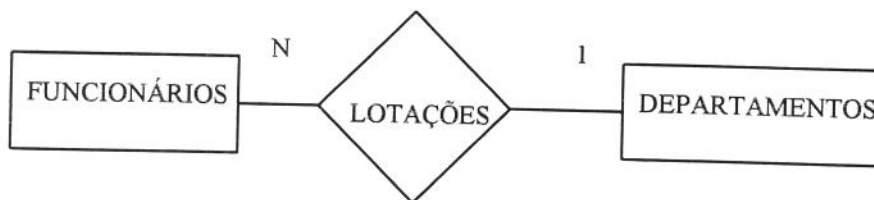


Figura 4.5 - Representação do relacionamento Lotações segundo o MER

O diagrama representa o fato de funcionários associarem-se a departamentos através de um conjunto de relacionamentos *Lotações*, não são especificados explicitamente quais pares estão em *Lotações*. Em outras palavras, sabe-se pelo diagrama, entre outras coisas, que *existem pares*. Os pares são puramente estruturais. É o nome *Lotações* que dá alguma relação

com algo não estrutural. O usuário associa esse nome àquilo que ele entende por lotações de funcionários e departamentos. É portanto o nome que contém o significado dos pares no mundo real [57].

Relacionamentos entre duas entidades são usualmente classificados como 1:1 (um para um), 1:n (um para vários), ou n:m (vários para vários). O relacionamento entre marido e mulher é 1:1, entre departamento e funcionário é 1:n (cada departamento pode ter vários funcionários, mas cada funcionário só pode estar lotado em um departamento), entre fornecedor e peça é n:m (um fornecedor pode fornecer várias peças e uma peça pode ser fornecida por vários fornecedores). Relacionamentos 1:n são chamados de *hierarquias* [56].

4.6 - Modelos de estruturas de dados

4.6.1 - Introdução

Um modelo de dados é um modo de estruturar logicamente as informações [55]. Existem basicamente três modelos de estrutura de dados: o de rede, o hierárquico e o relacional. Existem ainda, modelos de alto nível (conceitual), como a modelagem Orientada a objetos e os modelos semânticos de definição de dados, dos quais o modelo entidade & relacionamento é um dos pioneiros.

Tanto o modelo rede como o modelo hierárquico podem ser considerados como estruturas de dados a nível lógico mais próximo do nível físico. Devido a esta proximidade ao nível físico, as estruturas de dados rede e hierárquica exibem as rotas lógicas de acesso de dados de forma acentuada, possibilitando a localização lógica de um determinado registro no banco de dados. O modelo relacional, comparado com a estrutura rede e hierárquica é modelo mais orientado para a modelagem do que como modelo com rotas de acesso, muito embora possamos considerar as diversas redundâncias de campos existentes entre diversas relações como sendo uma espécie de rotas de acesso [54].

4.6.2 - Modelos rede e hierárquico

O modelo rede utiliza como elemento básico de dados a ocorrência de registro. Um conjunto de ocorrências de registros de um mesmo tipo determina um tipo de registro. Alguns autores consideram o tipo de registro como a representação de tipo de entidade. Um conjunto de tipos de registro relacionados entre si, através de referências especiais, forma uma estrutura de dados em rede. As referências especiais são conhecidas sob o nome de *links* (ligações) que por sua vez podem ser implementadas sob a forma de ponteiros, listas de ponteiros etc. O modelo hierárquico pode ser considerado um sub-nível do modelo rede, na figura 4.6 está representado um exemplo do modelo de rede, o exemplo descreve as relações entre várias peças que se juntam para formar novos conjuntos.

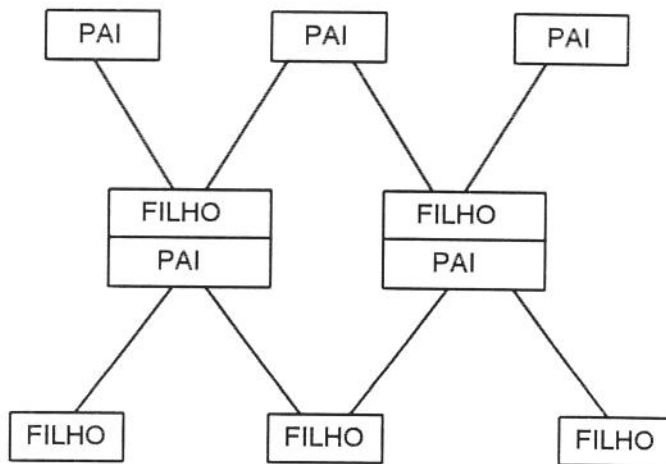


Figura 4.6 - Exemplo de modelo de rede

No modelo hierárquico, a associação entre tipos de registros segue uma hierarquia estabelecida através de diversos níveis. No primeiro nível (ou superior) conforme a figura 4.7, situa-se o tipo de registro raiz. Subordinado a ele, em nível 2 uma série de outros tipos de registros em nível 2. A cada tipo de registro em nível 2 subordina-se um outro conjunto de registros. A própria estrutura hierárquica já define as suas rotas de acesso, facilitando, portanto, a manutenção do banco de dados, no entanto, esta característica limita a flexibilidade às atividades de projeto do banco de dados.



Figura 4.7 - Exemplo de modelo hierárquico

Em termos do modelo de redes, o modelo hierárquico puro é uma rede com as seguintes características das ligações: são todas (1:n), não tem nome e a rede não pode ter ciclos, assim são válidas somente as redes em forma de árvore, coloca-se sempre a raiz na parte de cima.

O modelo hierárquico de dados tem sido um dos modelos bem utilizados, a razão disto é que em muitas situações reais se defronta com organizações estruturadas hierarquicamente, por exemplo, organização das empresas, árvore genealógica, etc.

Em ambos os modelos, todas as relações entre dados são pré-definidas e embutidas na estrutura da base de dados e, o acesso aos dados pode se dar pela associação de programas de aplicação.

Uma das mais importantes limitações das tecnologias hierárquica e rede é a restrição ao acesso dos dados: ambas requerem que regras para o acesso sejam preestabelecidas quando a estrutura da base de dados é definida e, neste caso, é muito difícil aplicar qualquer tipo de alteração ou expansão futura na base de dados já implementada. Tais modelos têm grande aplicação, portanto, em operações altamente estruturadas, específicas e repetitivas por natureza.

4.6.3 - Modelo relacional

O modelo relacional armazena os dados em tabelas que não tem qualquer tipo de relações preestabelecidas. As relações entre dados são estabelecidas por pesquisas (buscas) feitas na base, quando da necessidade de informação (figura 4.8). Pela remoção da necessidade de seguir um acesso pré-definido, o modelo relacional faz uma busca mais flexível. Permitindo um acesso direto a qualquer dado, o usuário ganha em rapidez e objetividade.

O modelo relacional utiliza a relação matemática como unidade básica. Para tanto, utiliza a teoria dos conjuntos como a base formal para a descrição de modelos de dados. Isto significa que os fundamentos da teoria de relações podem ser aplicadas na construção do modelo de dados, e também na sua implantação e operação [54].

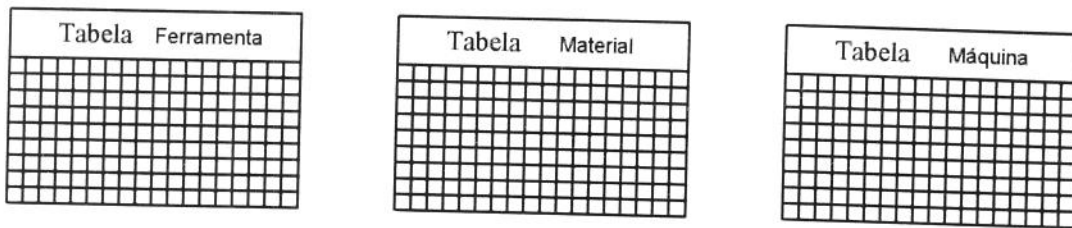


Figura 4.8 - Exemplo de modelo relacional

Informalmente podemos defini-lo como um modelo de dados em que os conjuntos de dados são representados por tabelas de valores, cada tabela, denominada de relação é bidimensional e organizada em linhas e colunas [57]. O número de colunas de uma relação é denominada de grau da relação. Cada elemento de um conjunto de dados é representado por uma linha de uma relação, e cada item de dado desse elemento é representado pelo valor que se encontra na coluna correspondente ao item, e que ocupam uma célula da relação. Na figura 4.9 é apresentado um exemplo de uma relação de grau 6 que representa os dados do conjunto de entidades funcionários.

Número	Nome	RG	CPF	Endereço	Data de Nascimento
1001	Inês	7.654.321	001002003-04	r. das Baixas, 40	520426
2001	Graça	6.543.217	010020030-40	r. das Magras, 50	490420
0502	Bete	5.432.176	100200304-00	r. das Madres, 60	520915
0301	René	8.765.432	002003040-01	r. da Barba, 70	460209

Figura 4.9 - Exemplo de relação de grau 6

As seguintes propriedades caracterizam o modelo [57]:

- cada célula de uma relação pode ser vazia ou, ao contrário, conter no máximo um único valor (isto é, uma célula não pode conter um conjunto de valores);
- a ordem das linhas é irrelevante;
- não há duas linhas iguais;
- cada coluna tem um nome;
- duas colunas distintas devem ter nomes diferentes;
- usando-se os nomes para fazer referência às colunas, a ordem destas é irrelevante;
- cada relação recebe um nome próprio, distinto do nome de qualquer outra relação da base de dados;
- os valores de uma coluna de uma relação são retirados todos de um mesmo conjunto, denominado de domínio da coluna; e
- duas ou mais colunas distintas podem ser definidas sobre o mesmo domínio.

Muitos especialistas concordam que gerenciadores de banco de dados relacionais não armazenam bem dados de engenharia. É difícil "encaixar" nele uma informação complexa, especialmente as geométricas, dentro da estrutura tabular do banco de dados relacional. Mas não há hoje, melhores alternativas para gerenciamento de banco de dados para engenharia [59].

Outros tipos de gerenciadores de banco de dados quaisquer são pouco convenientes para engenharia, ou não estão disponíveis comercialmente. Aplicações comerciais de banco de dados orientado-por-objeto, por exemplo, não são esperados para antes de 3 ou 5 anos.

4.6.4 - Escolha do modelo

O modelo hierárquico é o mais restrito porque só se aplica, de modelo natural e adequado, quando os relacionamentos são hierárquicos. Para esses casos, tem a vantagem de ser simples e conduzir a implementações eficientes [55].

O modelo relacional e o de rede são igualmente de aplicação geral. O debate sobre a possível superioridade de um ou de outro não levou a nenhuma conclusão que fosse aceita pela maioria dos autores.

Por causa de sua relativa flexibilidade, a estrutura relacional permite relações alteráveis. Nenhum dos modelos, entretanto, é melhor para todas as situações, sendo muito pouco provável que o gerenciamento de uma base de dados, num único modelo, consiga manipular de forma ótima todas as informações necessárias a um empreendimento. Não se identifica a melhor estrutura para uma base de dados antes de se avaliar cuidadosamente os dados.

Alguns sugerem que um DBMS completo deveria permitir que o usuário utilizasse o modelo que, em sua opinião, fosse mais adequado para cada banco de dados, especificado, ou simplesmente fosse de sua preferência pessoal. Indo mais além, sugerem que diferentes usuários de um mesmo banco de dados deveriam dispor de interfaces diferentes que permitissem cada um visualizar e manipular o banco de dados conforme o modelo que escolhesse [55].

5. ARQUITETURA DO SISTEMA

5.1 - Introdução

A eficiência do equipamento de fabricação controlado por computador, ou seja de máquinas-ferramenta CNC, e em particular a minimização do custo das operações de usinagem, dependem decisivamente da organização e gerenciamento do banco de dados de usinagem, tanto quanto da qualidade e confiança destes dados [60].

O requisito básico no planejamento de operações e/ou na geração de uma folha de plano de processo para uma peça, a ser fabricada é a determinação de valores numéricos para os parâmetros de processo (velocidade de corte, avanço, profundidade de corte, desgastes, etc.).

A informação disponível antes do planejamento da operação é o material de trabalho e usualmente também o processo de fabricação. A seleção do material e geometria da ferramenta, tanto quanto o cálculo das condições ótimas de corte, de acordo com as quais a máquina-ferramenta é operacional economicamente, representa uma importante parte da programação NC e da geração de folhas de planejamento de processo.

Sob esta óptica evidencia-se que tão importante quanto possuir as informações de usinagem, é prover meios para que as mesmas possam ser recuperadas com facilidade e simplicidade quando da sua utilização no planejamento do processo.

Será apresentado a seguir um sistema de banco de dados em usinagem o ATAC (Assistência Técnica Auxiliada por Computador), desenvolvido em microcomputador IBM-PC, com a finalidade de se armazenar informações sobre usinagem, principalmente quanto à parâmetros de corte para situações em geral, e permitir sua rápida recuperação quando consultado.

Ele tem por objetivo prestar auxílio, principalmente às áreas de assistência técnica e de vendas de um fabricante de ferramentas, a SANDVIK-COROMANT, pois estas são frequentemente solicitadas pelos seus clientes, no sentido de promover a otimização das condições utilizadas no processo, ou então resolver problemas surgidos pela introdução de

novos processos. Além de ser usado pelos fabricantes de ferramentas, o ATAC poderá ser utilizado também pelos clientes que recebem a visita do fabricante de ferramentas, e organizam o seu próprio banco de informações.

5.2 - Motivação

O motivo que levou a SANDVIK-COROMANT a sentir a necessidade de um sistema como o ATAC, se deve ao fato de que sempre que uma visita técnica é realizada pelas áreas de assistência técnica e vendas, seja para solucionar problemas ou promover otimização de processos, as informações e dados gerados são agrupados na forma de relatórios escritos e que posteriormente são arquivados de forma manual, para possíveis consultas futuras, conforme mostrado na figura 5.1.

No entanto, a quantidade de relatórios gerados é tal, que praticamente inviabiliza uma consulta rápida das informações existentes, pois são estantes e mais estantes contendo todo este conhecimento. Isso faz com que as mesmas sejam de difícil recuperação e que testes desnecessários sejam realizados, devido a inexistência de dados que possibilitem uma primeira aproximação tanto para a otimização do processo como para a resolução de algum problema muitas vezes já resolvido anteriormente.

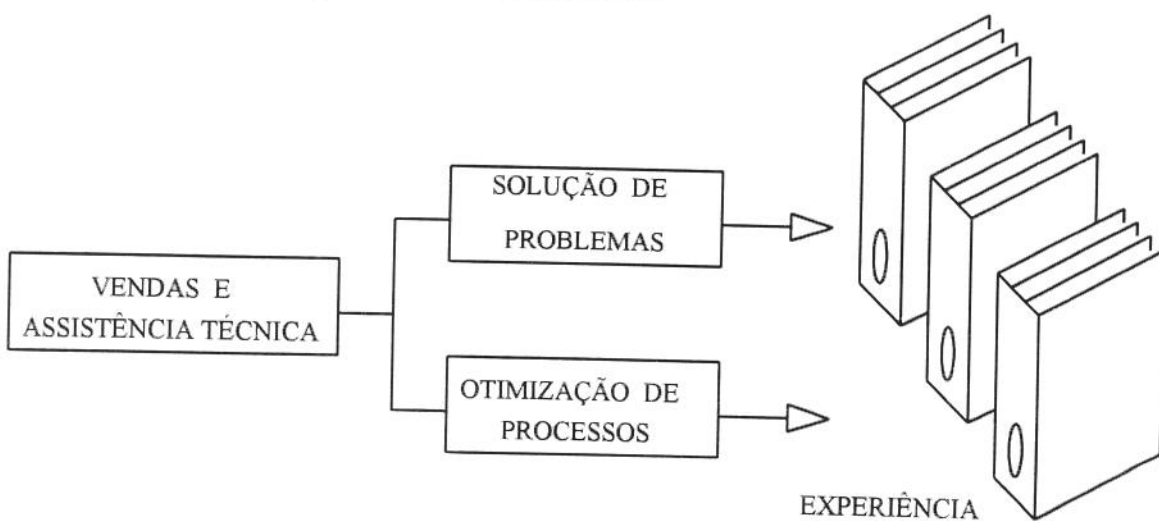


Figura 5.1 - Esquema da geração de relatórios escritos

O sistema proposto visa, inserir toda essa experiência acumulada de anos, na forma de relatórios e arquivada em arquivos manuais, em um sistema informatizado com estrutura de banco de dados, que permitirá um armazenamento adequado das informações e uma manipulação eficiente destes dados, de acordo com as necessidades dos usuários. Permitindo assim, consultas mais rápidas e eficientes das informações disponíveis, o que proporcionará também, uma atuação muito mais ágil, por parte dos setores técnicos quando acionados por seus clientes. Através do sistema a empresa terá meios para avaliar o desempenho das equipes de assistência técnica e vendas, assim como de seus produtos.

5.3 - A estrutura do sistema

O ATAC tem a sua estrutura baseada em informações contidas em relatórios técnicos da SANDVIK-COROMANT (Apêndice II), que foram organizados de tal forma a registrar e armazenar, todas as informações necessárias para se descrever as características e condições dos testes realizados pelo seu pessoal técnico, nas diversas empresas-clientes por ela servida.

O sistema está dividido, conforme a figura 5.2, nos seguintes módulos:

- **Ferramenta**, que contém as informações referentes às ferramentas utilizadas nos testes, isso inclui os suportes e as pastilhas;
- **Material**, que armazena as informações a respeito dos materiais dos quais as peças a serem ensaiadas são constituídas;
- **Peça**, que arquiva as informações principais sobre as características das peças utilizadas nos testes;
- **Máquina**, que contém as informações referentes às máquinas nas quais os testes foram realizados;
- **Cliente**, que armazena as informações a respeito dos clientes visitados e nos quais houve a realização dos testes; e
- **Estudo de Usinagem**, que arquiva todas as informações de usinagem, colhidas durante os testes.

Estes módulos são destinados a armazenar as informações de cada arquivo disponíveis nos relatórios, e possibilitando o que chamaremos de operações básicas de manipulação: consulta, cadastro, eliminação, atualização e relatórios.

