

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

"AVALIAÇÃO DO USO DE UM CENTRO DE USINAGEM NA
FABRICAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE PEÇAS DA INDUS-
TRIA METAL-MECÂNICA"

GREGÓRIO JEAN VARVAKIS RADOS

FLORIANÓPOLIS
MARÇO - 1982

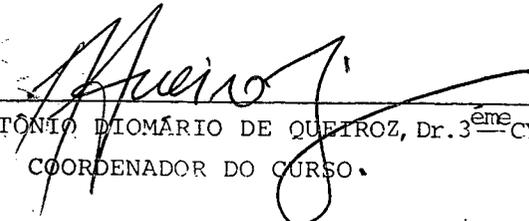
O IMPACTO DO CENTRO DE USINAGEM :
UMA EXPERIENCIA COM UMA FAMÍLIA
DE PEÇAS DA INDUSTRIA METAL-MECA
NICA

GREGÓRIO JEAN VARVAKIS RADOS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE

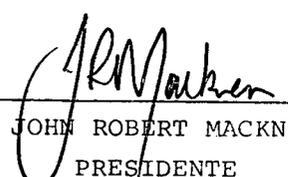
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, E APROVADA EM
SUA FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO.



PROF. ANTONIO DIOMÁRIO DE QUEIROZ, Dr. 3^{eme} CYCLE
COORDENADOR DO CURSO.

BANCA EXAMINADORA:



PROF. JOHN ROBERT MACKNESS, Ph.D
PRESIDENTE



PROF. AUREO CAMPOS FERREIRA, Ph.D
CO-ORIENTADOR



PROF. NELSON BACK, Ph.D



UFSC-BU

A minha Família

Mama, Panta

Vanzo, Nena

Iaiá e o (Babá)

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

Agradeço sinceramente as seguintes pessoas e instituições:

- Aos professores John Robert Mackness e Aureo Campos Ferreira pela valiosa e segura orientação.

- Ao professor Bernd Emil Hirsch, pela orientação e idéias apresentadas sem as quais não realizar-se-ia o presente trabalho.

- Ao CNPq, minha mãe e irmão pelo apoio financeiro.

- À EMPRESA DOUAT S.A. pelo apoio dado no desenvolver do presente trabalho.

- Aos funcionários e estagiários do GRUCON pelo estímulo e colaboração.

- À Kátia Eberspacher, pelo muito.

- Ao "pessoal" que sempre me apoiou nestes anos de estudo especialmente a Lili, Ina, Cecilia o Hugo, Lennart, Selig e os Celadas.

- A Ivonete Maria Coutinho pelo excelente e trabalhoso serviço de datilografia.

- Ao professor "Chico" Kliemann, Alunos, Funcionários e Professores do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas que direta ou indiretamente ajudaram-me e não atrapalharam-me na realização deste trabalho.

- GRAÇAS A DEUS.

R E S U M O

No presente trabalho avalia-se a utilização de um centro de usinagem na fabricação de uma família de peças numa empresa da indústria metal-mecânica. Avaliação esta em termos técnicos e econômicos sendo as principais considerações técnicas, precisão, qualidade e rapidez e as considerações econômicas, vantagens referentes aos custos fixos e variáveis de produção .

Avaliação foi obtida com a comparação da fabricação de uma família de peças em um grupo de máquinas convencionais e num grupo de máquinas CN, no caso, centro de usinagem . O grupo de máquinas convencionais, mostrou-se mais recomendado que o centro de usinagem neste caso, devido aos elevados custos fixos não compensados pelos baixos custos variáveis do método convencional.

A B S T R A C T

The impact of a machining centre for the fabrication of a parts family in the mechanical engineering industry, is studied in this dissertation. This impact is evaluated in technical and economic terms, the principle technical considerations being machining tolerance, quality and speed and economic factors those of cost advantages in relation to fixed and variable production costs.

The evaluation was made by comparing parts manufacture with conventional machine tools and with numerically controlled machine tools. Conventional machine tools were found to be economically more advantageous in the case studied because the high fixed costs of numerically controlled machines were not compensated by the difference in relation to conventional machines.

S U M Á R I O

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XV
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Origem do trabalho	1
1.2 Objetivo do trabalho	2
1.3 Importância do trabalho	3
1.4 Fases do trabalho.....	4
1.5 Estrutura do trabalho	6
CAPÍTULO II	
2. ANÁLISE TÉCNICA DE COMANDO NUMÉRICO E MÉTODOS CONVEN CIONAIS DE COMANDO NA FABRICAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE PE ÇAS	5
2.1 Generalidades	8
2.2 Metodologia seguida para análise técnica.....	8
2.3 Produtos	11
2.4 Conjuntos	11
2.5 Formação da família de peças	12
2.6 Grupos de tecnologia	13
2.7 Máquinas com comando numérico	15
2.7.1 Definição da sequência de operação	16
2.7.2 Programação com auxílio de computador (EXAPT)	17
2.7.3 Ferramentas	17
2.7.4 Dispositivos	20
2.7.5 Simulação	22
2.8 Fabricação com máquinas convencionais	22

2.8.1	Determinação da sequência de operação	23
2.8.2	Ferramentas	23
2.8.3	Dispositivos de fixação	23
2.8.4	Cronometragem	28

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DE MÁQUINAS CN E MÁQUINAS CONVENCIONAIS PARA A FABRICAÇÃO DE UM GRUPO DE PEÇAS	
3.1	Introdução	29
3.2	Caracterização da empresa	29
3.3	Determinação dos custos de fabricação	32
3.3.1	Custos fixos	33
3.3.2	Custos variáveis	35
3.4	Custo de produção do grupo de máquina com comando numérico (GCN)	38
3.4.1	Custos fixos	39
3.4.2	Custos variáveis	40
3.4.3	Custos totais de produção CN	41
3.5	Custos de produção do grupo de máquinas convencionais	42
3.5.1	Custos fixos	44
3.5.2	Custos variáveis	46
3.5.3	Custos de produção das máquinas convencionais	47
3.6	Comparação entre os grupos de máquinas	48
3.6.1	Aspectos econômicos	49
3.6.2	Aspectos técnicos	55

CAPÍTULO IV

4.	CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES e LIMITAÇÕES	57
4.1	Conclusões	57
4.2	Sugestões para próximos trabalhos	60
4.3	Limitações	60

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICE 1 - Aspectos modernos da organização industrial .	66
APÊNDICE 2 - Histórico do desenvolvimento de máquinas de co mando numérico	121
APÊNDICE 3 - Sistemas compressores	129
APÊNDICE 4 - Conjunto de compressores	135
APÊNDICE 5 - Família de peça das carcaças	144
APÊNDICE 6 - Programas de usinagem das carcaças em lingua gem "EXAPT"	156
APÊNDICE 7 - Dispositivos de fixação e ferramentas	172
APÊNDICE 8 - Grupos de máquinas	180
APÊNDICE 9 - Características das máquinas; cálculos	187
APÊNDICE 10 - Sistemas CAD/CAM	200
APÊNDICE 11 - Modificações de projeto	205

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 - Fluxograma das fases do trabalho	5
FIGURA 2 - Caracterização dos subconjuntos do "Sistema Compressor"	10
FIGURA 3 - Análise dos "Sistemas Compressores"	10
FIGURA 4 - Formação dos grupos de tecnologia	14
FIGURA 5 - Definição das operações no CDU	18
FIGURA 6 - Fluxograma da metodologia utilizada	30
FIGURA 7 - Custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e CN relativamente ao volume de produção para nível de ociosidade 1	51
FIGURA 8 - Custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e CN relativamente ao volume de produção mensal para nível de ociosidade 2	52
FIGURA 9 - Custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e CN relativamente ao volume de produção mensal para nível de ociosidade 3	54
FIGURA 10 - Fluxo das informações geométricas e tecnológicas	71
FIGURA 11 - Comando ponto a ponto	71
FIGURA 12 - Comando por trechos	71

FIGURA 13 - Comando de contornos contínuos	71
FIGURA 14 - Sistema de comando numérico	72
FIGURA 15 - Sistema de comando numérico computacional	72
FIGURA 16 - Gabinetes CN sem leitora de fita, interpolador e decodificador ligados a um computador central.....	74
FIGURA 17 - Gabinete CN ligados a um computador central	74
FIGURA 18 - Gabinete CN ligado a um computador central por intermédio de discos flexíveis para armazenagem de dados	74
FIGURA 19 - Esquema representativo de uma máquina equipada com controle adaptativo	75
FIGURA 20 - Códigos utilizados na programação de máquinas CN	79
FIGURA 21 - Sequência de passos para obtenção do programa, manualmente	79
FIGURA 22 - Vocábulo da linguagem EXAPT; sequência de passos para obtenção de programa em linguagem de máquina com auxílio de computador	81
FIGURA 23 - Sequência básica observada na fabricação com máquinas CN	84
FIGURA 24 - Ciclo contínuo puro	91
FIGURA 25 - Ciclo contínuo com montagem e/ou desmontagem	91

FIGURA 26 - Ciclo contínuo com diferenciação final.....	91
FIGURA 27 - Arranjo linear ou por produto	95
FIGURA 28 - Arranjo por posição fixada	95
FIGURA 29 - Arranjo funcional ou por processo	95
FIGURA 30 - Arranjo em grupo	95
FIGURA 31 - Subdivisões da família devido a utilização de critérios mais diferenciadores	97
FIGURA 32 - Origens e aplicações de grupos de tecnolo gia	100
FIGURA 33 - Peças de uma mesma família mas de grupos diferentes	102
FIGURA 34 - Peças de famílias diferentes mas pertencen tes ao mesmo grupo de peças	102
FIGURA 35 - Grupos de peças "bases para diferentes gru pos de máquinas	104
FIGURA 36 - Diminuição da movimentação de materiais e complexidade dos sistemas de controle e emissão de ordens	106
FIGURA 37 - Vantagens da utilização do CDU	111
FIGURA 38 - Sentido de movimentação dos eixos programã veis e espaço de usinagem definido pelos eixos, mesa de fixação	115
FIGURA 39 - Operações possíveis com CDU	117
FIGURA 40 - Sistemas básicos de porta-ferramenta	117