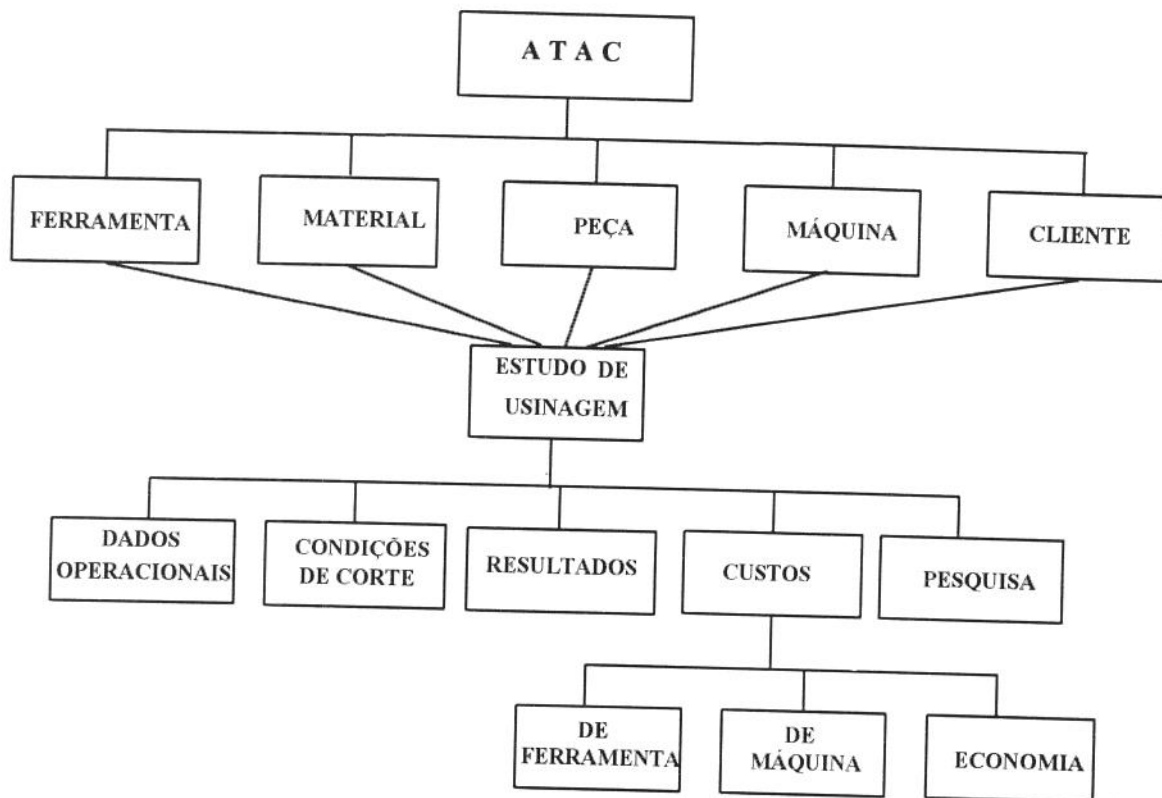


Figura 5.2 - Diagrama dos Módulos do sistema ATAC

Os módulos secundários formadores do módulo de Estudo de Usinagem são assim caracterizados:

- **Dados Operacionais**, que se referem aos dados principais de um ensaio, e que são fixos (por exemplo: peça, máquina, operação, etc.);
- **Condições de Corte**, cujos dados se referem às características que irão variar no decorrer de um ensaio (por exemplo: velocidade de corte, avanço, ferramenta, etc.);
- **Resultados**, que armazena os valores obtidos para cada condição (por exemplo: tempo de corte, desgastes, rugosidade, etc.);
- **Custos**, que se subdivide em "Máquina" e "Ferramentas", que se referem às informações sobre os custos das máquinas e das ferramentas respectivamente; e Economia, que realiza

cálculos, no sentido de fornecer o valor economizado utilizando a melhor condição de cada ensaio, do ponto de vista econômico; e

- **Pesquisa**, fornece as informações gerais do ensaio, englobando dados de todos os módulos. Praticamente a saída deste módulo corresponde a uma folha de processo, contendo várias alternativas, entre elas uma atual e outras propostas, para comparação, avaliação, e uma posterior implementação.

Para se preservar o anonimato dos clientes, em todos os arquivos em que o mesmo é referenciado, só o é pelo seu código.

Com exceção do módulo Pesquisa, que só permite operações de saída como consultas (tela) e relatórios (impressora), todos os demais permitem a execução de todas as operações básicas de manipulação.

5.4 - As informações dos módulos

A seguir são apresentadas tabelas contendo as informações que compõem os módulos do sistema de banco de dados de usinagem ATAC, elas foram enunciadas de maneira a explicitar o significado e a importância de cada uma delas no sistema. Nas tabelas constam também os nomes internos das informações e são assinaladas as que são utilizadas nas operações de saída na tela ou impressora (campos-chave).

Tabela 5.1 - Informações do módulo Ferramenta

FERRAMENTA		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da ferramenta	COD_FERR
	Tipo de suporte segundo a norma ISO	TIPO_SUP
	Tipo de inserto segundo a norma ISO	TIPO_PAST
	Presença de quebra-cavaco (s/n)	QUEB_CAVAC
	Tipo de material do inserto	MAT_PAST
	Valor do raio de ponta	RAIO_PONTA
X	Nome do fabricante da ferramenta	FORNECEDOR

Tabela 5.2 - Informações do módulo Material

MATERIAL		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código do material	COD_MAT
	Nome comercial do material	NOME_MAT
X	Classificação do material segundo a norma ABNT	CLASS_ABNT
	Nome do fabricante do material	FABRICANTE
	Tipo de tratamento térmico sofrido anterior à usinagem	TRAT_TERM
	Valor da dureza do material (HB)	DUREZA
	Valor da resistência à tração do material	RES_TRACAO
	Composição principal do material em % (C, Si, Mn, Ni e outros)	PORCENT_C PORCENT_SI PORCENT_MN PORCENT_NI OUTROS_ELE

Tabela 5.3 - Informações do módulo Máquina

MÁQUINA		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da máquina	COD_MAQ
X	Tipo de máquina	TIPO_MAQ
	Modelo da máquina	MODELO
	Número da máquina	MAQ_NUMERO
	Nome do fabricante da máquina	FABRICANTE
	Máquina de comando numérico (s/n)	CNC
	Valor da potência da máquina	POTENCIA

Tabela 5.4 - Informações do módulo Peça

PEÇA		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da peça	COD_PEC
X	Nome da peça	NOME_PECA
X	Código do material da peça	COD_MAT
	Nível de homogeneidade do material	HOMOG_MAT
	Característica superficial da peça	EST_SUPERF
	Tipo de utilização da peça	UTILIZACAO
	Comprimento total da peça	COMP_TOT
	Comprimento de fixação da peça	COMP_FIX
	Diâmetro máximo da peça	DIAM_MAX
	Diâmetro de fixação	DIAM_FIX

Tabela 5.5 - Informações do módulo Clientes

CLIENTE		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código do cliente	COD_CLI
	Nome do cliente	NOME_CLI
	Ramo de atividade do cliente	RAMO
	Nome do contato junto ao cliente	CONTATO
	Nome da seção a que pertence o contato	SECAO
	Número do telefone do contato (empresa)	TELEFONE
	Endereço do cliente	ENDERECO
	Bairro	BAIRRO
	Caixa postal do cliente	CX_POSTAL
	CEP do cliente	CEP
	Cidade	CIDADE
	Estado	ESTADO

Tabela 5.6 - Informações do módulo Condições de corte

CONDIÇÕES DE CORTE		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da condição de corte	COD_COND
	Código dos dados utilizados para a realização do teste	COD_DAD
X	Código da ferramenta utilizada no teste	COD_FERR
	Valor da rotação utilizada na máquina durante o teste	RPM
	Valor da velocidade de corte utilizada	VEL_CORT
	Valor do avanço utilizado	AVANCO
	Valor da profundidade de corte utilizada	PROF_CORT
	Valor do comprimento de corte da peça a ser usinada no teste	COMP_USI
	Valor do material removido para as condições do teste	MR
	Valor da potência consumida pela máquina durante a usinagem	POT_CONS

Tabela 5.7 - Informações do módulo Dados operacionais

DADOS OPERACIONAIS		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código dos dados	COD_DAD
	Código do cliente	COD_CLI
X	Nome do coletador dos dados	COLHID_POR
	Data de coleta dos dados	DATA
	Duração da coleta dos dados	DURACAO
	Nome da operação analisada	NOME_OP
	Código da máquina utilizada para o teste	COD_MAQ
X	Código da peça utilizada para o teste	COD_PEC
	Tipo de usinagem realizada no teste (interna/externa)	TIPO_USI
	Tipo da operação de usinagem utilizada no teste	TIPO_OP
	Finalidade da operação de usinagem utilizada no teste	FINAL_OP
	Ocorrência de corte interrompido (s/n)	CORT_INT
	Grau de estabilidade do sistema (bom, médio, etc.)	ESTABIL
	Motivo da instabilidade verificada durante o teste	MOT_INSTAB
	Tipo de refrigeração utilizada durante a realização do teste	REFRIGER

Tabela 5.8 - Informações do módulo Custos de máquina

CUSTOS DE MÁQUINA		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da condição de corte	COD_COND
	Valor do custo de máquina por hora	CUSTO_MAQ
	Valor do custo de máquina por minuto	CTPM
	Valor do tempo de utilização da máquina por peça	TTM
	Valor do custo total da máquina por peça	CM
	Valor do custo total de troca por aresta	CTT

Tabela 5.9 - Informações do módulo Resultados

RESULTADOS		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da condição de corte	COD_COND
	Critério adotado para a troca de ferramenta	CRIT_TROC
	Número de peças produzidas por aresta	PC_PROD
	Valor da rugosidade superficial da peça após o teste	RUGOSID
	Valor do tempo de corte por peça	T_CORTE
	Valor do tempo de corte por vida de aresta	TC
	Valor do tempo de troca de ferramenta por aresta	TT
	Valor do tempo de troca de ferramenta por peça	T_TROCA
	Valor do tempo de manuseio da ferramenta durante o teste	T_MANUS
	Valor do tempo improdutivo durante o teste	T_IMPROD
	Valor do tempo total de teste por peça	TP
	Valor da produção de peças por hora	PD
	Valor do desgaste por cratera	KT/KM
	Valor do desgaste por cratera	KL/KB
	Valor de desgaste de flanco máximo	VB_MAX
	Valor de desgaste de flanco médio	VB_MED
	Forma do cavaco gerada no teste	CAVACO
	Ocorrência de quebras (s/n)	QUEBRA
	O teste gerou pedido de compra (s/n)	PEDIDO

Tabela 5.10 - Informações do módulo Custos de ferramenta

CUSTOS DE FERRAMENTA		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código da condição de corte	COD_COND
	Valor do preço do suporte utilizado	PRECO_PF
	Valor da vida do suporte utilizado	VIDA_PF
	Valor do inserto utilizado	PRECO_INS
	Valor do número de arestas do inserto	AREST_INS
	Valor do custo do suporte por aresta	CFERR
	Valor do custo do inserto por aresta	CINS
	Valor do custo da ferramenta (suporte + inserto)	CTPA
	Valor do custo de afiação por hora	CUST_AFIA
	Valor do custo de afiação por minuto	CSA
	Valor do tempo de afiação	T_AFIA
	Valor do custo total de afiação	CA
	Valor do custo total da ferramenta por aresta	CTF
	Valor do custo total da ferramenta por peça	CCF
	Valor do custo de usinagem por peça (máquina + ferramenta)	CDUS

Tabela 5.11 - Informações do módulo Economia

ECONOMIA		
campo-chave	Descrição das informações	Nome interno
X	Código dos dados utilizados no teste	COD_DAD
	Valor do Dólar comercial no dia do teste	DOLAR_COM
	Produção mensal da peça utilizada	PROD_MENS
	Economia verificada por peça em Cruzeiros	ECO
	Economia verificada por peça em Dólar	ECOD
	Economia mensal em Dólar.	ECOM
	Economia anual em Dólar	EOA

5.5 - Os relacionamentos

Os arquivos que compõem o sistema ATAC: Ferramenta, Material, Peça, Máquina, Cliente, Condições/Resultados, Dados Operacionais e Custos; se relacionam conforme a figura 5.3.

O relacionamento *construção* regula a relação entre Material e Peça, e corresponde ao fato de uma dada peça ser constituída de um determinado material.

A seguir, o relacionamento *teste* indica que uma peça será testada em um ensaio sob as condições de um ou mais registros do arquivo Dados Operacionais.

Já o relacionamento *utilização* se refere ao fato de que uma máquina do arquivo é utilizada no transcorrer de um ou mais ensaios.

Quanto ao arquivo Clientes, ele se relaciona através do *realização* com o de Dados Operacionais, pois os ensaios são realizados em um cliente a seu pedido.

Por outro lado, o arquivo de Dados Operacionais por intermédio do *ligação* se relaciona com o de Condições/Resultados, este relacionamento rege a ligação existente entre as características fixas do ensaio e as variáveis, correspondentes às várias condições testadas e estudadas para o mesmo ensaio.

A seguir, como cada condição do ensaio e seu resultado estão atrelados à utilização de uma ferramenta para a execução do ensaio, o arquivo Ferramenta se relaciona através do *uso* ao de Condições/Resultados, que regulamenta a relação.

Finalmente, devido à geração de custos para cada condição de ensaio, há a necessidade de se relacionar o arquivo Condições/Resultados com o de Custos, e isso é feito por intermédio do *geração*, que disciplina o relacionamento.

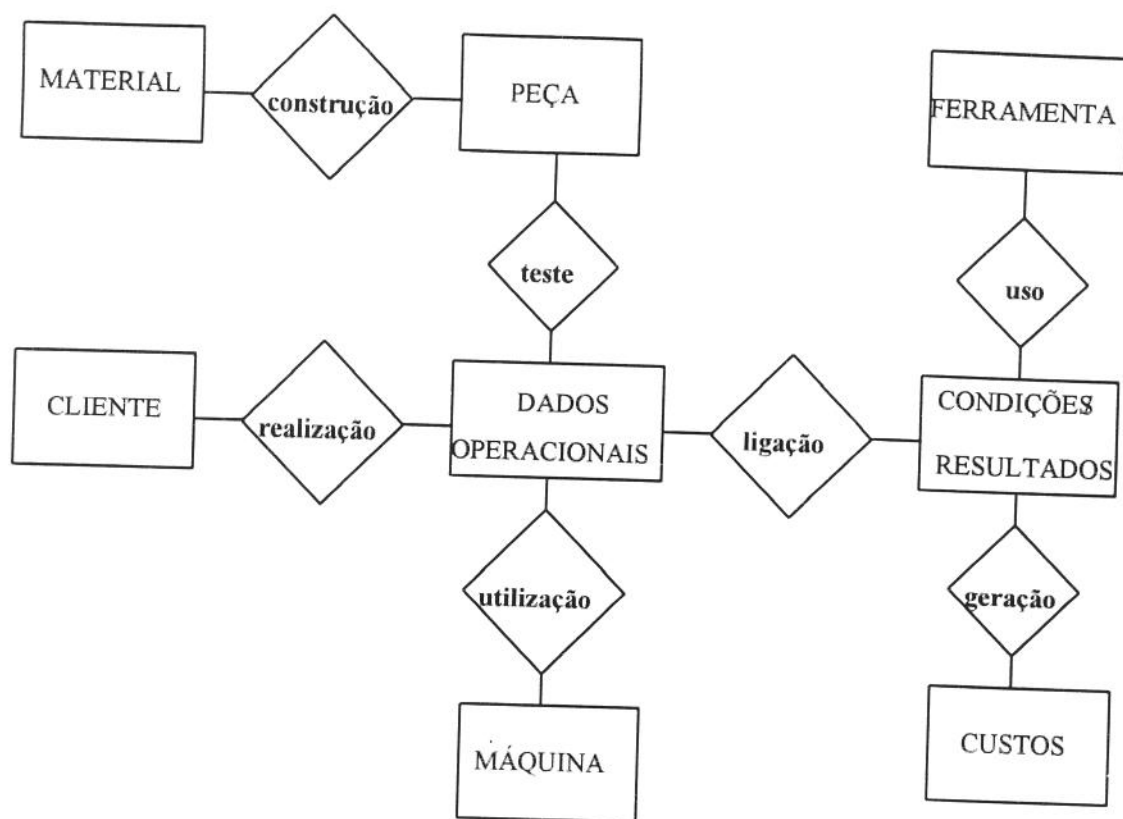


Figura 5.3 - Diagrama de entidades e relacionamentos do sistema ATAC

Resumindo: temos o arquivo de Material se relacionando com o de Peça, pois uma peça é construída de um determinado material. Já o arquivo de Dados Operacionais se relaciona diretamente tanto com Peça, com Máquina, com Cliente e com Condições/Resultados, pois são atributos dos dados operacionais: qual peça foi testada, em que máquina, de qual cliente e em quais condições. Quanto ao arquivo Condições/Resultados, ele se relaciona diretamente com o de Dados Operacionais, com o de Ferramenta e o de Custos; pois para cada condição se utiliza uma ferramenta, que gera custos característicos e estão atrelados aos dados operacionais.

5.6 - Algoritmo do sistema de custos

Devido ao fato do item custo ter uma importância preponderante na escolha de uma condição de trabalho mais "eficiente" do ponto de vista do chão-de-fábrica, a seguir será

apresentado o modelo de cálculo de custo utilizado pela SANDVIK-COROMANT, para a avaliação dos mesmos para cada situação testada.