FIGURA 41 - Sistema de troca de mesas; possibilitando a fixação de peças com máquina em operação.....	119
FIGURA 42 - Centro de fabricação	119
FIGURA 43 - Evolução da utilização de máquinas CN. Cres cente aumento de máquinas complexas	125
FIGURA 44 - Vista explodida do compressor CD 70	137
FIGURA 45 - Vista explodida do compressor CDV	138
FIGURA 46 - Vista explodida do compressor CD 2V	139
FIGURA 47 - Vista explodida do compressor CD 420	140
FIGURA 48 - Lista de peças do compressor CD 420	141
FIGURA 49 - Vista explodida do compressor CD 566	142
FIGURA 50 - Lista de peças do compressor CD 566	143
FIGURA 51 - Forma básica das carcaças	145
FIGURA 52 - Esboço da carcaça 4C1; e numeração das ope rações apresentadas no quadro 20	151
FIGURA 33 - Esboço da carcaça 2C1; e numeração das ope rações apresentadas no quadro 20	152
FIGURA 54 - Esboço da carcaça 3C1; e numeração das ope rações apresentadas no quadro 20	153
FIGURA 55 - Esboço da carcaça 5C1; e numeração das ope rações apresentadas no quadro 20	154
FIGURA 56 - Esboço da carcaça 6C1; e numeração das ope rações apresentadas no quadro 20	155

- FIGURA 57 - Esboço dos dispositivos da 1^a e 3^a fixação.....174
- FIGURA 58 - Esboço dos dispositivos da 2^a fixação175
- FIGURA 59 - Arranjo do grupo de máquinas convencionais;
e sequência de operações conforme plano de
produção (seção 1.3.3) e carga de máquinas
para volume de produção no índice 1185
- FIGURA 60 - Limite de carregamento das máquinas conven
cionais para operação de diversas combina
ções193
- FIGURA 61 - CAD/CAM e as diferentes fases de projeto e
fabricação202
- FIGURA 62 - As fases de projeto (o que é produzido), de
planejamento (como, onde e quando) e de con
trole da produção encaminham-se acelerada
mente para a automatização204
- FIGURA 63 - Modificação no furo vertical da carcaça 2C1.....207

LISTA DE QUADROS

Pág.

QUADRO 1	- Sequência de operações no CDU e quais os dispositivos, ferramentas utilizadas e em quais operações	19
QUADRO 2	- Tempos de fixação dos dispositivos, fixação das peças e tempos de fabricação das diferentes carcaças nos três tipos de fixação utilizados	21
QUADRO 3	- Sequência de operações das máquinas convencionais, as máquinas utilizadas e os tempos de fabricação	24
QUADRO 4	- Tempos de preparação e fabricação nas diferentes máquinas convencionais os dispositivos e ferramentas utilizadas	25
QUADRO 5	- Demandas mensais dos diferentes compressores em unidades	29
QUADRO 6	- Produção mensal das diferentes carcaças para os 2 grupos de máquinas	31
QUADRO 7	- Nº de peças e tempo de processamento de cada tipo de carcaça, preparação e produção para diferentes volumes de produção em unidades de carcaça e tempo em horas	38
QUADRO 8	- Custos variáveis para distintos níveis de ociosidade "k" e volumes de produção "l" (em Cr\$)	41

QUADRO 9 - Custos de produção do grupo de máquinas CN, para diferentes níveis de ociosidade "k" e volume de produção "l" (em Cr\$)	42
QUADRO 10 - Diferentes volumes mensais de produção das carcaças	43
QUADRO 11 - Tempos de fabricação, preparação e carregamento das máquinas em horas, para os diferentes níveis de produção	44
QUADRO 12 - Custo variável de produção em Cr\$ para diferentes níveis de ociosidade "k" e volume de produção "l"	47
QUADRO 13 - Custo de produção do grupo de máquinas CN, para diferentes níveis de ociosidade "k" e volume de produção "l", em Cr\$	48
QUADRO 14 - Tempos de fabricação em minutos para fabricação das carcaças nos diferentes grupos de máquinas	55
QUADRO 15 - Estimativa das vendas de MF a CN em comparação ao total de vendas de MF	125
QUADRO 16 - Situação da utilização de máquinas CN no Brasil	126
QUADRO 17 - Fabricantes de gabinetes e máquinas de comando numérico	126
QUADRO 18 - Linguagens de alto nível utilizadas no Brasil	128
QUADRO 19 - Operações básicas por que passam as carcaças e quais os processos de usinagem recomendados	147

QUADRO 20 - Operações da família das carcaças e quais os processos recomendados para os diferentes grupos de peças	149
QUADRO 21 - Ferramentas utilizadas nas máquinas convencionais	178
QUADRO 22 - Ferramentas utilizadas no CDU	179

C A P I T U L O I

1. INTRODUÇÃO

1.1 - Origem do trabalho

A grande parte dos produtos que se utiliza hoje em dia, são produtos manufaturados, ou sejam, passam por algum processo de beneficiamento ou fabricação a fim de que possam satisfazer necessidades do homem.

Para a fabricação são necessários equipamentos e uma estrutura organizacional e administrativa. Estes equipamentos foram sendo constantemente desenvolvidos e aprimorados. Na indústria metal-mecânica este desenvolvimento pode ser analisado sob dois aspectos: um relacionado com as tarefas que a máquina é capaz de executar e os resultados obtidos na peça fabricada; o outro referente aos diferentes tipos de controles.

No decorrer da primeira metade deste século, o desenvolvimento foi mais sob o aspecto técnico-operacional. Desenvolveram-se nas máquinas, novas formas de acionamento (motores elétricos), novos modelos de ferramentas, novos cabeçotes porta-ferramentas, surgiram tornos copiadores bem como sistemas de alavancas e botões que auxiliam o homem a controlar novas máquinas cada vez mais complexas.

No início da década de 50 foram realizados os primeiros estudos que levaram ao desenvolvimento do comando numérico⁽¹⁾. A utilização do comando numérico em máquinas ferramentas trouxe inúmeras vantagens relativas a qualidade, rapidez e precisão com que se podia fabricar as peças. Com o advento do comando

1. Ver apêndice 2 para melhor entendimento

numérico, buscou-se um maior desenvolvimento da técnica de construção das máquinas ferramentas visando um melhor aproveitamento da grande flexibilidade, versatilidade, precisão e repetibilidade desta forma de comando. Os centros de usinagem são um exemplo de máquinas desenvolvidas com o surgimento do comando numérico.

Resultante do desenvolvimento dos equipamentos ocorreram inúmeros benefícios como: aumento da qualidade dos produtos, melhores condições de trabalho para o operador, possibilidade de fabricar novos produtos e redução de custo.

Paralelamente ao desenvolvimento dos equipamentos, houve uma evolução das estruturas organizacionais e administrativas sem o que muitos dos benefícios possíveis de serem obtidos pelos novos equipamentos não seriam realizáveis.

O relativo desconhecimento das reais condições de utilização e os possíveis resultados alcançados quando da utilização de máquinas comandadas numericamente, deram origem ao presente trabalho.

1.2 - Objetivo do trabalho

O surgimento de máquinas ferramentas comandadas numericamente, gerou uma grande expectativa quanto aos resultados da adoção de equipamento de comando numérico (CN).

O presente trabalho busca analisar a potencialidade das máquinas C N relativa as máquinas convencionais objetivando:

- analisar os sistemas de produção mais apropriados para o uso de C N como por exemplo, tecnologia de grupo;
- apresentar as vantagens técnicas da utilização de máquinas C N;

- apresentar um mecanismo de avaliação do impacto de máquinas C N numa dada situação em termos técnicos e econômicos.

1.3 - Importância do trabalho

Cada vez mais o equipamento utilizado pela empresa tem maior influência sobre a sua operacionalidade e rentabilidade. É de pleno conhecimento do empresário ou técnico que não basta produzir-se um "bom" produto, é necessário produzi-lo rapidamente, com qualidade e baixo custo.

Os equipamentos e a estrutura operacional utilizada devem possibilitar ao sistema produtivo uma versatilidade e flexibilidade na produção a fim de que se possa introduzir alterações na linha de produção quando necessárias, devido a mudanças das características de mercado ou evolução tecnológica. Outros fatores operacionais de grande importância são a qualidade, rapidez e precisão com que as peças são produzidas.

Todo o empresário porém, tem conhecimento que não basta o melhor equipamento; mais versátil, rápido, preciso e flexível quando se está utilizando-o em condições que não propiciem, de forma desejada, o retorno do investimento aplicado.

Sabe-se que o comando numérico surge como uma nova e importante alternativa para indústria metal-mecânica, consistindo a importância do presente trabalho no fornecimento de subsídios e informações acerca das potencialidades técnicas e econômicas do C N, analisando seu desempenho comparativamente ao das máquinas convencionais.

1.4 - Fases do trabalho

No desenvolvimento do presente trabalho, foi utilizada a seguinte metodologia:

FASE 1 - Estudo das técnicas de programação manual e computacional para a operação de máquinas CN;

FASE 2 - Estudo das técnicas operacionais das máquinas CN;

FASE 3 - Estudo de estruturas organizacionais e formas de arranjo físico;

FASE 4 - Pesquisa sobre tecnologia de grupo;

FASE 5 - Estudo de uma linha de produtos e classificação de seus componentes em "família de peças", com base na tecnologia de grupo;

FASE 6 - Estágio em uma empresa do ramo metal-mecânico, fabricante dos produtos analisados, com máquinas convencionais a fim de coletar informações técnico-operacionais da fabricação de uma família de peças. (a família escolhida foi a família das carcaças.)

FASE 7 - Projeto do grupo de máquinas CN. Execução dos programas em linguagem BASIC-EXAPT para a usinagem das carcaças em um centro de usinagem. Paralelamente a isto, foram projetados os dispositivos de fixação, escolhidas as ferramentas e determinada a melhor sequência de operações para a fabricação das carcaças;

FASE 8 - Projeto do grupo de máquinas convencionais. Seleção do modelo de máquinas e planejamento da produção com base nos tempos obtidos na fase 6;

FASE 9 - Processamento e pós-processamento dos programas desenvol

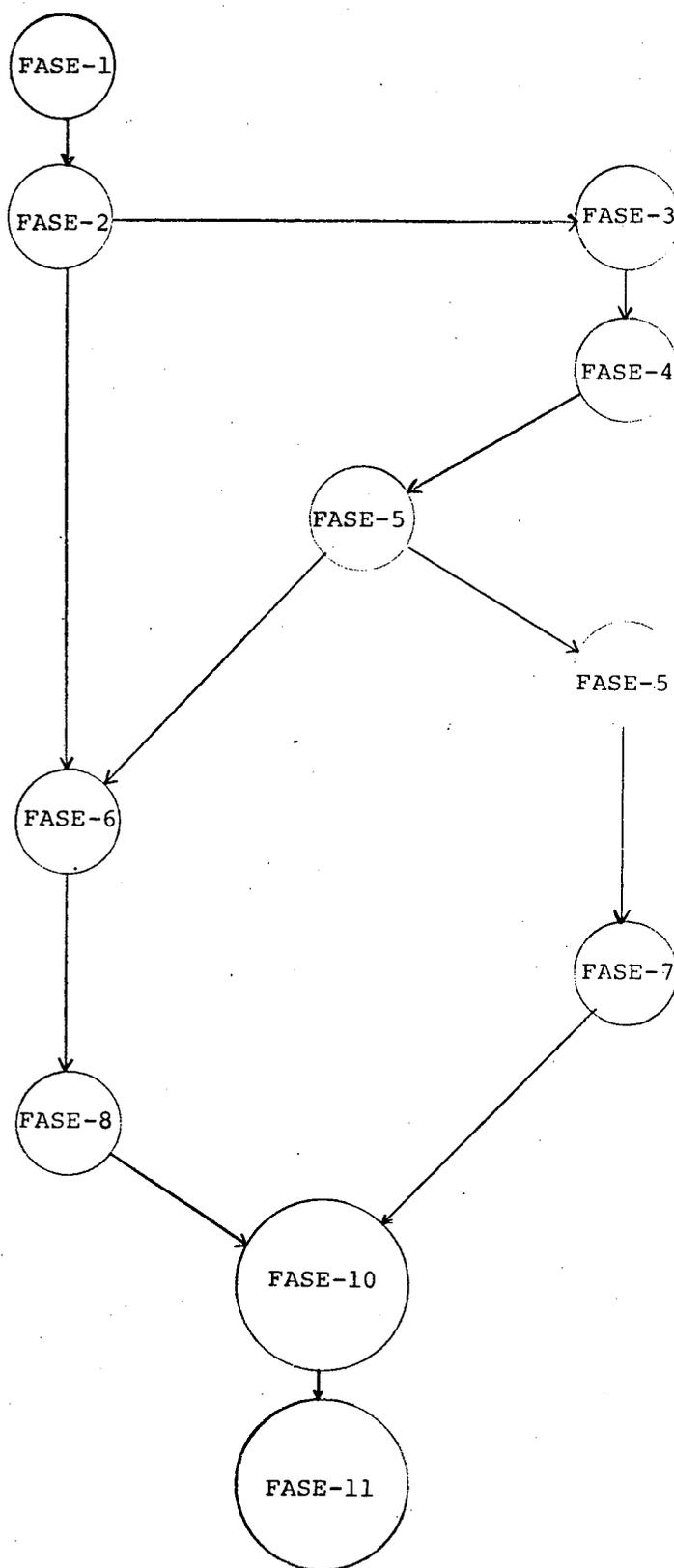


Figura 1 - Fluxograma das fases do trabalho

vidos na fase 7 para fabricação das carcaças, simulação da fabricação em um centro de usinagem marca Thyssen-Huller NBH-65. Mediram-se os tempos de fabricação estimados, o que possibilitou o planejamento da produção do grupo de máquinas C N;

FASE 10 - Determinação dos custos de produção com base nos dados encontrados nas fases 8 e 9. Análise comparativa dos resultados;

FASE 11 - Redação final. A figura 1 apresenta um fluxograma para facilitar a observação das fases do trabalho.

1.5 - Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos.

No presente capítulo, busca-se definir os objetivos do trabalho apresentado, bem como sua importância, origem e metodologia.

Denominou-se o segundo capítulo "Análise técnica de comando numérico e métodos convencionais para a fabricação de uma família de peças", que apresenta um modelo para auxiliar na determinação de um equipamento adequado para a fabricação de determinada linha de produto, adotando a filosofia de tecnologia de grupo. Apresenta, também, os dados técnico-operacionais da fabricação de um grupo de peças em um grupo de máquinas C N e grupo de máquinas convencionais.

No capítulo terceiro "Análise técnico-econômica de máquinas C N e máquinas convencionais para a fabricação de um grupo de peças", determinam-se os custos de produção e se analisou, comparativamente, os dois grupos de máquinas, com base nos dados apresentados no capítulo anterior.

O capítulo quatro traz as conclusões e recomendações do presente trabalho.

Os apêndices apresentados ao final do trabalho, trazem uma contribuição substancial para o entendimento do mesmo.

C A P Í T U L O I I

2. ANÁLISE TÉCNICA DE COMANDO NUMÉRICO E MÉTODOS CONVENCIONAIS DE COMANDO NA FABRICAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE PEÇAS

2.1 - Generalidades

No presente capítulo analisar-se-á a fabricação de determinados produtos buscando determinar as melhores condições para sua fabricação.

Como viu-se no capítulo anterior, existem diversas formas de arranjo físico, fluxo de produção e equipamentos. A escolha entre um ou outro método de produção, processo de fabricação ou fluxo de produção, depende de varios fatores como volume de produção tipo de produto, tempo de fabricação, ciclo de vida do produto e outros.

O caso a ser estudado, trata-se de uma linha de compressores onde busca-se determinar a melhor combinação entre as diversas possíveis, para a fabricação de um dos seus componentes.

O trabalho seguirá a metodologia descrita na figura 1, baseando-se na teoria de "Família de Peças" apresentada no apêndice 1. Supõe-se também, que existe a possibilidade de efetuar-se mudanças no projeto do produto (apêndice 11) para uma melhor racionalização da produção ou melhora do desempenho.

2.2 - Metodologia seguida para análise técnica

O modelo busca auxiliar na determinação de um método para a fabricação de componentes de uma linha de produtos. A base do modelo é a classificação dos diferentes componentes em famílias de peças e a posterior utilização de tecnologia de grupo (grupo de tecnologia, grupo de peças, grupo de máquinas).

Inicialmente, têm-se uma gama determinada de produtos com função ou processos de fabricação similares ou não. No caso os produtos considerados são compressores (apêndice 3) similares quanto a função e processos de fabricação.

A maior parte dos produtos é composta de subconjuntos com características funcionais específicas e que devem ser identificados, classificados a fim de serem agrupados com base nas suas características funcionais. Os "sistemas de compressores" dividem-se basicamente em 3 partes: (fig.2) motor, reservatório de ar e compressor; cada qual com sua característica funcional específica.

Estes subconjuntos são compostos de diferentes peças que devem ser agora analisadas detalhadamente, e classificadas de modo que consiga-se agrupá-las em família de peças. Os critérios utilizados para a formação das famílias de peças são: semelhança física, desenho e semelhança funcional.

Esta parte do trabalho requer tempo e um grande cuidado para coleta de todos os dados das diferentes peças para que tenha-se ao final, um arquivo com os dados de cada elemento e as características gerais da "família" (ver apêndice 1). A família estudada no presente trabalho, é a família das carcaças descrita no apêndice

Após a classificação das peças em famílias e a confecção do arquivo da família, têm-se maior facilidade para a execução das mais diferentes tarefas como escolha de equipamentos para fabricação, alteração de projeto, padronização de componentes.

A determinação dos grupos de tecnologia, ou sejam, as peças que possuam semelhantes processos e fluxo de produção é o próximo passo. Esta tarefa é facilitada pela anterior formação do arquivo das famílias de peças. Cabe novamente ressaltar dois pontos: a classificação das peças em famílias é importante mas perde muito do valor e utilidade quando não organiza-se um arquivo com os dados das peças e características de família; peças de mesma família podem pertencer a diferentes grupos de tecnologia. A família das carcaças possui basicamente quatro elementos de um mesmo grupo de tecnologia e um elemento (4.C.1)* que se enquadra melhor no gru

* Símbolo de um modelo de carcaça .

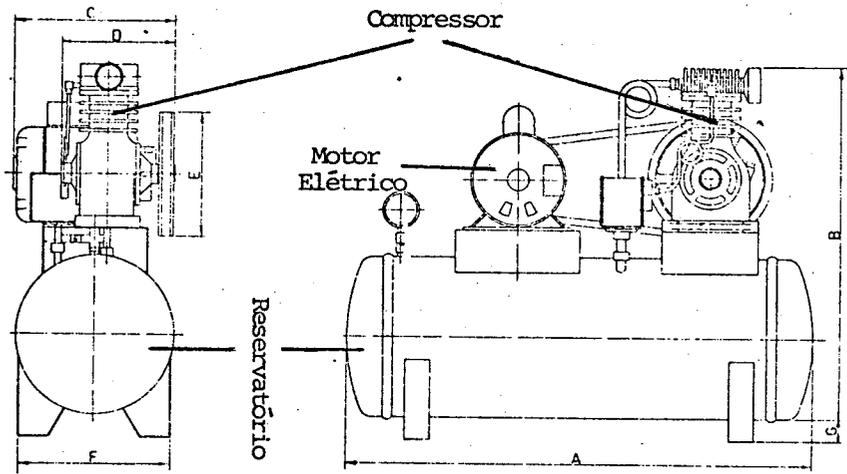


Figura 2 -Caracterização dos sub-conjuntos do "Sistema Compressor"