5.6.1 - Custo-máquina

Inicialmente é feita, quando necessária, a conversão do custo de utilização da máquina-ferramenta

$$CTPM = \frac{CUSTO_MAQ}{60} \quad (5.1)$$

Onde:

CTPM: custo de utilização da máquina (R\$/min)

CUSTO_MAQ: custo de utilização da máquina (R\$/hora)

A indicação do tempo total em que a máquina será utilizada é dada por:

$$TTM = TC + TM + TI \quad (5.2)$$

Onde:

TTM: tempo de utilização da máquina (min/pç)

TC: tempo de corte (min/pç)

TM: tempo de manuseio (min/pç)

TI: tempos improdutivo (min/pç)

O custo total da máquina por peça (CM) será:

$$CM = TTM * CTPM \quad (5.3)$$

5.6.2 - Custo-ferramenta

O custo referente ao suporte ou porta-ferramenta sem o inserto será:

$$CFERR = \frac{PRECO_PF}{VIDA_PF} \quad (5.4)$$

Onde:

CFERR: custo do suporte (R\$/aresta)

PRECO_PF: preço do suporte (R\$)

VIDA_PF: vida do suporte em número de arestas

O custo referente ao inserto será:

$$CINS = \frac{PRECO_INS}{AREST_INS} \quad (5.5)$$

Onde:

CINS: custo do inserto (R\$/aresta)

PRECO_INS: preço do inserto (R\$)

AREST_INS: número de arestas do inserto

O custo total por aresta (CTPA) será a soma dos custos do suporte e do inserto:

$$CTPA = CFERR + CINS \quad (5.6)$$

Os custos com afiação e troca de ferramentas serão os seguintes:

$$CA = CAS * T_AFIA \quad (5.7)$$

Onde:

CA: custo total de afiação da ferramenta (R\$/aresta)

CAS: custo de afiação (R\$/min)

T_AFIA: tempo de afiação (min/aresta)

$$CTT = CTPM * T_TROCA \quad (5.8)$$

Onde:

CTT: custo total com troca de ferramenta (R\$/aresta)

CTPM: custo de utilização da máquina (R\$/min)

T_TROCA: tempo de troca da ferramenta (min/aresta)

O valor total do custo da ferramenta por aresta (CTF) englobará: o custo do porta-ferramenta, do inserto, da afiação e da parada de máquina para a troca.

$$CTF = CTPA + CA + CTT \quad (5.9)$$

Já o custo total da ferramenta por peça será:

$$CCF = \frac{CTF}{PC_PROD} \quad (5.10)$$

Onde:

CCF: custo total da ferramenta (R\$/pç)

CTF: custo total da ferramenta (R\$/aresta)

PC_PROD: número de peças produzidas (pç/aresta)

O custo total com usinagem por peça (CDUS) será o referente aos custos com a ferramenta e máquina como segue:

$$CDUS = CCF + CM \quad (5.11)$$

5.6.3 - Economia

Para se conhecer a economia conseguida com o uso de condições de usinagem melhores realiza-se o seguinte procedimento para condições do mesmo ensaio:

$$ECO = CDUS_1 - CDUS_2 \quad (5.12)$$

Onde:

ECO: economia (R\$/pç)

CDUS₁: custo total de usinagem da condição 1 (R\$/pç)

CDUS₂: custo total de usinagem da condição 2 (R\$/pç)

Convertendo o valor para o Dólar americano:

$$ECOD = \frac{ECO}{DOLAR_COM} \quad (5.13)$$

Onde:

ECOD: economia em dólar (US\$/pç)

ECO: economia (R\$/pç)

DOLAR_COM: valor do dólar comercial na data do teste (US\$)

A economia mensal será:

$$ECOM = ECOD * PROD_MENS \quad (5.14)$$

Onde:

ECOM: economia mensal (US\$)

ECOD: economia em dólar (US\$/pç)

PROD_MENS: produção mensal da peça

A economia anual (ECO A) em dólares será:

$$ECO A = ECOM * 12 \quad (5.15)$$

5.7 - As operações do sistema

Para se fazer uso das informações armazenadas no sistema, e mesmo para primeiro poder armazená-las, se faz necessário a utilização de uma série de programas que têm por finalidade permitir que se possa inserir um registro, corrigi-lo, consultá-lo, emitir relatórios sobre ele ou por ventura eliminá-lo. Estes programas, esquematizados nas figuras 5.4 e 5.5, possibilitam a realização das operações básicas de manipulação que são:

- **Consulta:** esta operação é destinada à consulta, pelo usuário, dos dados de um ou mais registros de um certo arquivo. A consulta é inicializada entrando-se com o código do registro ou com o conteúdo de um dos campos-chave, que são solicitados pelo sistema em forma de menu na tela. Em seguida, serão apresentados um a um os registros que satisfaçam a condição de busca, ou seja apresentem o número de registro escolhido, ou então todos os registros que possuam para o campo-chave selecionado, o mesmo conteúdo apresentado quando da solicitação da busca. Os programas que realizam consulta são: conferr, conmat, conpec, comaq, concli, condad, conscon, conres, cocmaq, coferr, coneco e conpesq;
- **Cadastro:** é esta operação que irá fornecer ao sistema os registros para que ele tenha como manipular as informações. Os códigos dos registros são gerados pelo próprio sistema, de forma automática e sequencial. A geração dos códigos só não é automática para os módulos Dados Operacionais e Condições de Corte, que utilizam o número dos relatórios. Nestes casos, inicialmente o sistema solicita o código para o registro, em seguida ele confirma se este código não está sendo usado por outro registro, se o for ele informará a não disponibilidade do código, solicitando um novo. Os módulos Condições de Corte, Custos de Máquina e Economia, não comportam a operação de cadastro, pois seus dados são cadastrados em outros arquivos: Condições de Corte e Custo de Máquina em Resultado e Economia em Dados Operacionais. Os programas que efetuam cadastro são: cadferr, cadmat, cadpec, camaq, cadcli, cadad, cadres e cadcus;
- **Eliminação:** operação utilizada quando se deseja eliminar um ou mais registros do arquivo de um dado item. A operação é iniciada com a definição do código do registro e só completada após a confirmação requerida pelo sistema, do desejo de se eliminar o

registro. Como no cadastro alguns módulos (Condições de Corte, Custo de Máquina e Economia), não comportam a operação de eliminação, pois a eliminação é feita nos arquivos que armazenam os seus dados. Os programas que se encarregam da eliminação são: delferr, delmat, delpec, demaq, delcli, deldad, delres e delcusto;

- **Atualização:** destina-se a alterar os dados de um arquivo, seja por motivo de atualização de dados ou pelo simples motivo de se corrigir algum erro de digitação quando do cadastro. A operação, como na eliminação, inicia-se com a definição do registro, após o que surgem na tela os dados constantes do registro, permanecendo então à disposição do usuário para as modificações, em seguida o registro é novamente gravado pelo sistema. Os programas que permitem a atualização são: atuferr, atumat, atupec, atmaq, atucli, atudad, atuacon, atures, atcmaq, atcferr e atueco; e
- **Emissão de relatórios:** oferece ao usuário a opção de listar os dados de um arquivo por seqüência de código ou por campos-chave. O modo de saída é através da impressora, pois através da tela é a operação consulta. Os programas que executam a emissão são: relferr, relmat, relpec, relmaq, relcli, reldad, relacon, relres, recmaq, recferr, releco e rpesq.

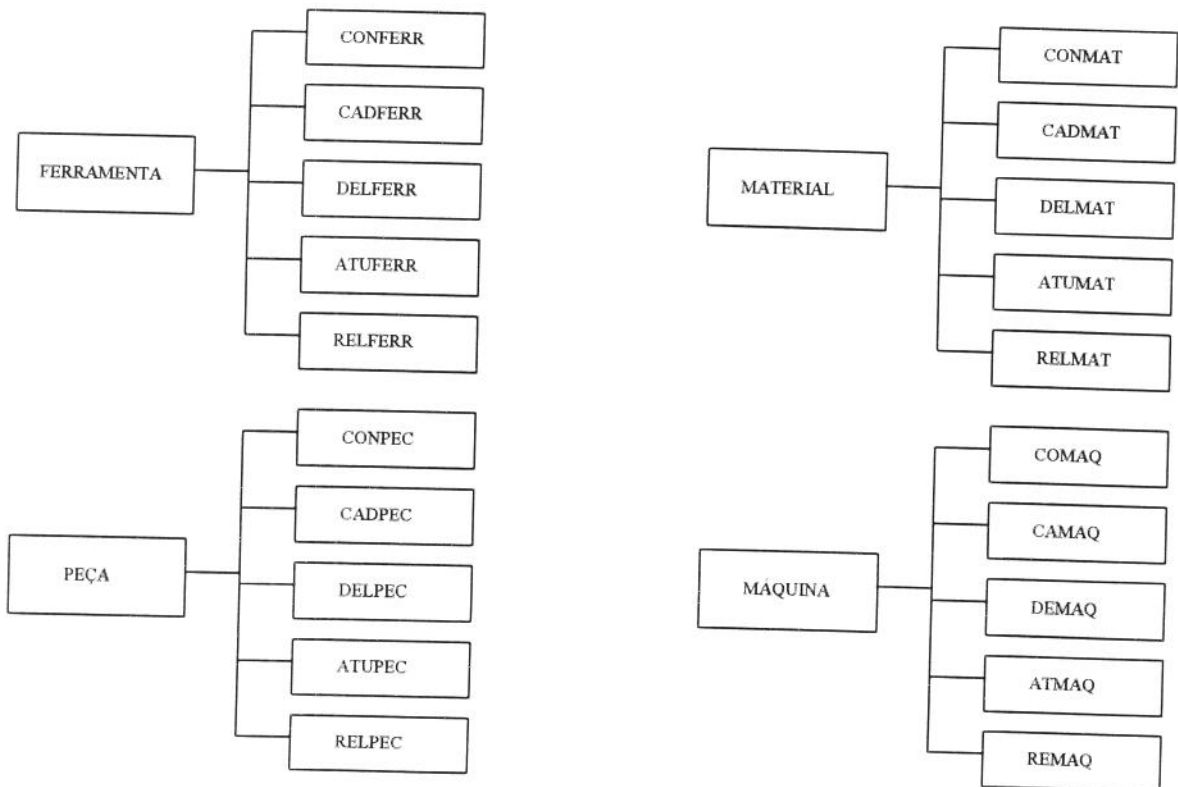


Figura 5.4 - Esquema dos arquivos e seus programas

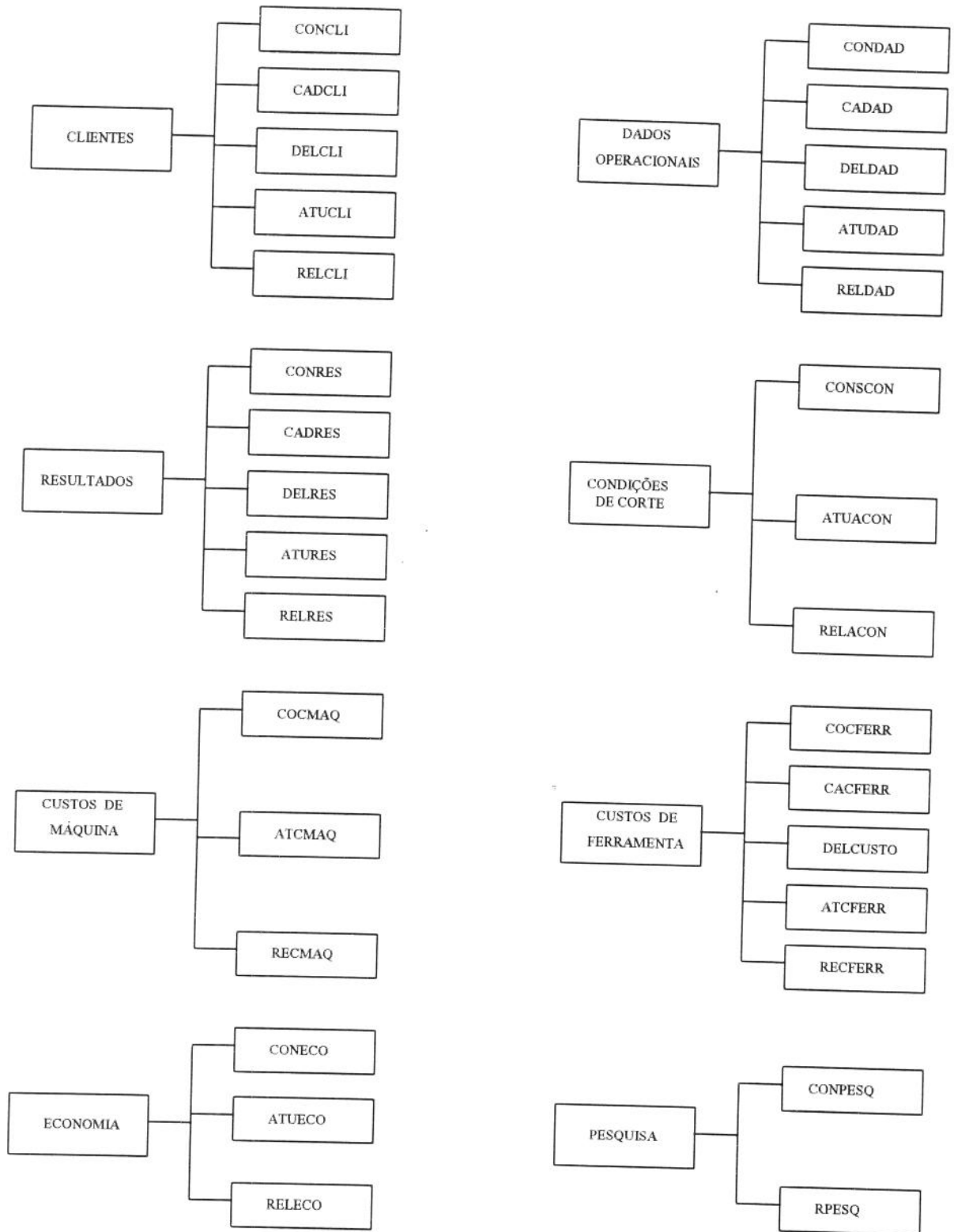


Figura 5.5 - Esquema dos arquivos e seus programas (continuação)

5.8 - O projeto do sistema

O projeto do ATAC segue basicamente as diretrizes traçadas no item 4.4 - Projeto de Banco de Dados - levando-se também em conta a vinculação do banco de dados com a estrutura do relatórios de visitas técnicas da SANDVIK-COROMANT (Apêndice II). As fases em que se dividiu este projeto estão relacionadas e comentadas a seguir:

- escolha dos arquivos e seus campos - inicialmente os itens existentes nos relatórios que correspondiam ao mesmo assunto foram agrupados em arquivos, que passaram a ter como campos estes itens, e em alguns casos itens novos foram acrescentados;
- montagem dos relacionamentos - com base no funcionamento proposto para o sistema, foram esquematizados os relacionamentos necessários ao seu adequado funcionamento;
- criação dos arquivos - a seguir, foi implementada a criação dos arquivos, juntamente com a definição dos nomes internos de seus campos, assim como de seus respectivos tipos (caracter, numérico, data, etc.) e tamanhos;
- determinação dos campos-chave - a partir da avaliação da importância dos campos de cada arquivo, se determinou aqueles que seriam campos-chave para as operações de saída (consulta e relatório);
- elaboração de programas - tendo em vista as necessidades do sistema, foram implementados os programas que permitem a realização das operações básicas de manipulação, assim como da interface com o usuário (menus de tela). Inicialmente os programas foram implementados em dBASE III Plus e posteriormente em CLIPPER, na sua versão final.;
- alimentação do sistema - depois de implementado o sistema, chega o momento de alimentá-lo com dados, para verificar o seu desempenho, os dados desta primeira alimentação foram dados reais extraídos de relatórios de visitas técnicas;
- testes e avaliação - com o sistema alimentado, este foi testado em todas as suas operações, para que se pudesse efetuar uma avaliação do mesmo; e
- correções e novos testes - o resultado da avaliação foi a realização de correções e modificações, que posteriormente foram testadas e novamente avaliadas.

5.9 - A linguagem de implementação

Para se implementar a versão final do ATAC foi utilizado o CLIPPER que é um completo sistema gerenciador de banco de dados, tendo originado-se do dBASE III, do qual é um compilador. O dBASE III assim como o CLIPPER, permite criar, manipular e gerenciar bases de dados de pequeno e médio porte utilizando microcomputadores do tipo IBM-PC. Com ele pode-se criar e utilizar rapidamente arquivos e dados das mais variadas naturezas, conforme as necessidades de se gerar informações. O dBASE III é bastante poderoso, flexível simples de ser utilizado e capaz de produzir verdadeiros sistemas de informação [61].

Utilizando o CLIPPER é possível:

- criar, organizar, classificar, copiar, selecionar e relacionar conjuntos de arquivos que formam a base de dados;
- adicionar, alterar, eliminar, exibir e listar global ou seletivamente as informações contidas nos arquivos de dados;
- gerar relatórios padronizados, efetuar automaticamente somas, agregações, contagens e operações aritméticas sobre os valores dos dados armazenados nos arquivos;
- formatar telas de entrada de dados no vídeo e gerar relatórios, tabelas e listagens complexas na impressora, de acordo com as necessidades do usuário; e
- produzir sistemas de informação completos e integrados.

Em suma, o CLIPPER permite a dinamização de aplicações com arquivos de dados, tornando-as mais fáceis e rápidas que as desenvolvidas em uma linguagem de programação tradicional, como o Cobol, o Basic ou Pascal. Com sua linguagem de programação, baseada na linguagem dBASE permite o encadeamento ordenado e lógico de seus comandos possibilitando rapidamente a definição de programas com alto grau de complexidade e sofisticação, permitindo inclusive interações com outras linguagens como o "C" e Assembler, que lhe confere a flexibilidade necessária para a utilização profissional

O principal atrativo de um compilador é principalmente a alta velocidade de execução dos programas, que não pode ser alcançada por um interpretador, como é o caso do dBASE III original. Outra vantagem é a segurança do código fonte. Quando se produz uma

aplicação com o dBASE III, o código-fonte dos programas tem que ser fornecido ao usuário, o que não acontece com um compilador; ele protege os métodos do programador, seus algoritmos, enfim, sua criação, de alteração e utilização intencional (ou não) por outras pessoas [61].

Utilizando o CLIPPER, pode-se criar e compilar programas aplicativos sem a necessidade de nenhum outro *software*, a não ser um "editor de textos", para escrever os programas-fonte. Após isso, um programa executável é gerado e pode ser fornecido aos usuários sem a necessidade de qualquer parte do compilador.

5.10 - Interligação de sistemas

Utilizando o ATAC de forma isolada, ele fornecerá informações suficientes para responder questões referentes às operações de usinagem. Ao integrá-lo a um Gerenciador de Ferramentas, faremos com que este vá buscar em nosso sistema dados já testados e aprovados na prática, o que tornaria a escolha das ferramentas mais eficiente. Por outro lado, se conforme a figura 5.6 interligarmos os dois sistemas a um Sistema Especialista, podemos proporcionar uma otimização dos dados obtidos na prática, com base no cálculo da velocidade de máxima produção por exemplo, retornar este valor otimizado para o Banco de Dados e então escolher através do Gerenciador as ferramentas ideais para o processo, aí então alcançaremos um alto grau de eficiência no Planejamento de Processo em Usinagem.