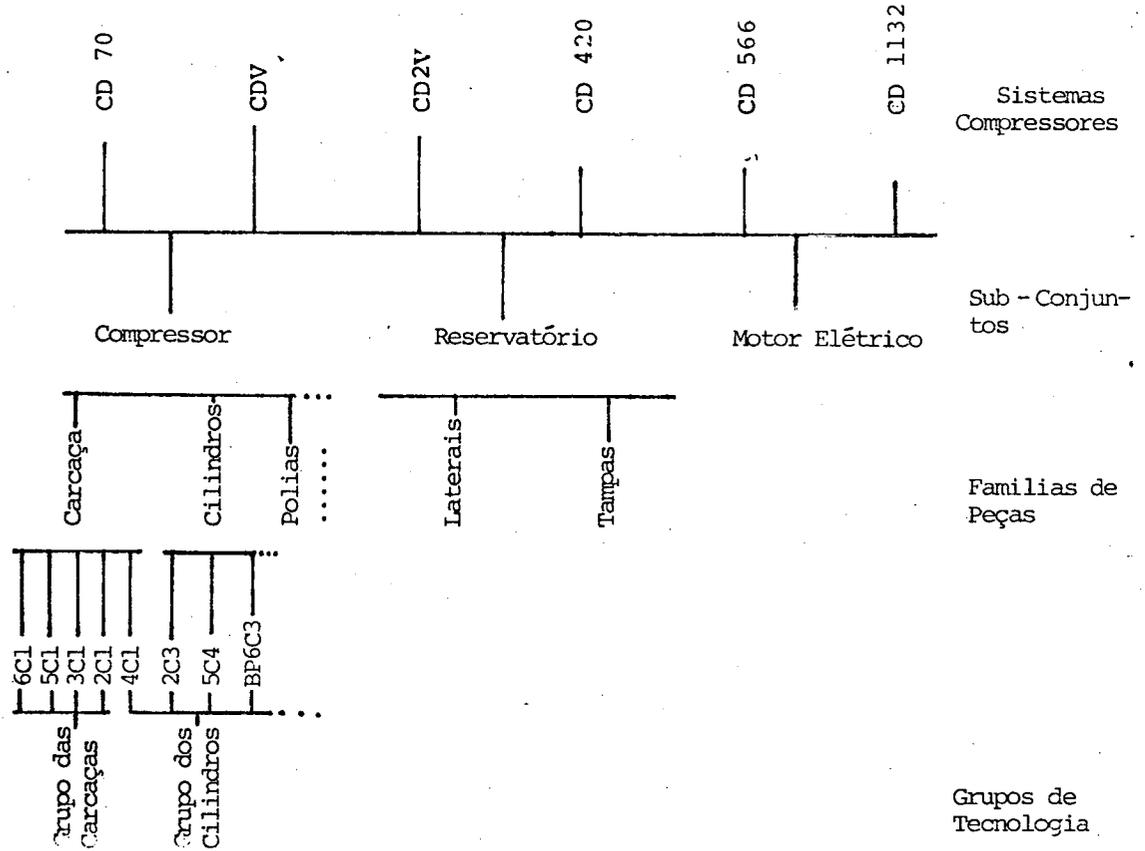


Figura 3 - Análise dos "Sistemas Compressores "

po de tecnologia dos cilindros (fig. 3).

Após a determinação do grupo de tecnologia, busca-se determinar qual o melhor equipamento para processar o grupo de peças. Esta escolha deve levar em conta inúmeros fatores como, volume de produção, custo de produção, mudança de projeto, flexibilidade e versatilidade do equipamento, tipo de arranjo físico e outros fatores. O arranjo físico que se recomenda para os equipamentos a serem definidos é basicamente o arranjo em grupo de máquinas optado no presente trabalho devido as inúmeras vantagens que traz, e pelos motivos citados no apêndice 1 . A escolha e de definição dos equipamentos é baseada na análise técnico-econômica efetuada no próximo capítulo.

2.3 - Produtos

O produto analisado trata-se de uma linha de "sistemas compressores" onde existem basicamente 5 compressores que combinados com os diferentes tipos de motores e reservatórios de ar, formam uma linha de 11 produtos diferentes (apêndice 3). No caso dos produtos analisados, a definição de seus subconjuntos é simples uma vez que têm-se 3 conjuntos de peças com funções distintas e claramente definidas.

2.4 - Conjuntos

Os conjuntos que formam os sistemas compressores são três:

- a) Motores elétricos: com função específica de transformar a energia elétrica em energia mecânica transmitida por meio de uma correia ao compressor. Os motores elétricos são adquiridos de terceiros, havendo casos em que os sis

temas compressores são vendidos sem este subconjunto.

- b) Reservatório: O reservatório é um componente fabricado na própria empresa com função de armazenar o ar comprimido pelo compressor. Sua capacidade pode variar de 25 até 350 litros sendo uma das características diferenciadoras dos sistemas compressores. Para a fabricação dos reservatórios são necessárias operações de conformação e soldagem.
- c) Compressor: Caracteriza-se por ser o subconjunto mais complexo e que tem a função básica do sistema, comprimir o ar. Existem 5 compressores com capacidade diferentes de compressão (70 litros/min, 140 litros/min, 280 litros/min, 420 litros/min, 1132 litros/min.). Os componentes dos compressores são fabricados na sua maior parte mediante processos de usinagem.

Os elementos de um mesmo conjunto possuem grande semelhança funcional ou de desenho entre si, o mesmo ocorrendo com seus componentes facilitando em muito a formação da família de peças.

2.5 - Formação das famílias de peças

A formação das famílias de peças baseou-se no presente trabalho, apenas na análise dos componentes dos compressores, uma vez que este é o mais importante dos 3 grupos por seus componentes serem fabricados na grande totalidade na própria empresa, sendo também o que possui um maior número de componentes. No apêndice 4, têm-se a vista explodida dos compressores e a lista de seus diferentes componentes. Dentre os seus componentes destacam-se as carcaças por serem as peças que requerem um maior número de

operações e caracterizam o conjunto compressor quanto a forma e dimensão. Têm-se, conseqüentemente, 5 carcaças distintas que formam uma família de peças. No apêndice 5, têm-se o arquivo desta família de peças, e pode-se observar que elas possuem uma similaridade quanto aos processos de fabricação com exceção da carcaça 4C1. Com este exemplo, têm-se a situação que foi levantada no apêndice 1 com elementos da mesma família possuindo diferentes processos de fabricação. Definidos os processos por que passam as peças, busca-se determinar grupos de tecnologia.

2.6 - Grupos de tecnologia

Com base nos dados dos arquivos das famílias de peças, busca-se formar grupos de tecnologia, ou seja, as peças com semelhante processo de produção. Dentre as peças da família das carcaças, observa-se que a carcaça 4.C.1 possui um processo de fabricação diferente das demais. A carcaça 4.C.1 possui os processos de fabricação semelhantes aos processos de fabricação dos cilindros (fig. 4), por esta razão, ele se adapta melhor ao grupo de tecnologia dos cilindros. Definidos os grupos de tecnologia, têm-se maior facilidade para determinar os equipamentos a serem utilizados na fabricação das peças. No presente trabalho, após a determinação dos grupos de tecnologia, busca-se determinar os grupos de peças em associação aos grupos de máquinas utilizando como fonte de dados o arquivo de dados da família de peças. O tamanho do grupo de peças depende do tipo de equipamento, tempos de máquina, cargas de máquinas.

No presente trabalho, o grupo de tecnologia das carcaças compõem um grupo de peças. Observando os processos por que passam as carcaças poderiam-se agrupar as carcaças 2.C.1, 3.C.1, 5.C.1 num grupo de peças e isolar a carcaça 6.C.1 em outro grupo, mas, fatores como demanda e carga de máquina, não possibilitam

PROJETO
(função, formato)

FABRICAÇÃO 14
(processos, máquinas)

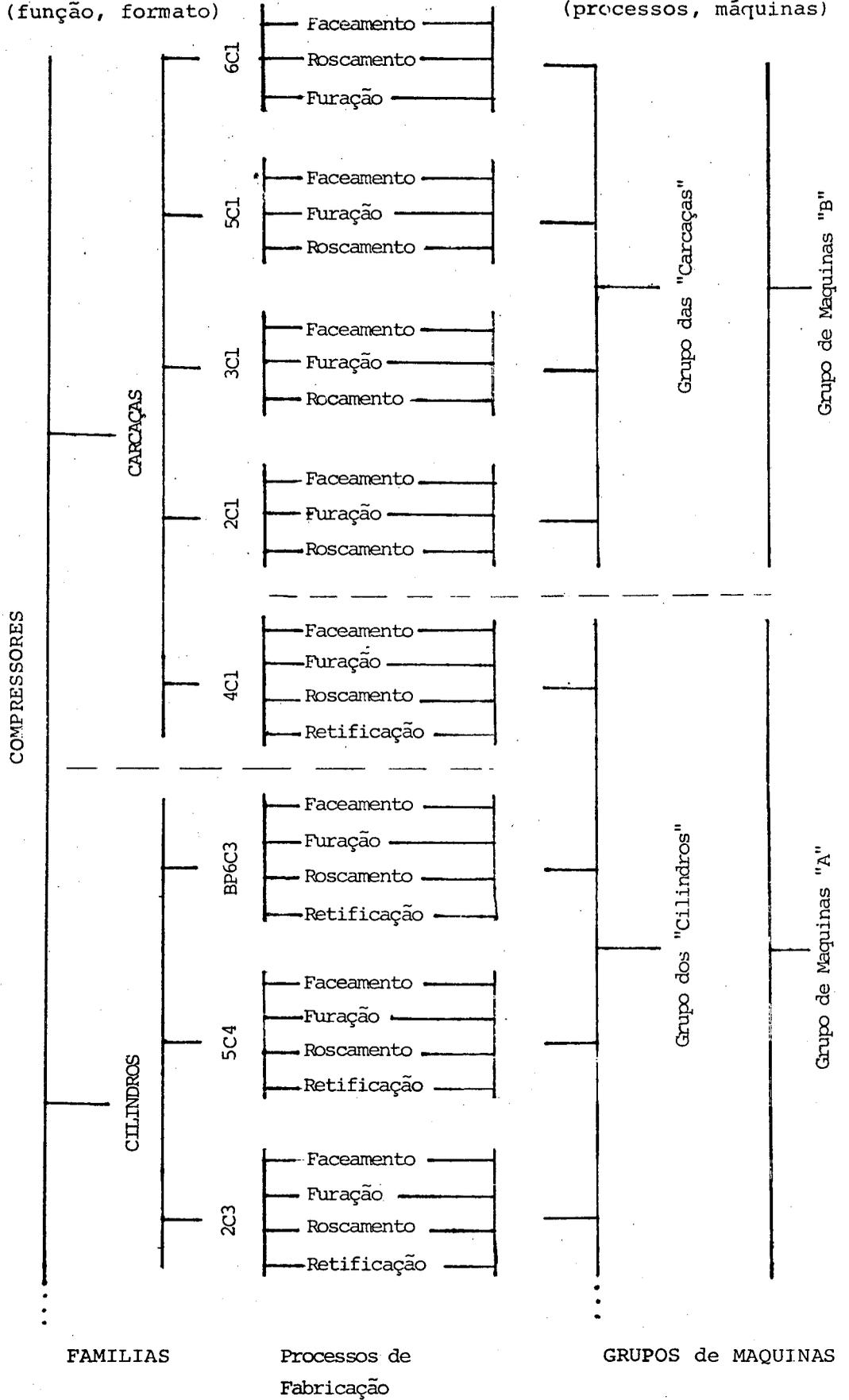


Figura 4 - Formação dos grupos de tecnologia

esta divisão. Cabe aqui ressaltar a importância de ter-se muito cuidado para não ocorrerem problemas como os enumerados no apêndice 1.

Tendo-se definido o grupo de peças, partiu-se para a definição das máquinas que fabricariam este grupo de peças mas, com flexibilidade e versatilidade suficientes para possibilitar mudanças totais ou parciais no projeto ou mesmo permitam a fabricação de diferentes peças.