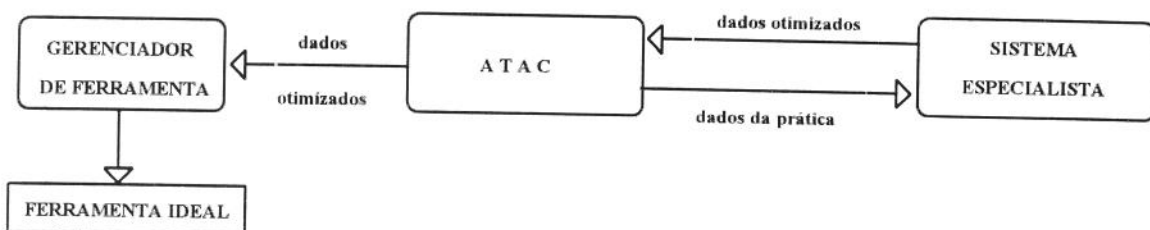


Figura 5.6 - Interligação dos sistemas

A interação entre sistemas de programação e um banco de dados de usinagem faz com que se obtenha, rapidamente, valores de corte atualizados e adequados às condições

reais de trabalho. A computadorização dos registros de condições de usinagem através de um banco de dados, além de evitar perdas de tempo com consultas e tabelas, permite que se tire o máximo rendimento das ferramentas e das máquinas. Isto representa uma melhor eficiência do processo e uma maior produtividade para os sistemas de produção.

6. FUNCIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO SISTEMA

6.1- Apresentação

Para melhor se entender o funcionamento do sistema serão mostradas a seguir, - esquematicamente, algumas telas do sistema, em número suficiente para se cobrir todas as operações do sistema, exemplificando-as.

Ao se inicializar o sistema se digita *ATAC*, a seguir apresenta-se a primeira tela (figura 6.1) na qual se dispõem as opções de operações de manipulação e a opção de saída (FIM), a seleção da operação se faz via teclado (←, →). Se a opção for pela operação *CONSULTA* uma janela contendo o nome dos módulos é aberta conforme a tela da figura 6.2.

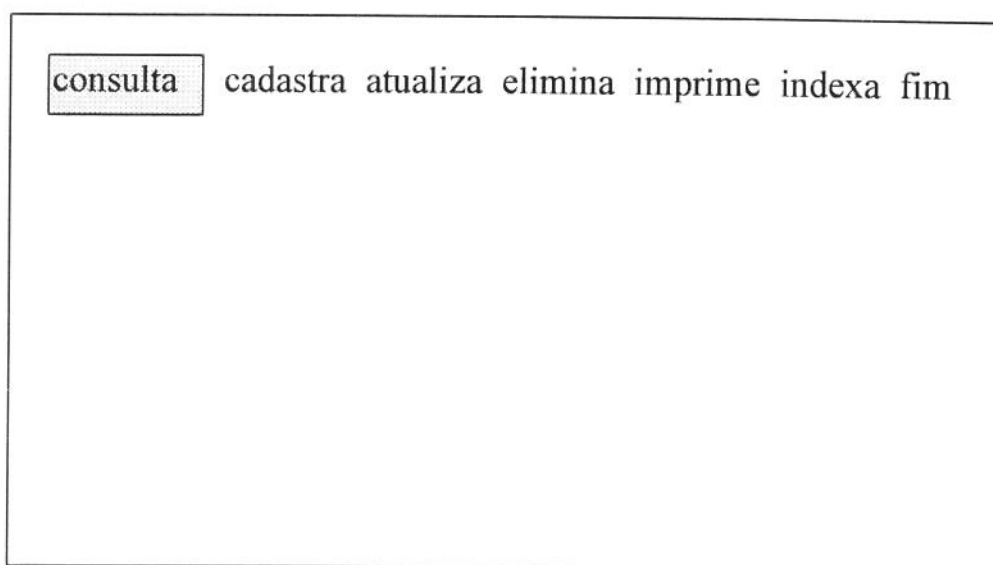


Figura 6.1 - Tela inicial do sistema

6.2 - Consulta/Relatórios

A seguir, se se desejar fazer consultas sobre ferramentas, por exemplo, basta selecionar na tela (teclas ↓, ↑) a opção *FERRAMENTA*. Ao se fazer isso, se abrirá uma nova janela de opções com os campos-chave para consulta, conforme a figura 6.3. Se por exemplo, selecionar-se o campo *CÓDIGO*, inicialmente o sistema apresentará uma tela (figura 6.4) em

que ele solicitará o valor do código desejado, após o campo ser preenchido, o sistema apresenta uma tela contendo as informações do referido registro (figura 6.5).

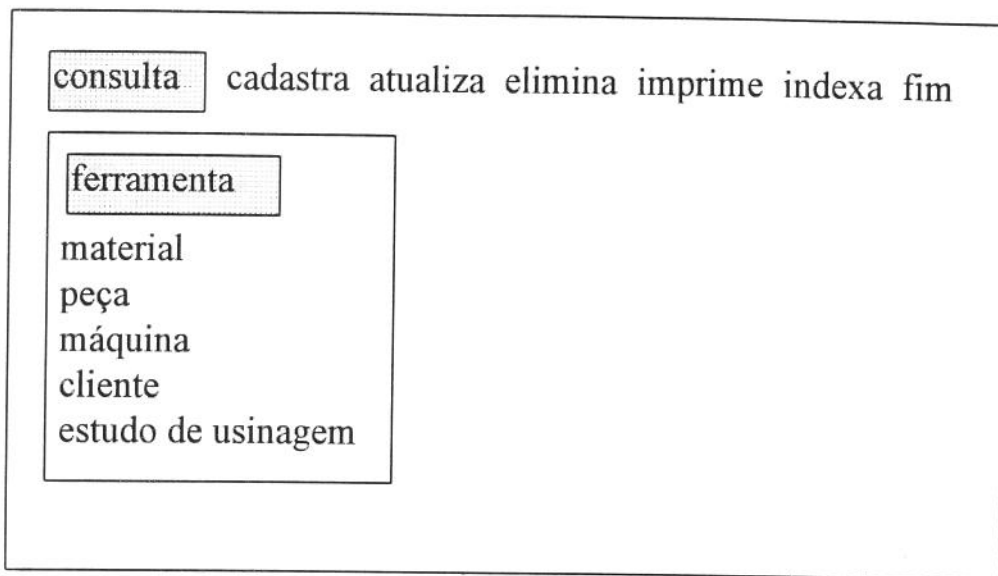


Figura 6.2 - Tela de consulta com os módulos

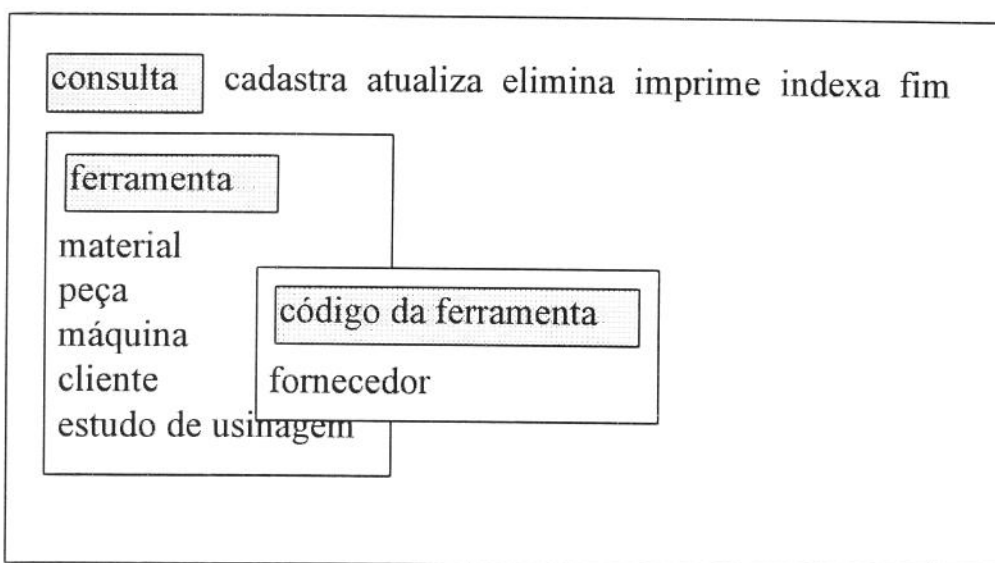


Figura 6.3 - Tela de consulta com opções

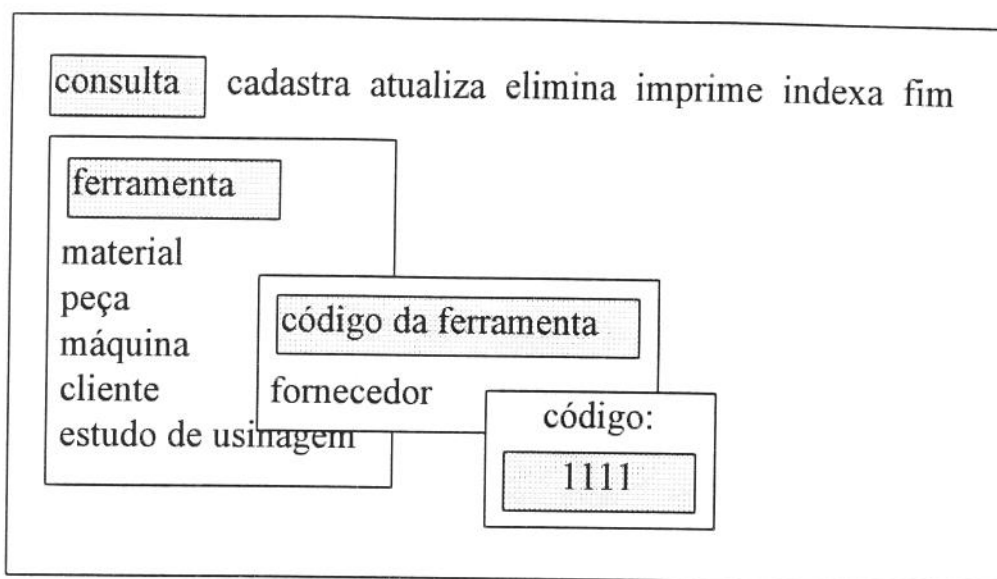


Figura 6.4 - Tela de entrada para consulta

CONSULTA DE FERRAMENTAS

CÓDIGO DA FERRAMENTA: 1111

TIPO DO SUPORTE: R.166.3222 TIPO DA PASTILHA: R.166.OL22

QUEBRA CAVACO (S/N): N MATERIAL DA PASTILHA: K10

RAIO DE PONTA: 0

FORNECEDOR: SANDVIK

<Esc> - Abandona <^Pg-Up> - Pag,Ant. <^Pg-Down> - Prox.Pg.

Figura 6.5 - Tela de apresentação dos dados

Para os demais campos-chave o procedimento de consulta é o mesmo, diferenciando-se somente pelo fato de que havendo vários registros que satisfaçam a condição de consulta (campos-chave), todos serão apresentados, um a um. As operações de consulta para os demais módulos à exceção do *ESTUDO DE USINAGEM*, transcorrem de maneira similar à exposta para *FERRAMENTA*, com a única diferença de que cada módulo possui os seus próprios campos-chave, que serão apresentados no decorrer da consulta (figura 6.3).

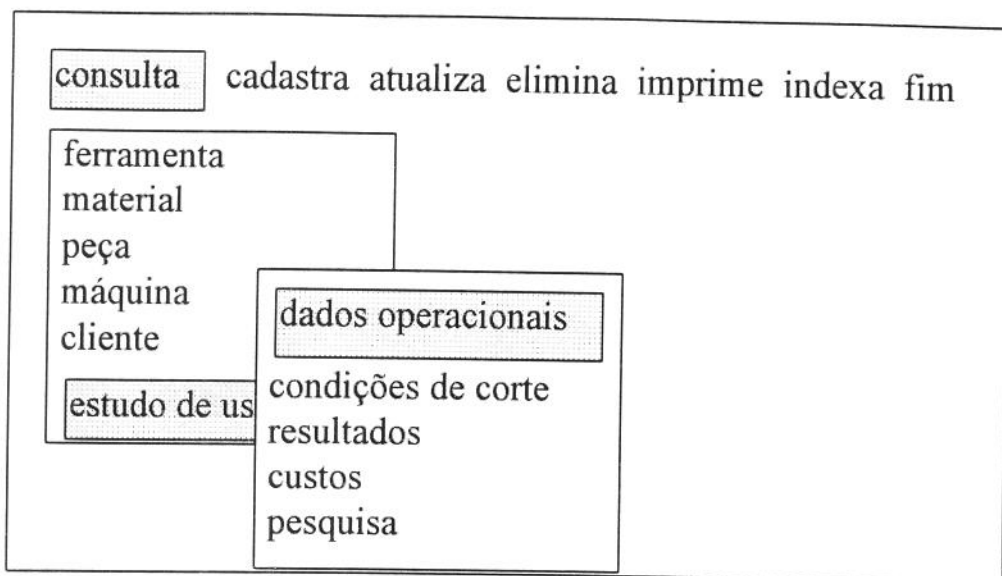


Figura 6.6 - Tela de consulta de estudo de usinagem com os módulos

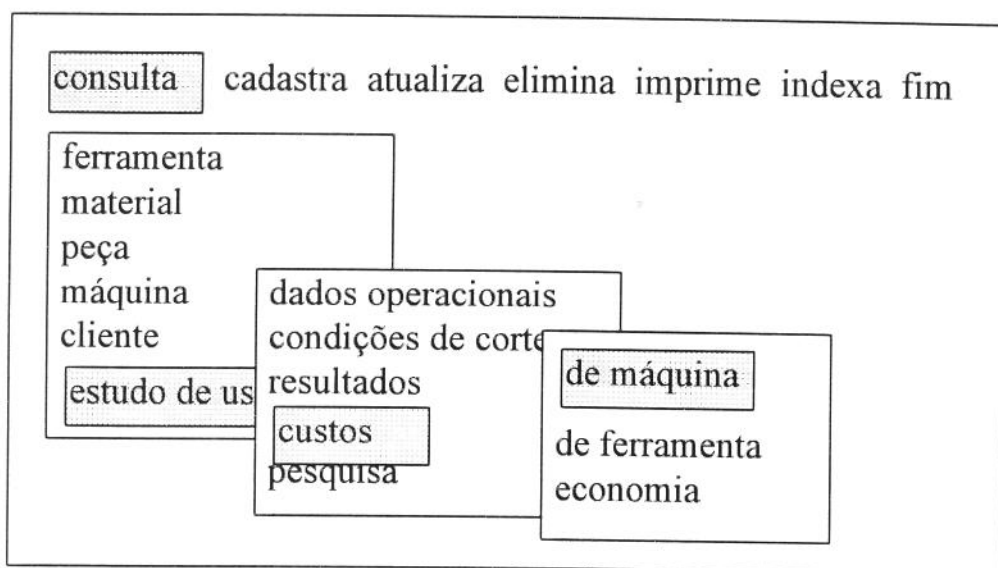


Figura 6.7 - Tela de consulta de custo com os módulos

Por outro lado, ao se optar pelo módulo *ESTUDO DE USINAGEM*, uma nova janela se apresenta, conforme a figura 6.6, contendo os seus módulos secundários, se a próxima opção for *CUSTO*, uma janela com novas opções será aberta (figura 6.7). Optando por qualquer das três opções o resultado será, conforme a figura 6.9, a apresentação das informações de cada módulo após a digitação do campo-chave (código da condição para *CUSTOS DE MÁQUINA* e *CUSTOS DE FERRAMENTAS*, e código dos dados para *ECONOMIA*, conforme figura 6.8).

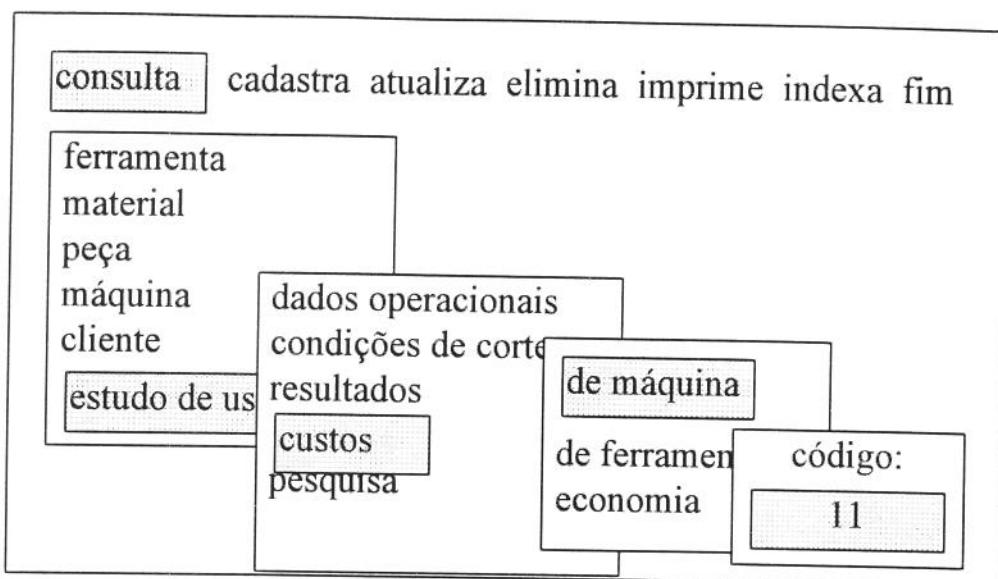


Figura 6.8 - Tela de solicitação do código para entrada

CONSULTA DE CUSTO DE MÁQUINA:

CÓDIGO DA CONDIÇÃO: 11

CUSTO TOTAL (R\$/h): 50.00 CUSTO TOTAL (R\$/min): 0.83

TEMPO TOTAL DE MÁQUINA (min/p): 0.80

CUSTO DE MÁQUINA (R\$/p): 0.67

CUSTO TOTAL DE TROCA (R\$/A): 0.25

Tecla <Esc> para abandonar operação

Figura 6.9 - Tela de apresentação dos dados de custo

Se a opção na tela da figura 6.6, recair sobre os demais módulos, a seqüência é mostrada a partir da figura 6.10, onde por exemplo, *CONDIÇÕES DE CORTE* foi selecionado. A tela apresenta os campos-chave para serem selecionados de acordo com o objetivo da consulta, após a seleção, o sistema solicitará o preenchimento do campo-chave (figura 6.11), para a seguir apresentar os registros que satisfaçam a condição de consulta (figura 6.12). O procedimento é similar para os demais módulos, exceto pelo fato de que cada módulo possui seus campos-chave característicos.