Como visto no apêndice 1 o comando dos equipamentos pode ser efetuado de duas formas basicamente distintas: manualmente, ou por controle numérico. Os equipamentos comandados numericamente são mais versáteis e flexíveis com maior capacidade de produção mas, em contrapartida, necessitam de um desembolso maior de capital que as máquinas convencionais.

2.7 - Máquinas com comando numérico

Como visto no apêndice 1 a fabricação com máquinas CN traz inúmeras vantagens. Mas para sua utilização requer-se uma estrutura organizacional eficiente. A adoção de tecnologia de grupo e leiaute em grupo de máquinas quando da fabricação de peças com máquinas, numericamente traz inúmeras vantagens como se apresenta no apêndice 1.

As operações necessárias para a fabricação do grupo de peças das carcaças são basicamente 4, como estão definidas no apêndice 5 (torneamento, fresamento, furação e roscamento). Pode-se julgar necessário a utilização de 2 ou mais máquinas para a execução das diferentes operações de usinagem porque trata-se de operações diferentes e que para o processamento em uma máquina apenas traria problemas devido a necessidade da utilização de complexos sistemas de fixação e ferramentas especiais, o que aumenta

ria os custos e tempos improdutivos, diminuindo a qualidade do produto.

Graças a versatilidade e flexibilidade das máquinas CN especialmente no caso dos C D U* (apêndice 1), existe a possibilidade de efetuar-se todas as operações das peças em apenas 1 máquina operatriz.

No apêndice 1, está descrita a sequência de passos a serem seguidas de fabricação de peças com máquinas de comando numérico. Os passos tornam-se consideravelmente mais fáceis quando adota-se a tecnologia de grupo.

2.7.1 - Definição da sequência de operação

Após a definição do equipamento, busca-se a sequência de operações mais adequadas para o processamento do grupo de peças. Um dos pontos importantes da determinação da sequência de operações é consultar o arquivo da família de peças e observar as operações a serem realizadas. A sequência de operações deve ser tal que seja ao máximo semelhante para as diferentes peças do grupo de tecnologia. A obtenção de uma sequência de operações básicas para um grupo de tecnologia traz inúmeras vantagens quando da execução de programas de máquinas comandadas numericamente.

No apêndice 5, têm-se uma sequência de operações de tal forma que as peças do grupo de tecnologia tenham uma grande semelhança quanto a sequência de operações por que passam quando do processamento no C D U. Esta sequência de operações pode ser modificada porque a sequência ótima na fabricação com máquinas CN não é sempre igual que para fabricação com máquinas comandadas manualmente. Busca-se, na definição da sequência de operações que haja o menor número possível de troca de ferramentas; que a

* Centro de Usinagem

distância entre as ferramentas utilizadas consecutivamente seja a menor possível e reduz-se também ao mínimo o número de fixações.

2.7.2 - Programação com auxílio de computador (linguagem EXAPT)

Optou-se pela programação com auxílio de computador pelas inúmeras vantagens que seriam obtidas durante o trabalho. Como observou-se no apêndice 1 é possível a execução de programas para máquinas C N com auxílio de computador sem definir-se especificamente ferramentas, dispositivos de fixação, e mesmo o modelo de equipamento a ser utilizado. Portanto, é possível fazer-se os programas das carcaças sem estarem definidos, dispositivos, ferramentas e o centro de usinagem em que serão usinadas. A utilização da linguagem EXAPT possibilitou a redução substancial dos tempos de programação bem como reduziu em muito a probabilidade de erros uma vez que tinha-se inúmeras operações semelhantes e repetidas um grande número de vezes. Os programas e as subrotinas desenvolvidas estão no apêndice 6 .

2.7.3 - Ferramentas

A determinação das ferramentas quando utiliza-se máquinas comandadas numericamente, em particular, os C D U s é muito importante uma vez que a versatilidade e o tempo de fabricação dependem do modelo da ferramenta, velocidades de corte e avanço utilizáveis, número de vezes em que é preciso trocar de ferramentas no cabeçote e magazine.

As velocidades e avanços bem como as ferramentas utilizadas neste trabalho, estão descritas no apêndice 7 . No quadro 1 , observa-se que há o menor número de troca de ferramentas possível durante as diferentes operações de usinagem, bem como as ferramentas estão dispostas no magazine de modo que a troca

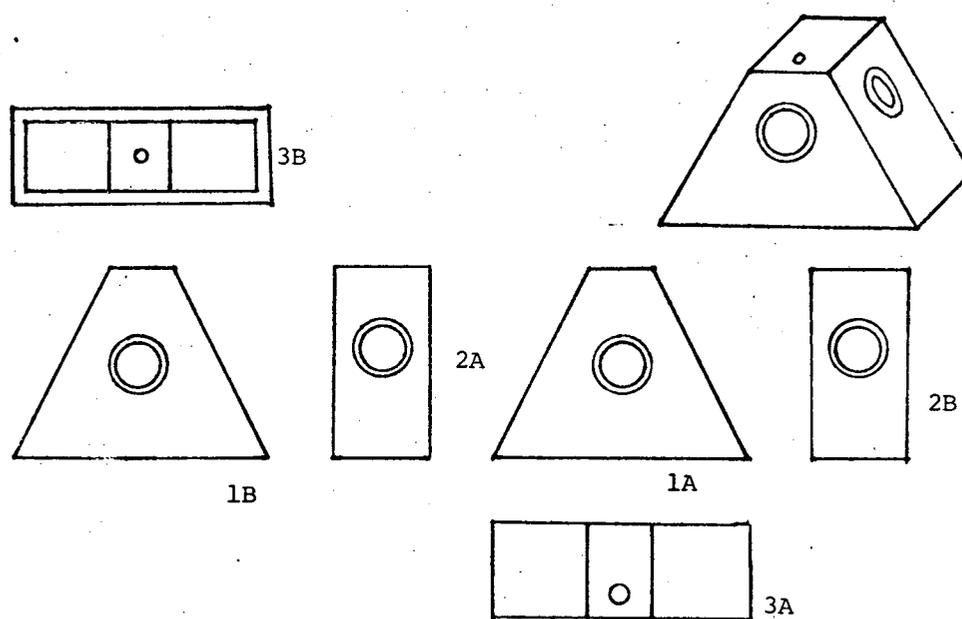


Figura 5 - Definição das operações no CDU

- 1 - Faceamento da Face Posterior (1B)
- 2 - Faceamento da Base (3B)
- 3 - Faceamento dos Assentos dos Cilindros (2A,2B)
- 4 - Fresamento dos Encaixes dos Cilindros (2A,2B)
- 5 - Furação do Ponto Vertical (3A)
- 6 - Roscamento do Ponto Vertical (3A)
- 7 - Furação dos Pontos da Base (3B)
- 8 - Furação dos Pontos de Fixação dos Cilindros (2A,2B)
- 9 - Fresamento dos Pontos da Base (3B)
- 10 - Roscamento dos Pontos da Base (3B)
- 11 - Roscamento dos Pontos de Fixação dos Cilindros (2A, 2B)
- 12 - Faceamento da Face Frontal (1A)
- 13 - Fresamento do Encaixe das Tampas (1A,1B)
- 14 - Furação dos Pontos de Fixação das Tampas (1A,1B)
- 15 - Roscamento dos Pontos de Fixação das Tampas (1A,1B)
- 16 - Furação do Ponto Horizontal (1A)
- 17 - Roscamento do Ponto Horizontal (1A)

PEÇA	2 C 1			3 C 1			5 C 1			6 C 1			
	FIXAÇÃO	DISPOSITIVO	FERRAMENTA	FIX	DISP	FERR	FIX	DISP	FERR	FIX	DISP	FERR	
1	1	2B1	11	1	3B1	1	3	5CC	1	3	6CC	11	
2	2	2B2		2	3B2	2	2	5CB		2	6CB	11	
3			2			11						11	
4			2										
5			5									3	
6			6									4	
7			3									12	
8												5	
9												2	
10													
11			4									4	
11												6	6
12	3	2B3		3	3B3		3	5CC	1	3	6CA	11	
13												1	11
14			3			3							3
15			4									4	3
16			10									10	6
17			7									7	4

Quadro 1 - Sequência de operações no CDU e dedefinição dos dispositivos, ferramentas utilizados e em que operações .

seja o mais rápido possível.

2.7.4 - Dispositivos de fixação

Nos CDU's os dispositivos de fixação têm grande importância, mas não relacionadas basicamente com o tipo de operação que pode-se realizar na máquina, mas sim com a rapidez com que são montadas, a rapidez e precisão na fixação das peças sobre as mesmas e a possibilidade de, com um menor número de fixações da peça, executar-se o maior número de operações possíveis. Outro aspecto importante a ser considerado é a possibilidade de fixar-se diferentes peças sobre o mesmo dispositivo ou utilizá-lo para fixações distintas da mesma peça.

As características básicas dos dispositivos estão descritas no apêndice 7, uma vez que eles podem variar dependendo do modelo de CDU que será utilizado.

No quadro 1, têm-se o relacionamento das diversas operações de cada carcaça com o dispositivo de fixação utilizado e a ferramenta. O quadro 2 traz os tempos de fabricação, fixação dos dispositivos na máquina e tempos de fixação das peças nas diferentes posições.

No planejamento de produção, deve-se observar para que a troca dos dispositivos seja a menor possível, uma vez que enquanto troca-se os dispositivos, a máquina está parada, a não ser no caso de máquinas com duas mesas de trabalho.

Observa-se que o projeto dos dispositivos, a determinação das ferramentas e a sequência de operações mais racional está totalmente inter-relacionada estando sempre em mudanças durante a fase de projeto.

PEÇA	FIXAÇÃO			1	2	3	
	TEMPOS						
2C1	Tempo de fixação do dispositivo (min)	15	15	15			
	Tempo de fixação da peça na máquina (min)	1,5	0,5	1,3			
	Tempo de fabricação da peça (min)	1,08	22,26	15,72	39,06		
3C1	Tempo de fixação do dispositivo (min)	15	15	15			
	Tempo de fixação da peça na máquina (min)	1,4	0,5	1,0			
	Tempo de fabricação da peça (min)	1,25	18,08	5,8	25,13		
5C1	Tempo de fixação do dispositivo (min)	20	20	20			
	Tempo de fixação da peça na máquina (min)	1,5	0,6	1			
	Tempo de fabricação da peça (min)	1,34	7,24	11,05	19,63		
6C1	Tempo de fixação do dispositivo (min)	20	20	20			
	Tempo de fixação da peça na máquina (min)	1,5	0,7	1			
	Tempo de fabricação da peça (min)	1,6	0,7	11,08	23,38		

Quadro 2 - Tempos de fixação dos dispositivos, fixação das peças e tempos de fabricação das diferentes carcaças : tres tipos de fixação utilizados

2.7.5 - Simulação

Os programas em linguagem EXAPT foram processados no computador HP 21 MX-E, obtendo-se os programas em linguagem de máquina. Para o processamento foram utilizados os dados das ferramentas e dispositivos descritos no apêndice 7.

Não houve possibilidade de efetivamente usar-se as peças, apenas simulou-se a sua usinagem no CDU NBH-65. A simulação consiste em rodar o programa completo em vazio, ou seja, sem ferramenta, dispositivo e peça, mas com os deslocamentos e velocidades reais.

Os tempos de fabricação das peças foram cronometrados, bem como simulou-se e cronometrou-se o tempo médio para fixação das peças na máquina, como também o tempo médio de fixação dos dispositivos. Cabe ressaltar que os tempos de usinagem da carcaça 6Cl são estimados com base nos tempos de fabricação das demais carcaças, uma vez que não havia possibilidade de simular-se a fabricação da carcaça 6Cl porque ela possui dimensões superiores às admitidas pelo CDU utilizado. Os tempos estão apresentados no quadro 2.

2.8.- Fabricação com máquinas convencionais

As operações necessárias para o processamento do grupo de peças são 4 (torneamento, fresagem, furação, roscamento). Estas operações são efetuadas basicamente em três máquinas distintas: torno, fresa e furadeira.

A determinação da sequência de operações é de grande importância neste caso, uma vez que têm-se um mínimo de três máquinas distintas envolvidas no processo de fabricação. Deve-se tomar o cuidado para que não haja muita movimentação entre as máquinas. Existe aqui similaridade com a utilização de um maior nú

mero de dispositivos de fixação e fixações durante a fabricação com máquinas convencionais de que com máquinas CN.

A fabricação de peças utilizando-se máquinas convencionais pode ser mais eficiente em muitos casos que a fabricação com máquinas comandadas numericamente, dependendo da eficiência de vários fatores com tipo das peças, volume e produção e outros.

2.8.1. - Determinação da sequência de operações

A sequência de operações quando da fabricação das peças com máquinas convencionais, é diferente da sequência utilizada na fabricação com CDU já que têm-se que evitar ao máximo o transporte entre uma máquina e outra.

No quadro 3 têm-se a sequência de operações, os tempos de fabricação e as máquinas em que são executadas; pode-se observar que, apenas quando o ciclo de produção está concluído as peças são transportadas à outra máquina. Isto torna a sequência de operações diferente da sequência no CDU.

2.8.2. - Ferramentas

As ferramentas utilizadas em máquinas convencionais são basicamente não inter-combináveis e em muitos casos, são necessárias ferramentas especiais. As ferramentas estão descritas no apêndice 7. No quadro 4, pode-se observar que ferramentas são utilizadas em que máquinas e realizando qual operação.

2.8.3 - Dispositivos de fixação

Os dispositivos são basicamente um para cada uma das operações e peças, a não ser no caso das operações de furação

PEÇAS OPERAÇÃO	2 C 1		3 C 1		5 C 1		6 C 1				
	MÁQ.	TEMP. PRINC. (MIN)									
1-Usinagem da Base da carcaça	FR-1	27,37	FR-2	5,31	FR-2	9,51	FR-2	10,74			
2-Usinagem dos assentos dos cilindros				12,7		26,55		28,15			
3- Usinagens das laterais	T	7,62	T	7,77	T	14,2		13,6			
4-Usinagem dos encaixes das tampas								11,01			
5-Usinagem do encaixe dos cilindros	T	6,35	FU-2	4,19	—	—	—	—			
6-Furação dos pontos da base	FU-1	1,82	FU-2	2,49	FU-1	5,16	FU-2	6,46			
7-Fresamento dos pontos								1,51	2,74		
8-Roscamento dos pontos da base	FU-1	1,64	FU-2	4,04	FU-1	8,07		—			
9-Furação dos pontos das laterais								1,47	1,84	11,23	
10-Roscamento dos pontos das laterais								1,66	1,31	6,35	8,54
11-Furação dos pontos p/fixação cilindros								2,41	2,9	5,54	14,08
12-Roscamento dos pontos p/fixação cilindros								1,33	2,35	4,8	5,44
13-Furação do ponto horizontal								4,01	2,84	4,08	3,06
14-Roscamento do ponto horizontal	1,51	2,15									
15-Furação do ponto vertical								3,06			
16-Roscamento do ponto vertical		2,01		2,712				6,21			

Quadro 3 Sequencia de operações das máquinas convencionais as máquinas utilizadas e os tempos de fabricação

MÁQ.	PEÇA	OPERAÇÃO	FERRAMENTA	DISPOSITIVO	TEMPO PRINC. (M)	TEMPO PREP. (H)	
FR-1	2C1	1,2	F-1	2A1	27,37	1	
FR-2	3C1	1	F-1	3A1	5,31	1,5	
		2		3A2	12,7	1	
	5C1	1	F-1	5A1	9,51	1,25	
		2		5A2	26,55	1,75	
	6C1	1	F-1	6A3	10,74	1,74	
		2		6A2	28,15	2	
		3		6A4	13,6	1	
		4		6A4	11,01	1	
	T	3C1	3,4	T-1	2A2	7,62	1,5
			5		2A3	6,35	1,5
		3C1	3,4		3A3	7,77	1,5
		5C1	3,4		5A3	14,2	1,5

Quadro 4 - Tempos de preparação e fabricação nas diferentes máquinas convencionais os dispositivos e ferramentas utilizados .

MAQ.	PEÇA	OPERA ÇÕES	FERRAMEN TA	DISPOSITI VO	TEMP. PRINC. (MIN)	TEMP. PREP. (H)
FU-1	2C1	6	B6	2A4	1,82	0,25
		8	M8		1,64	
		9	B6	2A5	1,47	0,25
		10	M-8		2,41	
		11	B-6	2A6	2,41	0,25
		12	M8		1,33	
		13	B16	2A7	4,01	0,25
		14	M18		1,51	
		15	B6	2A8	2,01	0,25
		16	M8			
	5C1	6	B14	5A4	1,51	0,2
		7	B25		5,16	
		9	B8	5A5	8,07	0,2
		10	M10		6,35	
		11	B10	5A6	5,54	0,2
		12	M12		4,8	
		13	B8	5A7	4,08	0,2
		14	M10			

Continuação do quadro 4

MÁQUINA	PEÇA	OPERAÇÕES	FERRA MENTA	DISPOSI TIVO	TEMPO DE FABRICA ÇÃO (MIN)	TEMPO DE PREPARA ÇÃO (H)
FU-2	3C1	5	B60	3A4	4,19	1,5
		6	B6	3A5	2,49	0,25
		8	M8		4,04	
		9	B6	3A6	1,84	0,25
		10	M8		1,31	
		11	B6	3A7	2,9	0,25
		12	M8		2,35	
		13	B16	3A8	2,86	0,25
		14	M18		2,15	
		15	B6	3A9	2,712	0,5
	16	M8				
	6C1	6	B14	6A5	2,74	0,2
		7	B25		6,46	
		8	B8	6A6	11,23	0,2
		10	M10		8,54	
		11	B10	6A7	14,08	0,2
		12	M12		5,44	
		13	B8	6A8	3,06	0,2
		14	B10			
		15	B8	6A9	3,06	0,2
16		M10	6,21			

Continuação do quadro 4

e roscamento que utiliza-se o mesmo dispositivo. No quadro 4, têm-se a sequência de operações e os dispositivos utilizados, bem como o tempo de fixação de cada um dos dispositivos.

2.8.4 - Cronometragem

Os tempos de fabricação das peças com máquinas convencionais foram obtidos pela cronometragem das diferentes operações. A cronometragem foi efetuada nos meses de junho, julho e agosto, na indústria fabricante dos compressores.

Nestes tempos, estão incluídas as tolerâncias relativas a fadiga, concessões e concessão adicionais, os dados têm uma tolerância de 3% conforme informação da empresa.

O tempo de operação é calculado usando a seguinte equação:

$$TP (1 + F + C + CA) = TO$$

TP = tempo básico

F = Taxa de fadiga=(0,1) *

C = Taxa de concessão (quebra de ferramentas, medições etc)=(0,25) *

CA = Taxa de concessões adicionais (referente a paradas aleatórias)=(0,05) *

TO = tempo de operação

Estes tempos de operação serão utilizados para determinar a carga de máquina necessária para a fabricação das peças.

Os tempos de cada uma das operações, bem como o tempo de preparação das máquinas em que são executadas estão no quadro 4 .

* Dados fornecidos pela empresa .

C A P I T U L O III

3. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DE MÁQUINAS CN E MÁQUINAS CONVENCIONAIS PARA A FABRICAÇÃO DE UM GRUPO DE PEÇAS

3.1 - Introdução

Na figura 6 , têm-se uma sequência de passos que levam à necessidade da tomada de uma decisão sobre qual o melhor sistema ou máquina para execução de uma tarefa.

No presente capítulo, serão determinados e fixados critérios utilizados para a tomada de decisão, bem como avaliadas as alternativas definidas no capítulo anterior.

3.2 - Caracterização da empresa

A gama de compressores analisada anteriormente é fabricada em uma empresa metalúrgica de Joinville possuindo boa aceitação no mercado regional e nacional. A demanda mensal média prevista para produtos está apresentado no quadro 5 , bem como as demandas mensais máximas e mínimas.

Código dos Compressores Demanda Mensal	CDV	CD2V	566	1132	420
Mínima	251	140	32	9	33
Média	358	199	46	12	47
Máxima	502	279	65	17	66

Quadro 5 - Demandas mensais dos diferentes compressores em unidades

FONTE : Dados fornecidos pela empresa.