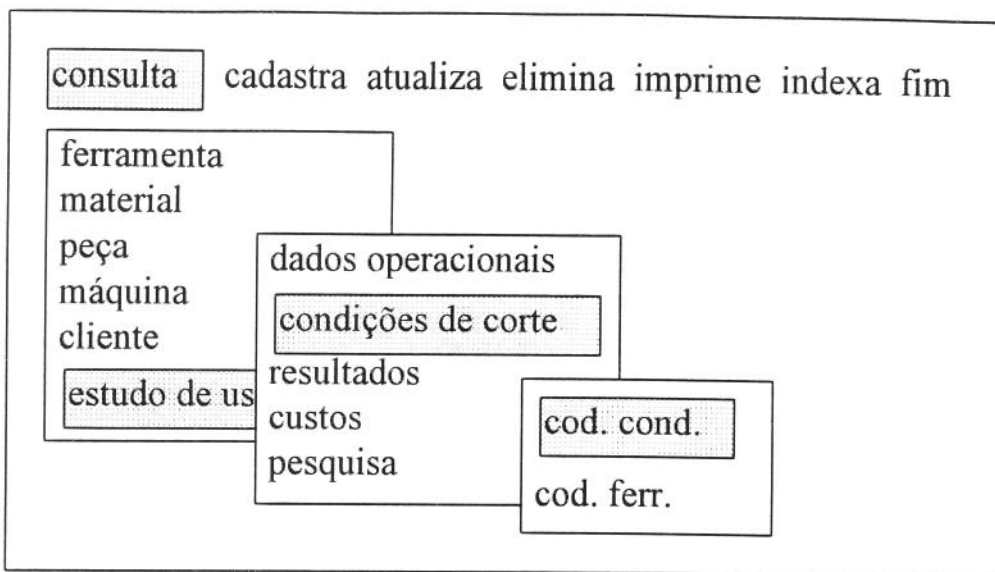


Figura 6.10 - Tela de opções de consulta de condições de corte

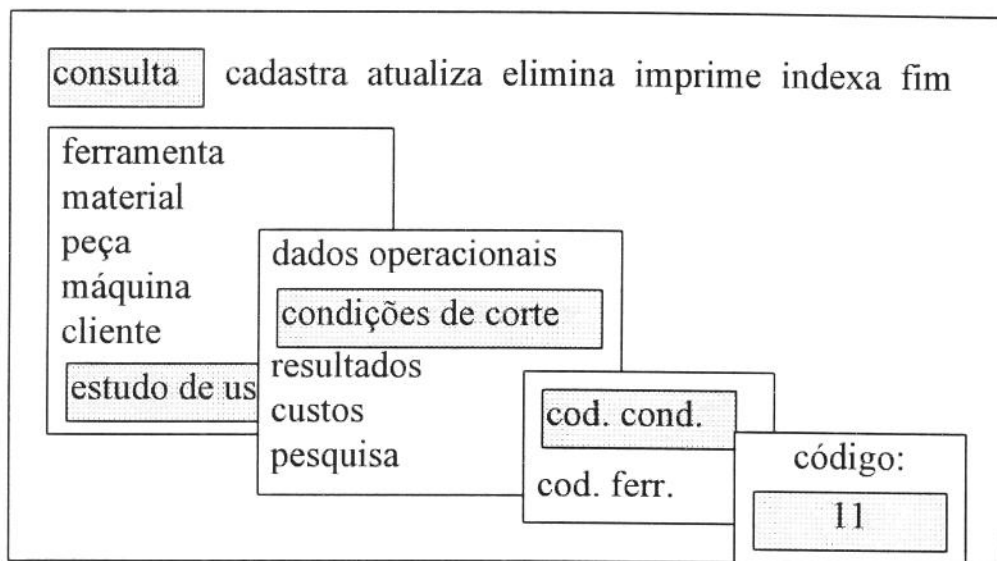


Figura 6.11 - Tela de solicitação do código da condição

A operação de impressão de relatórios (*RELATÓRIOS*) se realiza de maneira análoga à de consulta, porém o resultado é a impressão de um ou mais registros de um dado arquivo, ou seja de uma ou mais telas apresentadas no módulo *CONSULTA*, através da seleção dos campos-chave, que assim permite a opção de se buscar os registros desejados de um dado arquivo.

CONSULTA DE CONDIÇÕES DE CORTE	
CÓDIGO DA CONDIÇÃO: 11	
CÓDIGO DOS DADOS: 1	
CÓDIGO DA FERRAMENTA: 1	
ROTAÇÃO (rpm): 100	VELOCIDADE DE CORTE(m/min): 32
AVANÇO (mm/v): 1.000	PROFUNDIDADE DE CORTE(mm): 0.20
COMP. DE CORTE (mm): 1.2	MATERIAL REMOVIDO: 6.40
POTÊNCIA CONSUMIDA (CV): 15.0	
<Esc> - Abandona <^Pg-Up> - Pag,Ant. <^Pg-Down> - Prox.Pg.	

Figura 6.12 - Tela de apresentação dos dados de Condições de Corte

6.3 - Cadastro

Quanto à operação de *CADASTRO* seu funcionamento se realiza da seguinte maneira: após selecionada a opção no menu superior, é mostrada a janela com os módulos (figura 6.13). Ao se selecionar um deles, *FERRAMENTA* por exemplo, uma nova tela (figura 6.14) é apresentada, contendo o número do código, que é gerado pelo sistema e os campos destinados ao cadastro das informações do registro.

consulta	cadastra	atualiza	elimina	imprime	indexa	fim						
<table border="1"> <tr> <td>ferramenta</td> </tr> <tr> <td>material</td> </tr> <tr> <td>peça</td> </tr> <tr> <td>máquina</td> </tr> <tr> <td>cliente</td> </tr> <tr> <td>estudo de usinagem</td> </tr> </table>							ferramenta	material	peça	máquina	cliente	estudo de usinagem
ferramenta												
material												
peça												
máquina												
cliente												
estudo de usinagem												

Figura 6.13 - Tela de cadastro com os módulos

CADASTRO DE FERRAMENTAS	
CÓDIGO DA FERRAMENTA: 1112	
TIPO DO SUPORTE: <input style="width: 80px;" type="text"/>	TIPO DA PASTILHA: <input style="width: 80px;" type="text"/>
QUEBRA CAVACO (S/N): <input type="checkbox"/>	MATERIAL DA PASTILHA: <input type="checkbox"/>
RAIO DE PONTA: <input style="width: 60px;" type="text"/>	
FORNECEDOR: <input style="width: 150px;" type="text"/>	
<Esc> - Abandona <^W> - Sai e Grava	

Figura 6.14 - Tela de cadastro de Ferramenta

O único módulo cuja operação de *CADASTRO* é diferenciada é o *ESTUDO DE USINAGEM*, pois para seus módulos secundários não há geração automática de códigos, devido a serem utilizados os próprios números dos relatórios técnicos. Assim sendo, quando se opta por cadastro em *ESTUDO DE USINAGEM*, mais especificamente em seus módulos, *DADOS OPERACIONAIS* e *CONDIÇÕES DE CORTE*, o sistema solicita inicialmente o código, só após a verificação de sua não utilização em outro registro é liberada a tela de cadastro para o novo registro.

6.4 - Atualização

A próxima operação é a de *ATUALIZAÇÃO*, quando esta é escolhida no menu, imediatamente será exibida a janela com os módulos (figura 6.15), após selecionado o módulo, o de ferramenta por exemplo, uma nova tela solicita o código da ferramenta que terá o seu registro atualizado, como mostrado na figura 6.16.

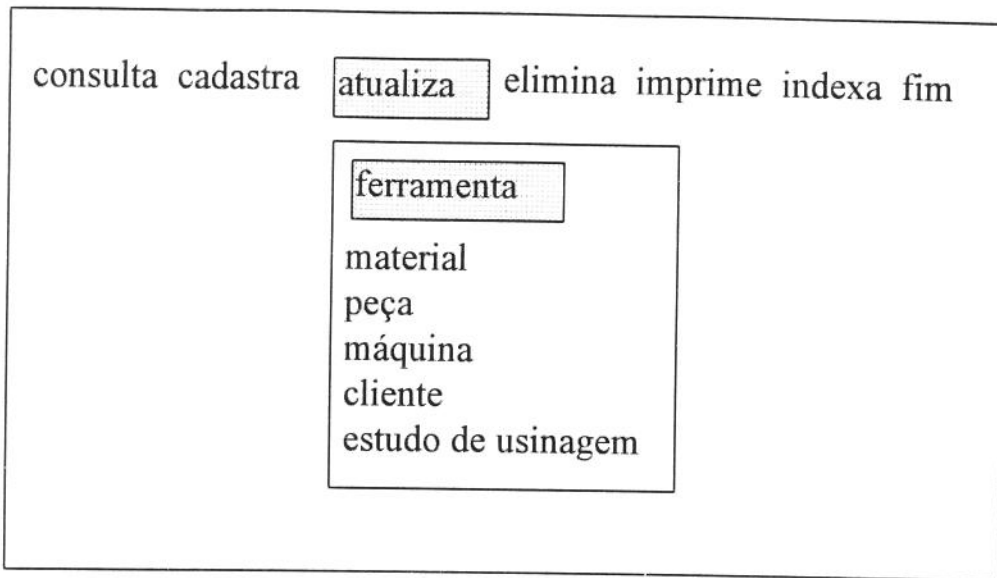


Figura 6.15 - Tela de módulos para atualização

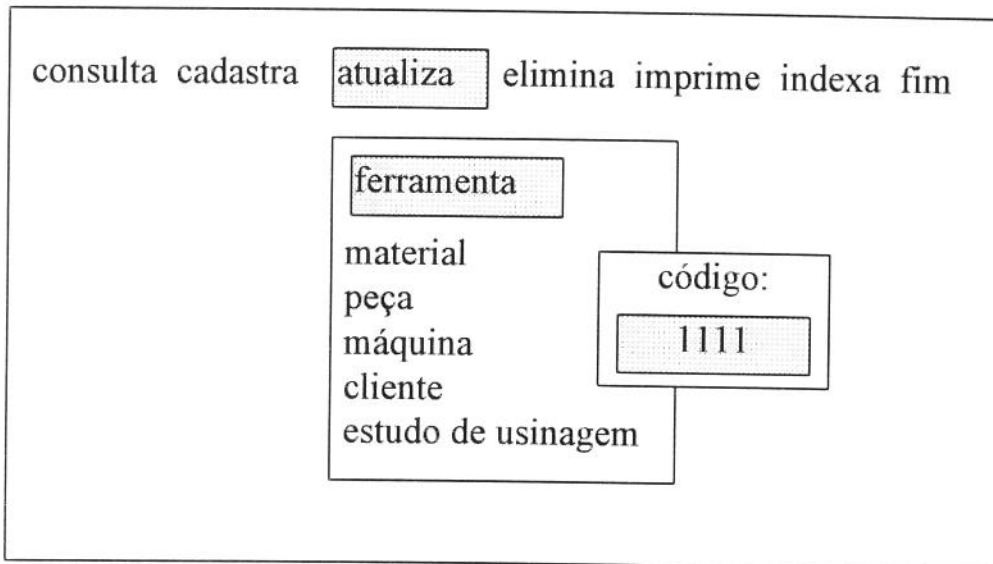


Figura 6.16 - Tela de solicitação de código para atualização

Na seqüência, os dados do registro selecionado são apresentados e permanecem à disposição para serem modificados (figura 6.17).

ATUALIZAÇÃO DO CADASTRO DE FERRAMENTAS

CÓDIGO DA FERRAMENTA: 1111

TIPO DO SUPORTE: R.166.3222 TIPO DA PASTILHA: R.166.OL22

QUEBRA CAVACO (S/N): N MATERIAL DA PASTILHA: K10

RAIO DE PONTA: 0

FORNECEDOR: SANDVIK

<Esc> - Abandona <^W> - Sai e Grava

Figura 6.17 - Tela para atualização de Ferramenta

6.5 - Eliminação

A última operação é a *ELIMINAÇÃO*, seu funcionamento é semelhante ao da *ATUALIZAÇÃO*, após o acesso ser permitido, os módulos são apresentados (figura 6.18), é solicitado o código (figura 6.19), o registro apresentado (figura 6.20), e então o sistema questiona confirmando a intenção de se eliminar o registro (figura 6.21).

consulta cadastra atualiza elimina imprime indexa fim

ferramenta

material

peça

máquina

cliente

estudo de usinagem

Figura 6.18 - Tela dos módulos para eliminação

consulta cadastra atualiza imprime indexa fim

ferramenta

material
peça
máquina
cliente
estudo de usinagem

código:

1111

Figura 6.19 - Tela de tomada de código para a eliminação

ELIMINAÇÃO DE FERRAMENTAS

CÓDIGO DA FERRAMENTA: 1111

TIPO DO SUPORTE: R.166.3222 TIPO DA PASTILHA: R.166.OL22

QUEBRA CAVACO (S/N): N MATERIAL DA PASTILHA: K10

RAIO DE PONTA: 0

FORNECEDOR: SANDVIK

Bata qualquer tecla para continuar.

Figura 6.20 - Tela de apresentação do registro para eliminação

ELIMINAÇÃO DE FERRAMENTAS

CÓDIGO DA FERRAMENTA: 1111

TIPO DO SUPORTE: R.166.3222 TIPO DA PASTILHA: R.166.OL22

QUEBRA CAVACO (S ERIAL DA PASTILHA: K10

RAIO DE PONTA: 0

FORNECEDOR: SANDVIK

Bata qualquer tecla para continuar.

Figura 6.21 - Tela de confirmação da eliminação

6.6 - Módulo Pesquisa

O funcionamento deste módulo merece um destaque especial, devido à importância deste, pois é através dele que efetivamente se vai dinamizar o manuseio das informações anteriormente contidas nos arquivos manuais, e que agora estão contidas nos arquivos do sistema de banco de dados. As operações básicas possíveis para este módulo são *CONSULTA* e *RELATÓRIOS*, se por exemplo se optar pela *CONSULTA* deve-se posicionar o cursor nesta operação (figura 6.22) e caminhar para a opção *PESQUISA*, passando pelo módulo *ESTUDO DE USINAGEM*, e em seguida opta-se pelo campo de busca desejado dentro das opções apresentadas, conforme a figura 6.23.

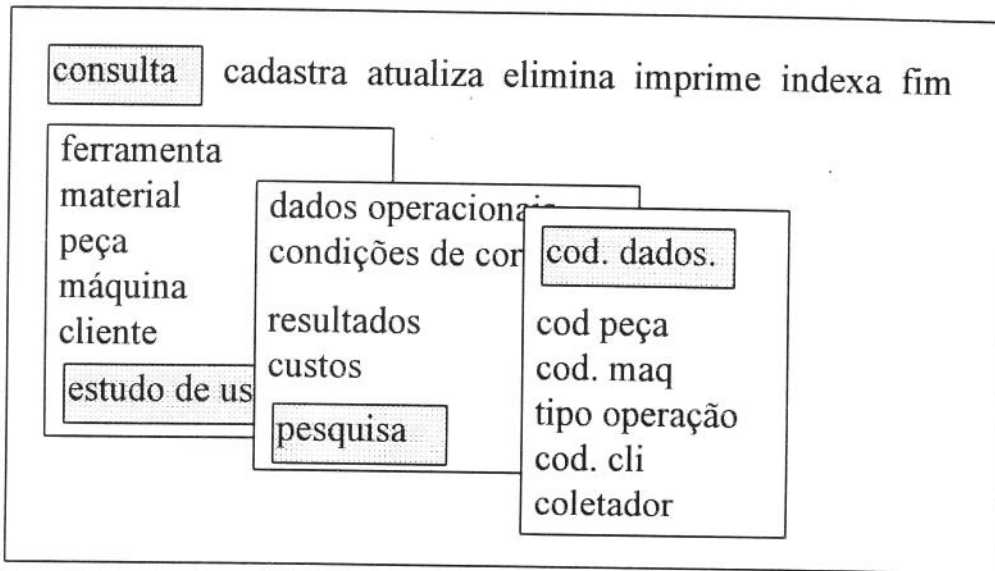


Figura 6.22 - Tela de opção pelo módulo pesquisa em consulta

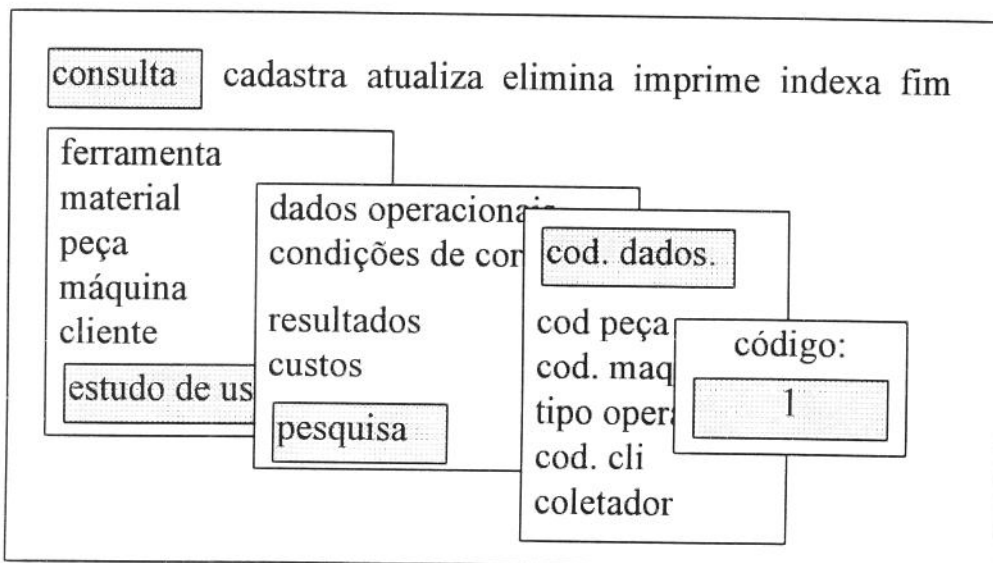


Figura 6.23 - Tela de opção de campo para o módulo pesquisa

Caso a opção seja quanto ao código dos dados, a próxima tela (figura 6.24) apresentará as informações referentes àquele *DADO* e suas respectivas *CONDIÇÕES*, devido ao número de informações apresentado ser elevado se fez necessário dividir a apresentação das *CONDIÇÕES* apresentando uma por tela sendo que as informações comuns às *CONDIÇÕES* ou seja os *DADOS* permanecem sempre presentes na tela. Para se visualizar a próxima *CONDIÇÃO* basta digitar ^PageUp (figura 6.25) para se rever a *CONDIÇÃO* anterior digita-se ^PageDown.