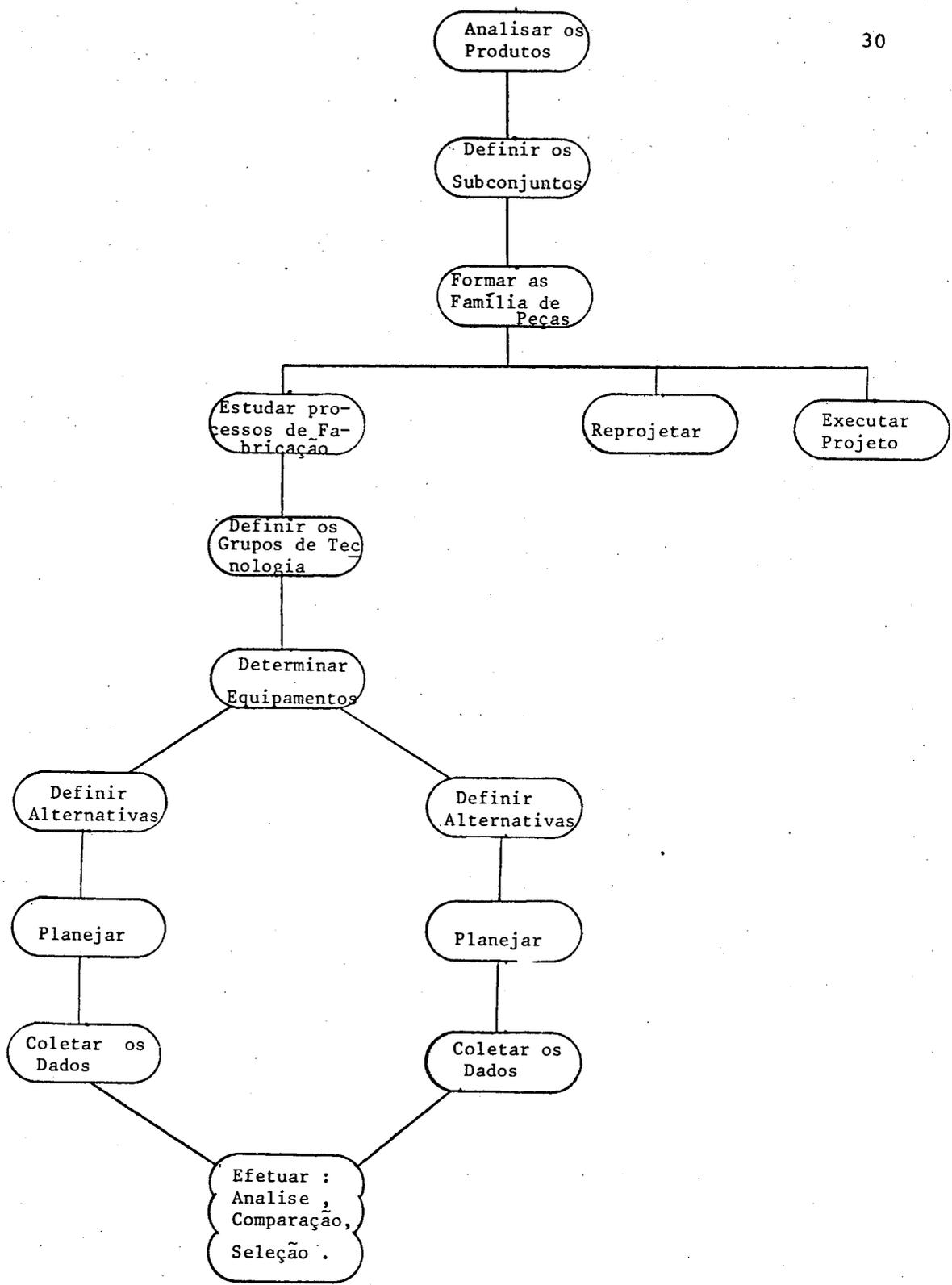


Figura 6 - Fluxograma da metodologia utilizada .

Anteriormente viu-se que cada compressor necessita para sua montagem de um modelo de carcaça. Observando-se o apêndice 4, pode-se definir os modelos de carcaças utilizados nos diferentes compressores: CDV = 2C1, CD2V = 3C1, 420 = 5C1, 566 e 1132 = 6C1.

Com base nestes dados, determinou-se o tamanho dos lotes mensais de produção das diferentes carcaças. Os lotes, quando da fabricação com máquinas convencionais, devem possuir um acréscimo de 5%* decorrente dos refugos provenientes de erros de fabricação. O quadro 6 apresenta os lotes de produção para fabricação com máquinas convencionais e com centros de usinagem, em função do volume de produção mensal (n).

Tipos de carcaça Volume de produção mensal (n)	2C1		3C1		5C1		6C1	
	MAQ. CN	MAQ. Convencionais						
1: Mínimo	251	264	140	147	33	35	41	43
2: Médio	358	376	199	209	47	50	58	61
3: Máximo	502	527	279	293	66	70	86	82

Quadro 6 - Produção mensal das diferentes carcaças para os 2 grupos de máquinas.

No início de cada mês é entregue um lote de peças brutas e retiradas as peças acabadas. Os dispositivos de fabricação e dois conjuntos de ferramentas são mantidos juntos ao grupo

* Dados fornecidos pela empresa.

po de máquinas. O controle de qualidade é executado pelos elementos do grupo de máquinas.

Os grupos de máquinas estão definidos no apêndice 8, bem como as características técnicas dos equipamentos.

Com base nestes dados e características técnicas, serão definidos os custos de produção do grupo de peças.

3.3 - Determinação dos custos de fabricação

A comparação entre as duas alternativas terá como base os custos de produção e aspectos técnicos de fabricação.

Para fins de comparação entre custos, pode-se classificar os custos em dois grupos:

- a) Custos comuns : são custos que incidem com igual valor sobre as alternativas. Estes custos segundo Fleischer⁽²⁾ podem ser desconsiderados.
- b) Custos distintos: são custos que incidem sobre as duas alternativas, com valores substancialmente diferente.

Os custos comuns e distintos podem ser diretamente relacionados com o volume de produção (custos variáveis) ou manterem uma relativa independência do volume de produção (custos fixos).

(2) FLEISCHER, Gerald A. Teoria da Aplicação do capital: um estudo das decisões de investimento. pg. 4

3.3.1 - Custos fixos

No presente trabalho, dentre os custos distintos, quatro foram classificados como custos fixos.

a) Custo do espaço físico (CEF)

O custo do espaço físico refere-se a remuneração do capital investido na construção das instalações onde estão localizados os equipamentos. O período considerado é mensal.

$$CEF_i = QU_i \cdot CMQ \quad (1)$$

onde:

i = índice referente a máquina utilizada

CEF_i = custo do espaço físico referente à máquina "i"

QU_i = área utilizada pelo equipamento "i"

CMQ = custo do m^2 , por mês

b) Custo de capital (CCA)

O custo de capital é um custo relativo a remuneração do capital aplicado no investimento do equipamento do grupo de máquinas

$$CCA_i = VE_i \cdot TR \quad (2)$$

onde:

i = índice referente a máquina utilizada

CCA_i = custo do capital referente a máquina índice "i"

VE_i = valor do equipamento "i"

TR = taxa mensal de retorno dos investimentos da empresa.

c) Custo fiscal (CF)

Existe a possibilidade de abater-se do pagamento do imposto de renda uma parte referente a amortização do equipamento. Este abatimento incide como custo negativo de produção. Cabe porém ressaltar, que este abatimento é possível somente quando a empresa apresenta lucro contábil.

$$CF_i = VE_i \cdot \frac{TD}{12} \cdot TIR \quad (3)$$

onde:

i = índice referente a máquina utilizada

CF_i = custo fiscal referente a máquina índice "i"

TD = taxa anual de depreciação do equipamento

TIR = taxa anual do imposto de renda

d) Custo de mão-de-obra

Devido as características dos grupos de máquinas, considera-se no presente trabalho mão-de-obra como um custo fixo mesmo que por sua natureza ele seja um custo semi-variável; porque seu comportamento não é diretamente relacionado ao volume de produção, podendo ocorrer variações do volume de produção dentro de determinados limites sem que haja aumento ou diminuição do custo da mão-de-obra. Caso haja transposição destes limites de produção haverá um conseqüente aumento ou diminuição dos custos de mão-de-obra.

$$CMO_i = Op_i \cdot (S_i + ES_i) \quad (4)$$

onde:

i = índice referente a máquina utilizada

CMO_i = custo de mão-de-obra da máquina "i"

Op_i = número de operários da máquina "i"

S_i = valor do salário do operário da máquina "i"

ES_i = encargos sociais dispensados com o operador da máquina "i"

3.3.2 - Custos variáveis

Dentre os custos distintos, três são classificados como custos variáveis, ou seja, dependem diretamente do volume de produção.

a) Custo de refugo (CRE)

Custos provenientes do material refogado devido a erros de fabricação.

$$CRE_{nj} = (CMA_j + CMF_j) NF_{nj} \quad n = 1, 2, 3 \quad (5)$$

onde:

j = tipo de carcaça fabricada

CRE_{nj} = custo de refugo referente a carcaça "j"

CMA_j = custo de matéria prima da carcaça "j"

CMF_j = custo médio de fabricação da carcaça "j"

NF_{nj} = número de refugos na produção da carcaça "j" no volume de produção "n"

O custo fixo médio de fabricação (CMF) é determinado pela fórmula:

$$CMF_j = \sum_{i=1}^m (TF_{ij} \cdot CHF_i) \quad (6)$$

onde:

j = tipo de carcaça fabricada

TF_{ij} = tempo de fabricação da carcaça "j" na máquina "i"

CHF_i = custo fixo de hora de máquina "i" operando e turno

m = número de máquinas em que a carcaça "j" é processada

O número de refugos no volume "n" da carcaça "j" é determinado pela fórmula:

$$NF_{jn} = LP_{jn} \cdot IRE \quad j = 2C1, 3C1, 5C1, 6C1 \quad (7)$$

$$n = 1, 2, 3$$

onde:

LP_{jn} = lote de produção mensal da carcaça "j" no volume de produção "n"

IRE = Taxa de refugos

b) Custo de estocagem intermediário (CEI)

Custo incorrido quando do armazenamento de produtos semi-acabados.

$$CEI_{jn} = (CMA_j + CMF_j) \cdot LP_{jn} \cdot I \quad n = 1, 2, 3 \quad (8)$$

onde:

j = tipo de carcaça fabricada

CEI_{jn} = custo de estocagem intermediário da carcaça "j" no nível de produção "n"

LP_{jn} = lote mensal de produção da carcaça "j" no volume "n"

I = taxa mensal de retorno desejada para o capital investido no estoque

c) Custo de ociosidade

Existe a possibilidade de o carregamento das máquinas ser menor que o número de horas disponíveis, o que acarretaria uma ociosidade do grupo de máquinas. No presente trabalho considera-se que caso haja ociosidade, estas horas serão alocadas a terceiros a um preço igual ao custo fixo de um turno de operação mais os custos variáveis incorridos pela utilização das máquinas.