consulta - estudo de usinagem - pesquisa

pg 1

registro n.: 1		
cliente: 050	coletador: Luís	
duração: 7 dias	operação: tornear	data: 23/02/88
usinagem: torneamento	finalidade: acabamento	tipo: ext/int
estabilidade: média	motivo: fixação	corte interromp.: não
máquina: torno	tipo: galaxi	marca: ROMI
material: sae 1035	trat. térmico: não	refrigeração: óleo sol.
dureza (HB): 400	peça: corpo	superfície: semi-usinada
homogeneidade: n. homog.	indústria: pneumática	utilização: válvula
produção mensal: 500	custo de máq.:42.00	

condição n.: 11	pedido: sim	quebras: não
pastilha: CNMG1204VN8	suporte: MCLNR2020-12	fornecedor: sandvik
rpm: 2800	vel. de corte: 165	avanço: 0.20
prof. de corte: 1,6	comp. usinado: 94,5	mat. removido: 52.8
pot. consumida: 28	cavaco: vírgulas	produção p/a: 32
rugosidade: 0.5	kl / kb: 0.3/0.4	kt / km: 0.2/0.1
vb max: 0.20	vb med: 0.10	produção/h.: 93
t.corte (min/pc): 0.36	t. de troca p/a: 0.8	t.total(min/pc): 0.6
t.de corte p/ aresta: 11.46	t. de troca p/ pç: 0.04	c.total.maq.: 70.00
c.tot.fer/a: 5.20	custo total/pç: 5.83	c.total: 90.00

Figura 6.24 - Tela de apresentação da primeira condição

registro n.: 1		
cliente: 050	coletador: Luís	
duração: 7 dias	operação: tornear	data: 23/02/88
usinagem: torneamento	finalidade: acabamento	tipo: ext/int
estabilidade: média	motivo: fixação	corte interromp.: não
máquina: torno	tipo: galaxi	marca: ROMI
material: sae 1035	trat. térmico: não	refrigeração: óleo sol.
dureza (HB): 400	peça: corpo	superfície: semi-usinada
homogeneidade: n. homog.	indústria: pneumática	utilização: válvula
produção mensal: 500	custo de máq.: 42.00	

condição n.: 12	pedido: não	quebras: não
pastilha: CNMG1204GC435	suporte: MCLNR2020-12	fornecedor: valenite
rpm: 2600	vel. de corte: 150	avanço: 0.20
prof. de corte: 1,6	comp. usinado: 94,5	mat. removido: 45,7
pot. consumida: 30	cavaco: vírgulas	produção p/a: 28
rugosidade: 0.5	kl / kb: 0.3/0.5	kt / km: 0.2/0.1
vb max: 0.4	vb med: 0,3	produção/h.: 80
t.corte (min/pc): 0.40	t. de troca p/a: 0.8	t.total(min/pc): 0.6
t.de corte p/ aresta: 8.0	t. de troca p/ pç: 0.05	c.total.maq.: 85.00
c.tot.fer/a: 6.30	custo total/pç: 7.0	c.total: 105.00

Figura 6.25 - Tela de apresentação da segunda condição

Caso se opte por outro campo que permita a existência de mais de um registro em condição de satisfazer o código informado, todos os registros possíveis serão apresentados, um a um.

Se o usuário desejar imprimir a tela do módulo *PESQUISA* ele deve selecionar a operação *RELATÓRIOS* conforme a figura 6.26, e a seguir o módulo *PESQUISA* juntamente com o campo de busca conforme a figura 6.27.

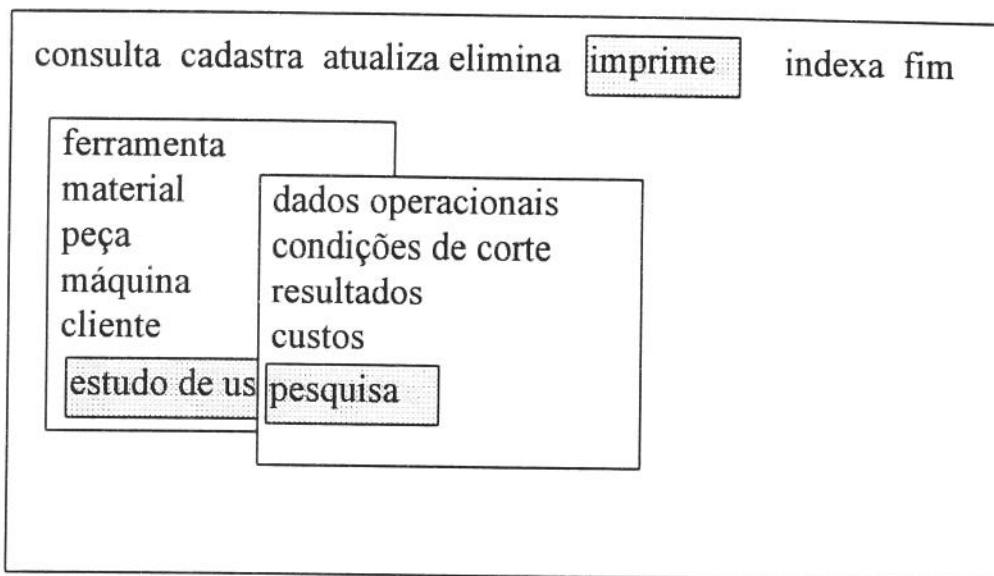


Figura 6.26 - Tela de impressão do módulo *PESQUISA*

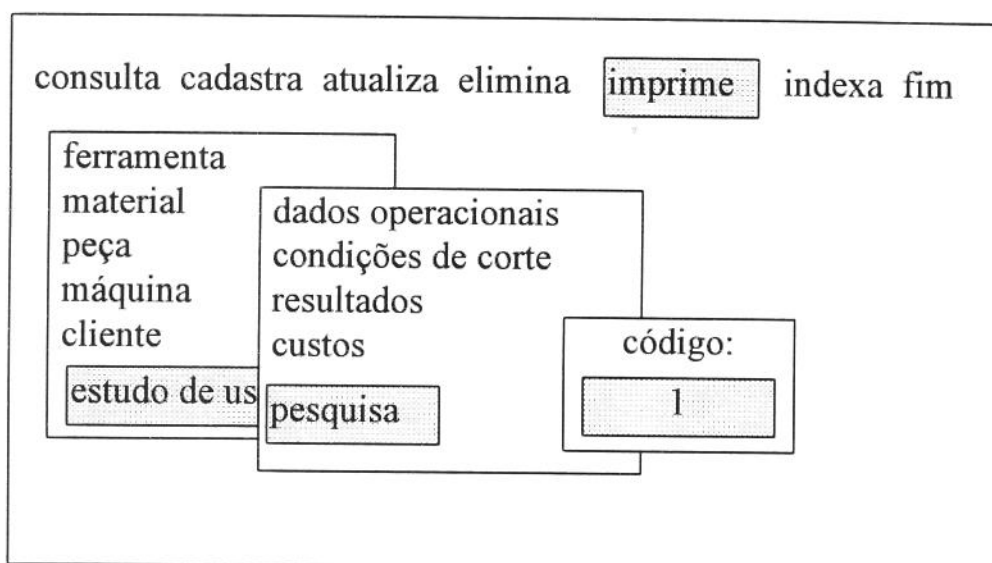


Figura 6.27 - Tela de opção do campo de busca

BANCO DE DADOS DE USINAGEM
ESTUDO DE USINAGEM - PESQUISA

Registro nº: 1	Coletador: ANTONIO	Data: 21/11/95
Cliente : 1	Operacao : RANHURAR	Tipo: EXT
Duracao : 10 dias	Finalidade ACABAMENTO	Corte Interromp.: NAO
Usinagem: TORNEAMENTO	Motivo:	Marca: ROMI
Estabilidade: BOA	Tipo: COSMOS30	Refriger.: OLEO
Maquina: TORNO	Trat.Term.: NENHUM	Superf.: FORJADO
Material: ACO DOCE	Peca: EIXO	Utiliz.: EQUIPAMENTO
Dureza (HB): 200	Industria: CONSTRUCAO	
Homogen.: NENHUMA	Cus.Ma. (Cr\$): 50.00	
Producao Mensal: 300.0		
<hr/>		
Condicao nº: 11	Pedido: NAO	Quebras: NAO
Past.: CNMG120412	Suporte: PCNL2525M12	Fornecedor: SANDVIK
RPM: 100	Vel.de Corte: 32	Avanco: 1.000
Prof.de Corte: 0.20	Comp.Usinado: 1.2	Mat.Rem.(cm3/m): 6.40
Pot.Consumida: 15.0	Cavaco: VIRGULAS	Producao p/a: 10
Rugosidade: 2.0	KL/KB: 2.0/0.3	KT/KM: 0.2/1.0
VB MAX: 0.5	VB MED: 0.3	Producao/h: 72.3
T.Corte(min/pc) :0.20	T.Troca p/a: 0.30	T.Total(min/pc): 0.80
T.Corte p/aresta: 2.00	T.Troca(min/pc): 0.03	C.Tot.Ma. : 0.67
C.Tot.Fer/a: 36.30	C.Tot./pc: 3.63	C. Total :4.30
<hr/>		
Condicao nº: 12	Pedido: SIM	Quebras: NAO
Past.: CNMG120408	Suporte: S32UPCLNL12	Fornecedor: SANDVIK
RPM: 200	Vel.de Corte: 1	Avanco: 2.200
Prof.de Corte: 12.00	Comp.Usinado: 3.0	Mat.Rem.(cm3/m): 26.4
Pot.Consumida: 5.0	Cavaco: LASCAS	Producao p/a: 13
Rugosidade: 1.0	KL/KB: 0.5/0.3	KT/KM: 0.1/0.4
VB MAX: 0.2	VB MED: 0.2	Producao/h: 53.8
T.Corte(min/pc) :0.30	T.Troca p/a: 0.20	T.Total(min/pc): 1.12
T.Corte p/aresta: 3.90	T.Troca(min/pc): 0.02	C.Tot.Ma. : 0.92
C.Tot.Fer/a: 36.22	C.Tot./pc: 2.79	C. Total :3.71
<hr/>		
Condicao nº: 13	Pedido: NAO	Quebras: SIM
Past.: DNMG150604-15	Suporte: S10250017135	Fornecedor: VALENITE
RPM: 300	Vel.de Corte: 48	Avanco: 2.000
Prof.de Corte: 3.00	Comp.Usinado: 4.0	Mat.Rem.(cm3/m): 288.
Pot.Consumida: 15.0	Cavaco: LASCAS	Producao p/a: 12
Rugosidade: 3.2	KL/KB: 0.4/0.2	KT/KM: 0.2/0.3
VB MAX: 0.5	VB MED: 1.0	Producao/h: 29.6
T.Corte(min/pc) :0.50	T.Troca p/a: 0.30	T.Total(min/pc): 2.03
T.Corte p/aresta: 6.00	T.Troca(min/pc): 0.03	C.Tot.Ma. : 1.67
C.Tot.Fer/a: 36.30	C.Tot./pc: 3.03	C. Total :4.70

Figura 6.28 - Listagem de impressão de um registro do módulo PESQUISA

6.7 - Indexação

Antes de inicializar as operações de manipulação, é conveniente se efetuar a reindexação dos registros. Isso é feito através da opção *INDEXA* do menu principal, que ao ser selecionada fornece uma tela com as opções de indexação (figura 6.30), seja de um arquivo em especial ou de todos simultaneamente (*Dados*). A indexação é essencial para que tanto as consultas como as impressões por campos-chave se realizem.

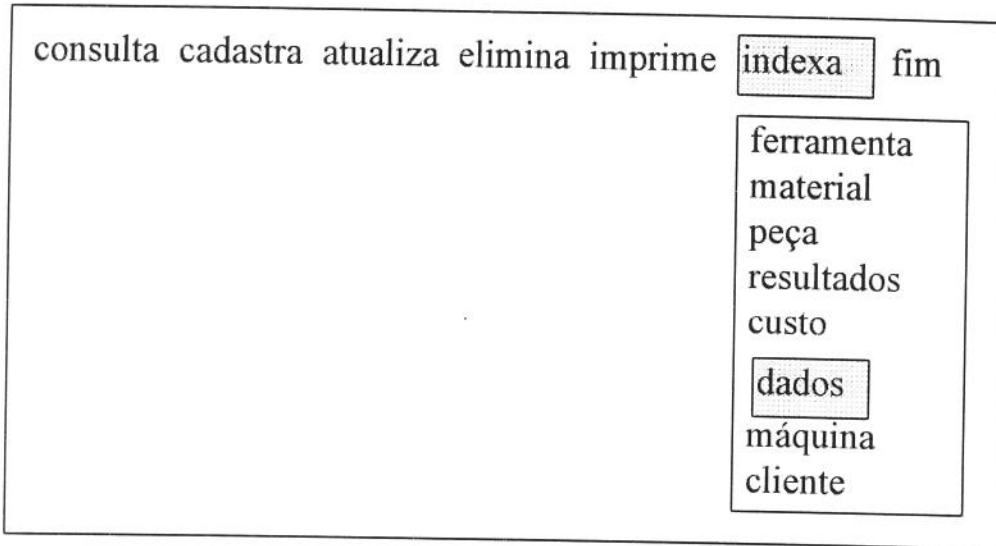


Figura 6.29 - Tela de indexação dos registros

6.8 - Finalização do sistema

Para se desativar o sistema basta selecionar a opção *FIM* do menu e então o sistema solicita uma confirmação (figura 6.30), confirmada a opção o sistema é desativado.

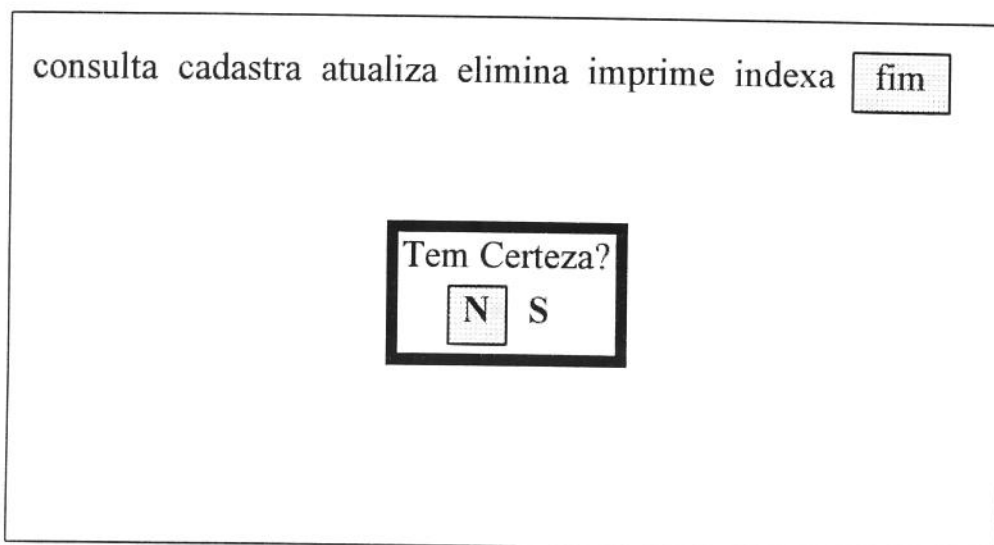


Figura 6.30 - Tela de finalização do sistema

7. CONCLUSÕES

A idéia central deste trabalho foi demonstrar a importância da aplicação de banco de dados em tecnologia da usinagem. Para tanto, a título de revisão, se comentou sobre o cenário atual da manufatura, onde a informação desempenha um papel muito importante, pois na maior parte dos casos as empresas são compostas de sistemas que devem ser integrados. Isso significa que o fluxo de informações entre eles é grande e deve ser fluente. Assim sendo, o gerenciamento das informações na manufatura integrada deve ser motivo de especial atenção, pois este tem ingerência direta sobre a eficiência dos processos de fabricação.

Ao se apresentar os sistemas de apoio computacional à usinagem, mais uma vez a informação e seu gerenciamento assumiram um papel de destaque, pois estes sistemas (CAD, CAM, CAPP, ES, etc.) necessitam de informações, as mais atualizadas possíveis, para que possam prestar apoio de forma eficiente e justificar os investimentos de instalação destes. Na maioria das vezes estas informações estão armazenadas na forma de banco de dados, que passam assim a fazer parte destes sistemas.

Foi mostrado também que no Brasil os índices de qualidade e produtividade estão extremamente baixos, e isto, em grande parte, é resultado de um gerenciamento falho de informações, seja por estas não estarem disponíveis, por não estarem armazenadas de maneira a permitir um fácil acesso e posterior utilização, ou então por estas não estarem atualizadas e/ou validadas.

O sistema ATAC foi desenvolvido para atender esta função, qual seja de armazenar de modo amigável as informações referentes aos processos de usinagem imediatamente após estes serem otimizados. Proporcionando ainda um rápido e fácil acesso a estes dados para consulta. O sistema, mostrou-se eficiente, proporcionando de maneira simples a manipulação de informações sobre processos, pois todas as operações são realizadas por menus com janelas que permitem ao usuário ter uma ampla visão de todas as etapas das operações.

Este sistema tanto pode ser utilizado por um fabricante de ferramentas, para armazenar as informações colhidas durante visitas técnicas com o objetivo de se otimizar processos,

como pelos clientes destes, que podem aproveitar estas informações geradas e carregar seu sistema, com dados otimizados na prática.

Com a ajuda do sistema ATAC os sistemas de apoio à usinagem (CAD, CAM, CAPP, ES, etc.) passarão a ser utilizados apoiados em uma base de informações mais eficiente.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Expansão do ATAC, no sentido de se ter uma abrangência de todos os processos de usinagem (fresamento, furação, retificação, etc.).
- Implementação de uma interface do ATAC com *software* gráfico, que permita exibir o desenho das peças, ferramentas e suas montagens em dispositivos: seleção e especificação de ferramental.
- Sistema especialista em CAPP apoiado no ATAC.
- Gerenciador de ferramentas apoiado em CAPP e no ATAC..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Konyukhov, V. Yu. Using a computerized research system when desining composite cutting tools for flexible manufacturing. *Soviet Engineering Research*, v.9, n.7, p.103-105, July 1989.
- [2] Pontes, Marcelo. Nossas indústrias podem alcançar vantagens competitivas imensas. *Máquinas e Metais*, n.299, p.44, dezembro 1990.
- [3] Cupini, N.L., Ribeiro, M.V. e Marcondes, F. C. Banco de Dados em Usinagem - Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento da Produção. XIII ENEGEP-Encontro Nacional de Engenharia de Produção e I Congresso Latino-Americano de Engenharia Industrial. Florianópolis - SC, outubro 1993.
- [4] Machado, Aryoldo. Comando numérico aplicado às máquinas ferramenta. 2ª ed. Editora Icone, São Paulo, 1987.
- [5] de Girondi, Amir C., Ferreira, Áureo C. e Boehs, Lourival. Determinação automática de condições de usinagem. *Máquinas e Metais*, n.265, p.134-139, janeiro-fevereiro 1988.
- [6] Boehs, Lourival e de Moraes, Luís H. A. Ferramentas de usinagem - uma nova técnica de gerenciamento. *Mundo Mecânico*, p.20-26, março 1988.
- [7] Astrop, Arthur. Tool management takes priority. *Machinery and Production Engineering*, v.142, n.3650, p.116-124, June 1984.
- [8] Cutting the costs of cutting metal. *Manufacturing Engineer*, v.70, n.2, p.12-13, February 1991.

- [9] Bollinger, John G. The factory of the future: technological aspects. *Annals of the CIRP*, v.37, n.2, p.551-552, 1988.
- [10] Hayes, Robert H. & Clark, Kim B. Why some factories are more productive than others. *Harvard Business Review*, v.64, n.5, p.66-73, September-October 1986.
- [11] King, W.R. & Ramamurthy, K. Do organizations achieve their objectives from computer-based manufacturing technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.39, n.2, p.129-141, May 1992.
- [12] Agostinho, Oswaldo L. Manufatura integrada por computador. Notas de aula. Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, 1992.
- [13] Burgess, A.G., Morgan, I. e Vollmann, T.E. Cellular manufacturing: its impact on the total factory. *International Journal of Production Research*, v.31, n.9, p.2059-2077, September 1990.
- [14] Automation Alley. *The Economist*, v.303, n.7493, p.15, April 11 1987.
- [15] Plossl, Keith R. Production in factory of the future. *International Journal of Production Research*, v.26, n.3, p.501-506, March 1988.
- [16] Porter, Michael E. & Millar, Victor E. How information gives you competitive advantage. *Harvard Business Review*, v.63, n.4, p.149-160, July-August 1985.
- [17] Valéry, Nicholas. Factory of the Future - The Challenge. *The Economist*, v.303, n.7500, p.2-18, May 30 1987.
- [18] Leão, Manoel Luiz. Os impactos da automação na produção industrial. *Máquinas e Metais*, n.282, p.21-26, julho 1989.

- [19] Jaikumar, Ramchandran. Postindustrial manufacturing. *Harvard Business Review*, v.64, n.6, p.69-76, November-December 1986.
- [20] Hayes, Robert H. & Jaikumar, Ramchandran. Manufacturing's crisis: new technologies, obsolete organizations. *Harvard Business Review*, v.66, n.5, p.77-85, September-October 1988.
- [21] Spur, G. The factory of the future: management aspects. *Annals of the CIRP*, v.37, n.2, p.553-554, 1988.
- [22] The factory of the future. *The Economist*, v.299, n.7440, p.83-85, April 5 1986.
- [23] Beyond factory robots. *The Economist*, v.300, n.7453, p.57, July 5, 1986.
- [24] Meredith, Jack R. Automating the factory: theory versus practice. *International Journal of Production Research*, v.25, n.10, p 1493-1510, October 1987.
- [25] Ssemakula, Mukasa E. Process planning system in the CIM environment. *Computers & Industrial Engineering*, v.19, n. 1-4, p.452-456, 1990.
- [26] Yeo, S.H., Wong, Y.S. e Rahman, M. Integrated knowledge-based machining system for rotational parts. *International Journal of Production Research*, v.29, n.7, p.1325-1337, July 1991.
- [27] Harp, Jim. CAD/CAM: back to basics. *Manufacturing Engineering*, v.95, n.4, p.61-63, October 1985.

- [28] Pande, S.S. & Prabhu, B.S. An expert system for automatic extration of machining features and tooling selection for automats. *Computer-Aided Engineering Journal*, v.7, n.4, p.99-103, August 1990.
- [29] Norenkov, I.P. Developing CAD strutures. *Radioelectronics and Communications Systems*, v.32, n.6, p.18-20, June 1989.
- [30] Forslin, Jan; Thulestedt, Britt-Marie e Andersson, Sven. Computer-aided design: a case of strategy in implementing a new technology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.35, n.3, p.191-201, August 1989.
- [31] Black, I. & Cross, J.D. Mechanical engineering design with computer aided technology: an industrial implementation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v.204, n.B1, p.29-36, 1990.
- [32] Gayman, David. CAD/CAM opens up. *Manufacturing Engineering*, v.96, n.2, p.53-60, February 1986.
- [33] Putré, Michael. Advances in CAM signal a manufacturing renaissance. *Mechanical Engineering*, v.114, n.12, p.60-63, December 1992.
- [34] Arananda, Gregg. CAM software gets expert advice. *Machine Design*, v.63, n.12, p. 42-45, June 20, 1991.
- [35] Ihara, Tohru. Vision and research of computer-aided process planning (CAPP) with a knowledge base for machining. *JSME - International Journal*, series III, v.33, n.2, p.125-130, March 1990.
- [36] Lawler, Bruce D. Understanding generative process planning. *Machine Design*, v.62, n.9, p.50-54, May 10, 1990.

- [37] Uemura, Nobutaka et alli. Development of a process planing system using knowledge engineering and geometric processing. NEC Research & Development, n.91, p.111-115, October 1988.
- [38] Eversheim, W.; Marczinski, G. e Cremer, R. Structured modeling of manufacturing process as NC-data preparation. Annals of the CIRP, v.1, n.40, p.429432, 1991.
- [39] Kirwin, S.V. & Boyes, J. An expert system designed for success. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B: Journal of Engineering Manufacture, v.206, n.B3, p.177-182, 1992.
- [40] Boër, C.R. et alli. A CAPP/CAM expert system for a high productivity, high flexibility CNC turning center. Annals of the CIRP, v.39, n.1, p.481-483, 1990.
- [41] Zhou, Chen & Wysk, Richard A. An integrated system for selecting optimum cutting speeds and tool replacement times. International Journal of Machine Tools & Manufacturing, v.32, n.5, p.695-707, May 1992.
- [42] Hinduja, S. & Barrow, G. SITS - a semi-inteligent tool selection system for turned components. Annals of the CIRP, v.42, n.1, p.535-539, 1993.
- [43] Giusti, F.; Santochi, M. e Dini, G. COATS: an expert module for optimal tool selection. Annals of the CIRP, v.35, n.1, p.337-340, 1986.
- [44] Eversheim, W. et alli. Tool management: the present and the future . Annals of the CIRP, v.40, n.2, p.631-639, 1991.
- [45] Mason, Fred. Computerized cutting-tool management. American Machinist & Automated Manufacturing, v.130, n.5, p.105-120, May 1986.

- [46] Aver'yanov, O.I. & Margul, M.L.. On line tool management system for flexible manufacture. Soviet Engineering Research, v.9, n.10, p.98-101, October 1989.
- [47] Vilson, A.L. Choise of tool and cutting conditions for ensuring minimum vibration during machining. Soviet Engineering Research, v.7, n.4, p.76-79, April 1987.
- [48] Neipp, Gerhard. Computer-integrated mechanical engineering (CIME). Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, v.7, n.1/2, p 89-101, February 1990.
- [49] Picozzi, Dexter A. Computerized tool management. Tooling & Production, v.56, n.6, p.79-82, September 1990.
- [50] Grechishnikov, V.A. Tool management in computer-integrated manufacture. Soviet Engineering Research, v.9, n.7, p.84-87, July 1989.
- [51] Eversheim, W., Jacobs, S. & Wienand, L.. Struture an aplication of a universal company-independent data bank for tools. Annals of the CIRP, v.36, n.1, p.321-325, 1987.
- [52] Boehs, Lourival. Projeto e implantação de um sistema computadorizado de banco de dados de usinagem (CINFUS). Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina: UFSC, Florianópolis, 167p., 1988.
- [53] Pimenta, Tabajara Jr. Gerenciamento de ferramenta por computador. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo: EESC-USP, São Carlos, 150p., 1991.
- [54] Yong, Chu S. Banco de dados - organização de sistemas e administração. 1ª ed. Editora Atlas. São Paulo. 1983.

- [55] Furtado, Antonio L. & Santos, Clesio S. dos. Organização de bancos de dados. 7ª ed. Editora Campus Ltda. Rio de Janeiro. 1987.
- [56] Date, C. J. Banco de dados - fundamentos. 1ª ed. Editora Campus Ltda. Rio de Janeiro. 1985
- [57] Setzer, Valdemar. W. Bancos de dados - conceitos, modelos, gerenciadores, projeto lógico e projeto físico. 3ª ed. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1989.
- [58] Chen, P. P.- S. The Entity-Relationship Model - toward a unified view of data. ACM Transactions Database Systems, v.1, n.1, p.9-36, March 1976.
- [59] Rouse, Nancy E. Managing distributed engineering databases. Machine Design, v.62, n.13, p 42-47, June 21, 1990.
- [60] Kastelic, S.; Kopac, J. e Peklenik, J. Conceptual design of a relational data base for manufacturing processes. Annals of the CIRP, v.42, n.1, p.493-496, 1993.
- [61] Vidal, Antonio G. da Rocha. CLIPPER - versão summer 87. 1ª ed. Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Rio de Janeiro. 1989.

APÊNDICE I

SISTEMAS DE CUSTOS

A. Custos por peça

Este modelo de cálculo do custo é apresentado como base para o cálculo das condições econômicas de usinagem, ou seja, quais as condições de usinagem que possibilitam o mínimo custo de fabricação, baseado no fato de que com o aumento das condições de usinagem, isto é, velocidade de corte e avanço, o tempo máquina diminui, e, conseqüentemente, a parcela do custo relativo à máquina [01]. Entretanto, tal fato diminui simultaneamente a vida da ferramenta, ocasionando um aumento da parcela de custo referente à ferramenta.

Dessa maneira, devem existir condições de usinagem nas quais o custo total de fabricação seja mínimo. Porém, mesmo obtendo-se tal suposição, é necessário ainda verificar se essas condições favoráveis de custo são facilmente obtidas nas máquinas operatrizes utilizadas, ferramentas e materiais normalmente empregados pela empresa. Por exemplo, em situações onde o custo da ferramenta é muito alto, o mais adequado é fazer uma avaliação individual da situação. Essa solução numérica está associada a uma série de dados, nem sempre fáceis de serem obtidos na empresa [02].

O ciclo de usinagem, ou ciclo de trabalho de uma peça em operações de usinagem, é constituído pelos seguintes elementos:

- carga e fixação da peça em bruto ou em processo na máquina-ferramenta;
- aproximação ou posicionamento da ferramenta para o início do corte;
- usinagem ou corte da peça;
- recuo ou afastamento da ferramenta; e
- inspeção (se necessária) e descarga da peça usinada.

Considerando-se a fabricação de um lote de Z peças, existe a necessidade da preparação da máquina para a execução desse lote. Além disso, depois que um certo número de peças é fabricado, a troca da ferramenta é necessária, que inclui a remoção da ferramenta,

substituição da aresta de corte, com posterior recolocação da ferramenta pronta para utilização. Esses outros elementos que tomam parte indireta no ciclo de usinagem podem ser divididos da seguinte maneira:

- preparação da máquina-ferramenta para a execução do lote de Z peças;
- remoção da ferramenta do suporte para afiação ou substituição; e
- recolocação e ajustagem da ferramenta no seu suporte.

Considerando-se os elementos que compõem o ciclo de trabalho de uma peça em operações de usinagem, e, admitindo o caso de uma máquina-ferramenta com uma única ferramenta de corte, o tempo total de confecção por peça correspondente a esse ciclo, para um lote de Z peças é segundo Ferraresi [02]:

$$t_t = t_c + t_s + t_a + \frac{t_p}{Z} + \frac{n_t}{Z} * t_{ft}$$

Onde:

- t_t = Tempo total de execução da peça (min)
 t_c = Tempo de corte (min)
 t_s = Tempos secundários de usinagem (min)
 t_a = Tempos de aproximação e afastamento da ferramenta (min)
 t_p = Tempo de preparação da máquina (min)
 t_{ft} = Tempo de troca da ferramenta (min)
 Z = Lote de peças
 n_t = Número de trocas da ferramenta

O tempo de corte de uma operação, é a quantidade de tempo em que a(s) ferramenta(s) realiza(m) trabalho em uma peça através da remoção de material. Para o caso do torneamento cilíndrico de uma peça, o tempo de corte é expresso por:

$$t_c = \frac{l_f * \pi * d}{1000 * f * v_c}$$

Onde:

t_c = Tempo de corte (min)

l_f = Percurso de avanço (mm)

d = Diâmetro da peça (mm)

f = Avanço (mm/volta)

v_c = Velocidade de corte (m/min)

Os tempos secundários são os tempos que correspondem aos elementos de carga/descarga, fixação e inspeção do ciclo de trabalho de uma peças em operações de usinagem.

O tempo de preparação de máquina ou tempo *de set-up*, pode ser definido como sendo o tempo gasto para colocar essa máquina em condições de produzir determinada peça ou lote de peças, partindo-se de um determinado estágio inicial. Esse estágio inicial pode constituir-se na máquina preparada para a produção de uma outra peça, ou não preparada para produzir peça alguma [03].

O tempo de troca da ferramenta, ou também chamada por tempo de reposição de uma operação de usinagem, é o tempo efetivamente gasto, por peça, para a troca e ajuste da(s) ferramenta(s) envolvida(s) na operação, que não mais satisfazem as condições de usinagem desejadas. Esse tempo está diretamente relacionado com o número de peças usinadas por vida (Z_T), pois esse define a frequência das paradas da máquina para a troca e ajuste da ferramenta.

A vida de uma ferramenta é o tempo que a mesma trabalha adequadamente até perder sua capacidade de corte, de acordo com um critério previamente estabelecido. Após esse tempo, a ferramenta deve ser reafiada ou substituída.

Taylor foi o primeiro pesquisador a apresentar um modelo que relaciona a vida da ferramenta com os parâmetros de usinagem, estabelecendo a conhecida *equação de vida de Taylor* [02]:

$$k = T * v_c^X$$

ou a sua expandida:

$$k = T * v_c^X * f^Y * a_p^Z$$

Onde:

T = Vida da ferramenta (min)

v_c = Velocidade de corte (m/min)

f = Avanço (mm/volta)

a_p = Profundidade de corte (mm)

x, y, z e k = Constantes

As constantes das equações de Taylor foram obtidas experimentalmente. Ensaios realizados com muitos materiais sob condições variadas, demonstram que a vida de uma ferramenta é tanto menor quanto maior for a velocidade de corte. A constante **k** varia em função do material da peça e material da ferramenta, da forma e dimensões angulares e lineares da ferramenta, da área e da forma da seção de corte, e do fluido refrigerante. O expoente **x** também varia em função das mesmas grandezas, porém para uma dada combinação de material da ferramenta e material da peça, **x** tem um valor que não se modifica muito com a variação dos demais fatores [02].

Como a vida da ferramenta depende do critério de fim de vida estabelecido, a vida **T** é um conceito relativo, relacionado com cada situação específica. Existem diversos critérios de fim de vida. Os mais utilizados são a destruição da aresta cortante, valores estabelecidos para o desgaste de cratera (K_t) ou de flanco (V_b), variação das forças de corte, e tolerâncias da peça..

A definição do critério de vida é de fundamental importância, por influenciar nas constantes experimentais das equações de vida. A mudança do critério ou a utilização de um critério inadequado para uma situação específica pode alterar significativamente os valores ótimos obtidos por qualquer modelo, determinista ou probabilista.

Admitindo-se Z_T o número de peças usinadas durante a vida **T** de uma ferramenta, e que a preparação da máquina operatriz seja feita com ferramentas novas, tem-se:

$$Z = (n_t + 1) * Z_T$$

$$\text{e, como } Z_T = \frac{T}{t_c}$$

$$\text{então } Z = (n_t + 1) * \frac{T}{t_c}$$

ou

$$n_t = \frac{t_c}{T} - 1$$

Substituindo-se na equação do cálculo de t_t , tem-se:

$$t_t = t_c + \left[t_s + t_a + \frac{t_p}{Z} \right] + \left[\frac{t_c}{T} - \frac{1}{Z} \right] * [t_{ff}]$$

Substituindo ainda as equações do tempo de corte e da vida da ferramenta:

$$t_t = \frac{l_f * \pi * d}{1000 * f * v_c} + \left[t_s + t_a + \frac{t_p}{Z} \right] + \left[\frac{l_f * \pi * d * v_c^{x-1}}{1000 * f * k} \right] * (t_{ff})$$

O custo total de fabricação de uma peça, baseado na máquina-ferramenta, pode ser determinado por:

$$C_p = (C_{mpd} + C_{mpi}) + C_{mo} + C_{maq} + C_f + (C_{ccq} + C_{if} + C_v)$$

Onde:

C_p = Custo total de fabricação

C_{mpd} = Custo da matéria-prima direta

C_{mpi} = Custo da matéria-prima indireta

C_{mo} = Custo da mão-de-obra

C_{maq} = Custo da máquina

C_f = Custo da ferramenta

- C_{CQ} = Custo de controle de qualidade (inspeção)
 C_{if} = Custo indireto de fabricação
 C_V = Custo proporcional às variações de custos de operações anteriores e posteriores

O custo de matéria-prima direta corresponde aos gastos com o material utilizado no produto, ou seja, que fazem parte da peça, como um determinado tipo de aço especificado em desenho, por exemplo. Os custos de matéria-prima indireta são aqueles que não fazem parte propriamente do produto. Nesses custos enquadram-se o fluido refrigerante da usinagem, óleos lubrificantes para a máquina, óleo protetivo para estocagem, combustíveis entre outros.