Como trata-se de uma consideração teórica, resolveu-se adotar três níveis distintos de locação do equipamento ocioso, procurando atingir as diferentes situações possíveis.

- Nível 1(k=1): Quando existe a possibilidade de alocar-se a terceiros todas as horas não utilizáveis. Logo o índice de ociosidade é igual a 0.
- Nível 2(k=2): quando existe a possibilidade de alocar-se a terceiros apenas 50% das horas ociosas.
- Nível 3(k=3): quando não há possibilidade de alocar-se as horas ociosas.

$$CO_{nk} = -IL_k \sum_{i=1}^m (CHF_i \cdot HO_{in}) \quad n = 1, 2, 3 \quad (9)$$

onde:

i = índice da máquina utilizada

CO_{nk} = Custo de Ociosidade para o volume de produção "n" à um nível de ociosidade "k".

IL_k = índice de ociosidade relativo ao nível "k" ($IL_1 = 1$; $IL_2 = 0,5$; $IL_3 = 0$)

CHF_i = custo-hora fixo da máquina "i" operando 1 turno

HO_{in} = número de horas ociosas do equipamento "i" no volume de produção "n"

m = número de máquinas para atender o volume de produção "n".

Com base nas fórmulas apresentadas anteriormente dos custos fixos e variáveis, pode-se determinar os custos de produção distintos dos grupos de máquinas C N e grupo de máquinas convencionais.

3.4 - Custo de produção do grupo de máquinas com comando numérico (GCN)

A fabricação dos lotes de carcaças GCN tem como custo de produção para fins de comparação com o grupo de máquinas convencionais, um custo de produção ($CPCN_{nk}$) correspondente ao custo de produção do grupo de máquinas com comando numérico, a um volume "n" e um nível de ociosidade "k". Este custo é resultante da soma dos custos fixos incorridos no volume de produção "n" ($CFCN_n$) com os custos variáveis correspondentes ao nível de ociosidade "k" ($CVCN_k$).

A fabricação dos lotes de carcaças apresentadas no quadro 6 necessita para sua fabricação uma determinada carga de máquina. Com base nos dados apresentados no capítulo anterior, referentes aos tempos de fabricação, preparação de máquinas obtidos mediante a simulação da fabricação das carcaças, determina-se os tempos de processamento para os diferentes lotes. O quadro 7) apresenta estes tempos que servirão de base para o cálculo dos custos de produção com máquina CN.

Carcaças (j)	2C1		3C1		5C1		6C1		Tempo de preparação (Hs)	Tempo total de fabricação do lote de produção "(n)" (horas).
	nº de peças	Tempo de fab (hs)	nº de peças	Tempo de fab (hs)	nº de peças	Tempo de fab (hs)	nº de peças	Tempo de fab (hs)		
1-Mínimo	251	81,65	140	58,66	33	12,83	41	16,86	4,5	174,5
2-Médio	358	116,46	199	83,34	47	18,27	58	23,85	4,5	246,42
3-Máximo	502	163,31	279	116,85	66	25,66	82	37,72	4,5	344,04

Quadro 7 - Nº de peças e tempo de processamento de cada tipo de carcaça, preparação e produção para diferentes volumes de produção em unidades de carcaça e tempo em horas.

A seguir serão determinados os custos fixos e variáveis com base nos dados e fórmulas previamente definidas.

3.4.1 - Custos fixos

Com base nos dados apresentados no apêndice 8, referentes às características da máquina, busca-se determinar o custo fixo do grupo de máquinas C N.

A determinação dos custos é facilitada neste caso, porque o grupo de máquinas C N constitui-se de apenas centros de usinagem.

O custo fixo das máquinas C N é o somatório de determinadas parcelas fixas.

$$CFCN_n = \sum_{i=1}^m (CEF_i + CMO_i + CCA_i + CF_i) \quad n = 1, 2, 3 \quad (10)$$

onde:

$CFCN_n$ = custo fixo do grupo de máquinas C N ao volume de produção "n"

m = número de máquinas C N necessárias ao atendimento do volume de produção "n" da empresa.

Os cálculos desenvolvidos para obtenção do custo fixo nos diferentes níveis de produção, bem como de suas parcelas, estão apresentadas no apêndice 9.

A seguir estão apresentados os custos fixos para os três volumes de produção:

n=1 $CFCN_1 = \text{Cr\$ } 421.913,41/\text{mês}$ (volume mínimo)

n=2 $CFCN_2 = \text{Cr\$ } 595.408,61/\text{mês}$ (volume médio)

n=3 $CFCN_3 = \text{Cr\$ } 595.408,61/\text{mês}$ (volume máximo)

A variação do custo fixo entre os níveis de produção mínimo e médio é decorrente da entrada em operação do segundo turno para atender a nova carga de máquina. Com isto as parcelas formadoras do custo fixo variam devido as mudanças dos seus componentes (taxa de retorno, índice de depreciação, nº de operários).

3.4.2- Custos variáveis

O custo variável do grupo de máquinas C N é facilmente determinado, uma vez que considera-se não acontecerem fugos resultantes de erros de fabricação. Além disso, o lote é processado totalmente em um mês ou período de fabricação não havendo custo de estocagem intermediária.

$$\text{CVCN}_{nk} = \text{CO}_{nk} \quad \begin{array}{l} n = 1,2,3 \\ k = 1,2,3 \end{array} \quad (11)$$

CVCN_{nk} = custo variável de "i" máquinas C N para atender o volume de produção "n" nos níveis de ociosidade "k".

Com base nos dados apresentados no apêndice 8 e a carga de máquina necessária para o processamento dos lotes de peças apresentada no quadro 6, determinou-se os custos variáveis para os diferentes volumes de produção "n" e níveis de ociosidade "k", aplicando-se a fórmula (10). Estes valores encontrados estão apresentados no quadro 8

Níveis de Ociosidade "k" / Volumes de produção "n"	1 (0% de ociosidade)	2 (50% aproveitamento)	3 (100% de ociosidade)
1	- 38455,65	-19227,82	0
2	-190103,08	-95051,54	0
3	- 29540,07	-14770,03	0

Quadro 8 - Custos variáveis para distintos níveis de ociosidade "k" e volumes de produção "n" (em Cr\$)

Os valores referentes a determinação dos custos variáveis estão apresentados no apêndice 9 .

As parcelas de custos variáveis têm sinal negativo uma vez que são decorrentes de uma receita advinda da locação das horas ociosas, são consideradas um custo negativo.

3.4.3 - Custos totais de produção C N .

Uma vez definidos os custos fixos e variáveis para os diferentes volumes de produção "n" e níveis de ociosidade "k" determina-se os custos de produção C N para fins de comparação entre os grupos de máquinas.

O custo de produção do grupo de máquinas C N é calculado segundo a fórmula:

$$CPCN_{nk} = CFCN_n + CVCN_{nk} \quad n = 1,2,3,; k = 1,2,3 \quad (12)$$

onde:

$CPCN_{nk}$ = custos de produção do grupo de máquinas com C N para um volume de produção "n" e um nível de ociosidade "k".

Os valores estão apresentados no quadro 9) em Cr\$.

Nível de Ociosidade (K) Volume de Produção (n)	1	2	3
	(0%)	(50%)	(100%)
1	383457,76	402685,59	421913,41
2	405305,53	500357,07	595408,61
3	565868,54	580638,58	595408,61

Quadro 9 - Custos de produção do grupo de máquinas C N, para diferentes níveis de ociosidade "k" e volume de produção "n", (em Cr\$).

3.5 - Custo de produção do grupo de máquinas convencionais

O grupo de máquinas convencionais definido no apêndice 8 possui um número de máquinas maior que o número existente no grupo de máquinas comandado numericamente. Este fato, acrescido do aumento de parcelas do custo variável, torna relativamente mais complexa a determinação do custo de produção para fins de comparação com o grupo de máquinas C N.

Com base nos dados apresentados no quadro 6 e os tempos de fabricação apresentados capítulo anterior, obtidos por cronometragem das diferentes operações necessárias para a fabri

cação das carcaças, determinam-se os tempos necessários para a fabricação dos lotes das carcaças. Cabe, antes da apresentação dos resultados, lembrar que os lotes de produção possuem em média 5% a mais das carcaças que as necessárias para compensar as carcaças refugadas durante o processo de fabricação. Além disso, os lotes das carcaças 2C1 e 3C1 são processados em 2 meses.

O quadro 10 apresenta as quantidades de carcaças que devem ser produzidas para os diferentes volumes de produção "n" da empresa. No quadro 11, têm-se para os volumes de produção "n" os tempos de fabricação, preparação e carregamento dos diferentes tipos de máquinas.

Carcaças Volume (n)	2C1	3C1	5C1	6C1
1	264	147	35	43
2	376	209	50	61
3	527	293	70	86

Quadro 10 - Diferentes volumes mensais de produção das carcaças

Volume de produção (n)	Máquina i	Tempo de fabricação	Tempo de preparação	Carga de máquinas
1	T	88,78	6	94,78
	FR	231,9	12,5	244,40
	FU	208,64	6,8	215,44
2	T	126,44	6	132,44
	FR	328,86	12,5	341,36
	FU	296,84	6,8	303,64
3	T	177,21	6	183,21
	FR	461,43	12,5	473,93
	FU	416,54	6,8	423,34

Quadro 11- Tempos de fabricação, preparação e carregamento das máquinas em horas, para os diferentes níveis de produção.

3.5.1 - Custos fixos

Com base nos dados apresentados no apêndice 8, referentes às características da máquina, busca-se determinar os custos fixos do grupo de máquinas convencionais.

O cálculo dos custos fixos do grupo de máquinas convencionais é relativamente mais complexo e com maiores variações que do grupo de máquinas com C N, uma vez que existe um maior número de máquinas e, conseqüentemente, alcança-se o limite de carregamento das máquinas com maior frequência.

O custo fixo das máquinas convencionais é o somatório das seguintes parcelas fixas:

$$CFMC_n = \sum_{i=1}^m (CEF_i + CMO_i + CCA_i + CF_i) \quad n = 1, 2, 3 \quad (13)$$

onde:

$CFMC_n$ = custo fixo do grupo de máquinas convencionais ao volume de produção "n"

m = número de máquinas convencionais necessárias para o atendimento do volume de produção "n" da empresa.

Os cálculos desenvolvidos para obtenção dos custos fixos nos diferentes níveis de produção, bem como de suas parcelas estão apresentadas no apêndice 9.

A seguir são apresentados os custos fixos para os diferentes níveis de produção:

$$n=1 \quad CFMC_1 = \text{Cr\$