Os custos indiretos de fabricação (C_{if}), o C_{CQ} e o C_V , são desprezados devido à pequena influência que exercem na velocidade econômica de corte segundo Ferraresi [02].

O custo de mão-de-obra por peça pode ser calculado como:

$$C_{mo} = t_t * \frac{S_h}{60}$$

Onde:

t_t = Tempo total de confecção por peça [min]

S_h = Salário mais sobretaxas por hora

Essas sobretaxas incluem os encargos sociais, supervisão, serviços gerais, administração técnica e geral da fábrica.

O custo da máquina por peça, para o caso de depreciação linear, pode ser calculado por [02]:

$$C_{maq} = \frac{t_t}{H * 60} * \left[\left(C_{mi} - C_{mi} * \frac{i_m}{v_m} \right) * j \right] + \frac{C_{mi}}{v_m} + C_{mc} + E_m * C_{eo} * j$$

ou

$$C_{\text{maq}} = \frac{t_t}{60} * S_m$$

Onde:

S_m = Custo total ou salário-máquina por hora

C_{maq} = Custo máquina por peça

t_t = Tempo total de execução por peça

C_{mi} = Valor inicial de aquisição da máquina

i_m = Idade da máquina em anos

v_m = Vida útil prevista para a máquina em anos

j = Taxa de juros ao ano

C_{mc} = Custo de conservação da máquina por ano

E_m = Espaço ocupado pela máquina [m^3]

C_{eo} = Custo do espaço ocupado por metro ao ano

H = Número de horas de trabalho ao ano

O custo da ferramenta por peça pode ser expresso por :

$$C_f = \frac{l}{Z_T} * C_{fT}$$

Onde:

C_f = Custo ferramenta

Z_T = Número de peças usinadas durante a vida T da ferramenta

C_{fT} = Custo da ferramenta por vida

Considerando-se o caso de ferramentas com insertos intercambiáveis, de fixação mecânica, o custo da ferramenta por vida pode ser expresso por:

$$C_{fT} = \frac{l}{V_{\text{pf}}} * C_{\text{pf}} + \frac{C_i}{n_{\text{ai}}}$$

Onde:

V_{pf} = Vida média do porta-ferramenta em número de arestas

C_{pf} = Custo de aquisição do porta-ferramenta

C_i = Custo do inserto intercambiável

n_{ai} = Número de arestas de corte do inserto

B. Custos por centros de custo

O modelo de cálculo do custo por peça mais utilizado atualmente, baseia-se em estruturas denominadas Centros de Custo. Um Centro de Custo é simplesmente uma localização física na organização, uma parte da fábrica, um departamento ou seção, um equipamento, ou mesmo um grupo de trabalhadores pelos quais o custo pode ser convenientemente estabelecido [03]. Os Centros de Custo são geralmente os departamentos, mas em alguns casos, um departamento pode conter diversos Centros de Custo. Apesar de um departamento de montagem final, por exemplo, ser de responsabilidade de uma única gerência, ele pode conter diversas linhas de montagem, onde cada uma dessas linhas é considerada como um Centro de Custo em separado, com seu próprio assistente da gerência ou supervisor [04].

A divisão das atividades de uma empresa através dos Centros de Custo é muito importante no contexto e determinação dos custos das peças. O grau de subdivisão da fábrica em Centros de Custo varia de acordo com um grande número de fatores tais como o tipo da indústria, a variedade de máquinas e o tipo de estrutura produtiva [05]. Além disso, o número e tamanho dos Centros de Custo também varia de acordo com as necessidades de informação do controle gerencial [03].

Os Centros de Custo podem corresponder com a área de responsabilidade de algumas gerências em particular. Existem vários Centros de Custo, que podem ser classificados conforme descrito a seguir [01]:

- os Centros de Custo Administrativos são os que executam as atividades de Vendas, Compras, Contabilidade, Departamento Jurídico, Finanças, Recursos Humanos, etc.

- os Centros de Custo Técnicos compreendem as atividades de Engenharia do Produto, Engenharia de Fabricação, Engenharia de Qualidade, Planejamento e Controle da Produção, etc.;
- os Centros de Custo de Suporte fornecem diversos produtos e serviços básicos para a fábrica. Essas atividades são realizadas pelas áreas de Manutenção, Ferramentaria e Utilidades (produção de vapor, ar comprimido, fornecimento de água e gases), etc.;
- os Centros de Custo Produtivos são os do "chão de fábrica", ou seja, as atividades relacionadas à produção dos produtos propriamente dita. Podem ser subdivididos de acordo com a estrutura produtiva. Exemplos podem ser setores de Fundição, Forjaria, Tratamento Térmico, Montagem, Pintura, um setor de Torneamento num arranjo físico funcional, uma Célula de Manufatura numa estrutura celular, ou ainda um departamento de usinagem de peças pequenas, complementos do produto.

Cada uma dessas áreas, dependendo do número de atividades, pode ainda ser subdivididas em mais Centros de Custo para melhor utilização e controle. Outros exemplos típicos de Centros de Custos, são os setores de Almoxarifado, Inspeção de Produção, Expedição, Estoques de matéria-prima, etc.

Os gastos realizados na estrutura produtiva devem ser debitados contra o Centro de Custo gerador dessas despesas, classificando-se então os gastos diretos de produção provenientes dos Centros de Custo Produtivos e os gastos indiretos, gerados pelos demais Centros de Custo. Os gastos gerados pelos Centros de Custo indiretos são distribuídos periodicamente, geralmente por mês, entre os Centros de Custo Produtivos, assim como outras despesas, tais como os insumos, formando assim o custo do Centro de Custo Produtivo.

A partir do fluxo operacional de uma determinada peça é possível saber onde os custos ocorreram, ou seja, através dos Centros de Custo em que a peça sofre transformação, será computado o custo correspondente ao tempo em que a peça permaneceu em operação nesses Centros de Custo [01].

A determinação do custo de fabricação para determinada peça, pode ser expressa por:

$$C_p = C_{mpd} + \sum_{j=1}^n Hf_j * Ch_j$$

Onde:

C_p = Custo por peça

C_{mpd} = Custo da matéria-prima direta

Hf_j = Horas de fabricação em cada Centro de Custo

Ch_j = Custo horário de cada Centro de Custo

j = Centro de Custo

O custo horário é formado pelo custo departamental do Centro de Custo dividido pelo número de horas reais trabalhadas no período. Por sua vez, o Custo Departamental é formado pelos gastos departamentais lançados mês a mês. Esses gastos departamentais são formados pelos salários diretos de produção mais as despesas gerais [01].

Os salários diretos de produção são aqueles pagos à mão-de-obra aplicada diretamente à produção, que corresponde às horas reais trabalhadas. Todos os outros salários não aplicados diretamente na produção do produto são considerados como salários indiretos e lançados em contas para posterior rateio entre os Centros de Custo Produtivos. Existem duas categorias de salários indiretos, os salários de horistas e os salários indiretos de mensalistas.

Os custos denominados despesas gerais, ou também conhecidos como "overhead", são aqueles que não se associam diretamente com os produtos fabricados, sendo praticamente impossível medir precisamente o quanto das despesas gerais devem ser atribuídas a um determinado produto. Contudo, o custo total de despesas gerais é parte do custo total dos produtos fabricados, e portanto é necessário alocá-las a cada unidade de produto. As despesas gerais são a soma de todos os gastos próprios gerados pelo Centro de Custo e de Custo, amortizações e rateios de despesas da fábrica em geral.

C. Custos por atividades

Derivado da necessidade de se ter um sistema de custos que reflita o ambiente de manufatura, o sistema ABC (Activity Based Costing) de custeio baseado em atividades, apresenta as seguintes características [06]:

- determina as atividades, que agregam e as que não agregam valor ao produto, de todas as áreas funcionais da manufatura que consomem recursos, identificando para cada produto o seu custo real e individual. O ABC está voltado, portanto, para o planejamento, gestão e redução de custos do ambiente industrial, eliminando os desperdícios, sem afetar a competitividade no mercado em termos de qualidade e desempenho dos produtos;
- apresenta um maior número de bases de alocação com a finalidade de identificar, monetariamente, as atividades consumidoras de recursos para cada etapa do processo de manufatura. A definição das bases de alocação está vinculada à identificação dos direcionadores de custos, porque é através deles que se define um parâmetro de mensuração dos recursos que são consumidos. O melhor caminho para se controlar os custos é monitorar e controlar os direcionadores de custos, mas atualmente, não se sabe identificar adequadamente qual é o impacto dos direcionadores de custos nos processos de manufatura individuais. Segundo a abordagem ABC são os direcionadores de custos nos processos que geram as atividades. Isto é, se a empresa consegue identificar os direcionadores que geram atividades, que não agregam valor ao produto, estará se determinando a fonte geradora de desperdícios;
- o sistema ABC diferencia para o *mix* de produção, o esforço de projeto, de processo, de produção e de comercialização. A área de vendas de uma companhia, por exemplo, recebe frequentemente pedidos e deve, portanto liberar requisições para expedir as ordens de produção. Realizar este trabalho durante um certo período leva, geralmente, a constantes reprogramações e atrasos de outras ordens previamente alocadas. Os custos de produção das ordens realocadas são aumentados porque eles envolvem manuseio adicional de material, aumento dos custos de trabalhos em andamento e de preparações adicionais. O custeio ABC, neste caso, é capaz de diferenciar as ordens que tem um esforço de produção maior que o padrão;

- o sistema ABC pode abranger todas as etapas envolvidas no ciclo de vida do produto (pesquisa de mercado, concepção do produto, desenvolvimento do projeto e dos processos de fabricação, desenvolvimento de fornecedores, produção e distribuição), não se restringindo aos custos correntes de produção. Isto permite a determinação do custo meta através do qual se analisa a viabilidade do produto no mercado.


As atividades são a base do sistema de gerenciamento de custos, pois elas identificam, com um nível de detalhamento adequado, como a empresa emprega o tempo e os recursos disponíveis, para atingir os seus objetivos globais.

A caracterização do elemento atividade é feita reduzindo-o a sua estrutura mais simples [07], onde existe uma *entrada de informações* que é resultado de uma ação externa à atividade, caracterizada por uma *transação primária* que é um documento físico ou eletrônico associado à transmissão da informação (ordem de compra, de produção); os recursos são os fatores de produção (trabalho, tecnologia, etc.); *os direcionadores de custo* (volume ocupado, nº de requisições de compra, nº de pedidos, etc.) são os fatores cuja ocorrência cria as atividades e, conseqüentemente, os custos; *A medida do desempenho da atividade* mede o número de ocorrências da atividade por período. Esta estrutura está vinculada às *regras do negócio* que definem as metas e as estratégias que regulam as atividades (procedimentos internos, regras, etc.).

A arquitetura do sistema ABC está fundamentada em alguns elementos chaves (Gerenciamento das Atividades de Investimento, Análise dos Direcionadores de Custo, Orçamentos, Análise de Atividades que Não Agregam Valor, Análise de Atividades Estratégicas), que têm estreita relação com as informações sobre as atividades da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

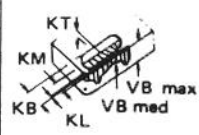
- [01] Miguel, P.A.C. Proposta de um novo modelo de cálculo de custo por peça em centros departamentais. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia Mecânica: FEM-UNICAMP. Campinas, 158 p, 1992.
- [02] Ferraresi, Dino. Fundamentos da usinagem dos metais. Editora Edgard Blücher Ltda. 1^a ed. São Paulo, 1986
- [03] Mott, G. Management accounting for decision makers. Pitman Publishing Co. Ltda. England, 1991.
- [04] Horngren, C.T. & Sunden, G.L. Introduction to management accounting. Prentice-Hall International Editions. 7th. USA, 1987.
- [05] Martins, E. Contabilidade de custos. Editora Atlas S.A. 3^a ed. São Paulo, 1987.
- [06] Di Domenico, G.B. & Lima, P.C. Um sistema de custos baseado em atividades. XIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção e I Congresso Latino-Americano de Engenharia Industrial. Florianópolis - SC, outubro 1993.
- [07] Berliner, C. & Brimson, James. Activity Accounting: an activity-based costing approach. John Wiley & Sons Inc., 1991.

	ESTUDO DE USINAGEM	SANDVIK Coromant
TORNEAMENTO	DADOS	DATA
CLIENTE	SANDVIK	
PEÇA	Nº	CLIENTE
OPERAÇÃO	ELABORADO POR	
		C
		FOLHA
		NOME
		CARGO
		VISTO

MÁQUINA Nº		CONDIÇÕES
TIPO	FABRICANTE	OPERAÇÃO DE
(C) NC	POTÊNCIA	1 <input type="checkbox"/> Acabamento
Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	KW	2 <input type="checkbox"/> Semi acab.
MATERIAL		3 <input type="checkbox"/> Desbaste
DESIGNAÇÃO		4 <input type="checkbox"/> Desb. pesado
CÓD. CMC	DUREZA HB	USINAGEM
TRATAMENTO TÉRMICO		E <input type="checkbox"/> Externa
HOMOGENEIDADE DO MATERIAL		I <input type="checkbox"/> Interna
ESTRUTURA SUPERFICIAL		ESTABILIDADE
0 <input type="checkbox"/> Usinada		1 <input type="checkbox"/> Ótima
1 <input type="checkbox"/> Forjada		2 <input type="checkbox"/> Boa
2 <input type="checkbox"/> Fundido c/ casca leve		3 <input type="checkbox"/> Regular
3 <input type="checkbox"/> Fundido c/ casca pesada		4 <input type="checkbox"/> Ruim
4 <input type="checkbox"/> Casca de fundido c/ areia		5 <input type="checkbox"/> Péssima
5 <input type="checkbox"/> Superfície temp./ciment.		INSTAB. - MOTIVO
C		M <input type="checkbox"/> Máquina
Si		F <input type="checkbox"/> Ferramenta
Mn		D <input type="checkbox"/> Dispositivo
Cr		P <input type="checkbox"/> Peça
Ni		I <input type="checkbox"/> Indefinido
		REFRIGERAÇÃO
		0 <input type="checkbox"/> Não utilizada
		1 <input type="checkbox"/> Não especificada
		2 <input type="checkbox"/> Óleo solúvel
		3 <input type="checkbox"/> Óleo de corte
		4 <input type="checkbox"/> Ar comprimido

CORTE:			
0 <input type="checkbox"/> Contínuo			
1 <input type="checkbox"/> Interrompido			

Ferramenta	ALTERNATIVAS	1	2	3
Tipo de ferramenta				
Tipo de inserto				
Tipo de quebra cavaco				
Classe do metal duro				
Raio do inserto				
Fornecedor				
Dados				
Rotações (n)				
Velocidade de corte (v)				
Avanço (s _n)				
Avanço (s')				
Comprimento usinado (L)				
Profundidade de corte (a)				
Material removido (v X s _n X a)				
Potência consumida				
Desgaste				
Cratenação KT/KM				
Cratenação KL/KB				
Desgaste frontal VB máx.				
Desgaste frontal VB médio				
Quebras				
Forma dos cavacos				
Resultados				
Rugosidade				
Critério para troca				
(1) Peças produzidas				
(2) Índice de produtividade				
(3) Tempo de corte				
(4) Tempo de corte = (1) x (3)				
(5) Tempo de troca do inserto				
(6) Tempo de troca = (5) / (1)				
(7) Tempo de manuseio (excl. troca aresta)				
(8) Tempo improdutivo				
(9) Tempo total = (3) + (6) + (7) + (8)				
(10) Produção = (60) / (9)				



0,3/1,3 Exemplo da maneira

0,2/2,3 de indicação dos

0,7 desgastes.

0,5



ESTUDO DE USINAGEM



TORNEAMENTO	CUSTOS	DATA / /	FOLHA /
CLIENTE	SANDVIK		CLIENTE
PEÇA	Nº	NOME	
OPERAÇÃO	ELABORADO POR		CARGO
	C /	VISTO	

Ferramenta	ALTERNATIVAS	1	2	3
		Tipo de ferramenta Tipo de inserto Tipo de quebra cavaco Classe do metal duro Raio do insertomm Fornecedor		
Custos com Máquina				
(11) Custos totais de máquina (excl. custos com ferram.) Cr \$/hora				
(12) Custos totais de máquina (excl. custos com ferram.) Cr \$/min.				
(13) Tempo de corte = (3) min.				
(14) Tempo de manuseio = (7) min./peça				
(15) Tempo improdutivo = (8) min./peça				
(16) Tempo total (13) + (14) + (15) min./peça				
(17) Custo Máquina = (12) x (16) Cr \$/peça				
Custos com Ferramentas				
Custo de aquisição				
(18) Preço do porta-ferramenta (sem inserto) Cr \$				
(19) Vida do porta-ferramenta Quant. de arestas				
(20) Custo da ferramenta = (18) / (19) Ferr./quant. arestas Cr \$				
(21) Preço do inserto Cr \$				
(22) Quant. média de arestas/inserto arestas				
(23) Custo do inserto = (21) / (22) inserto/arestas Cr \$				
(24) Custo total por aresta = (20) + (23) Cr \$				
Afiliação ou troca (fora da máquina)				
(25) Custos seção afiação e/ou manutenção Cr \$/hora				
(26) Custos seção afiação e/ou manutenção = (25) / (60) Cr \$/min.				
(27) Afiliação ou troca min./aresta				
(28) Afiliação ou troca = (26) x (27) Cr \$/aresta				
Troca ferramenta na máquina				
(29) Custos totais de máquina (excl. custos ferr.) = (12) Cr \$/min.				
(30) Tempo de troca (ferr. ou inserto) = (5) min./aresta				
(31) Custo total troca = (29) x (30) Cr \$/aresta				
Custo total ferramenta				
(32) Custos ferramenta = (24) + (28) + (31) Cr \$/aresta				
(33) Peças produzidas = (1) peças/aresta				
(34) Custos com ferramenta = (32) / (33) Cr \$/peça				
(35) Custos máquina = (17) Cr \$/peça				
(36) Custos com ferramenta = (34) Cr \$/peça				
(37) Custo de usinagem = (35) + (36) Cr \$/peça				
(38) Índice de produtividade (2) Cr \$/peça				

CONCLUSÃO: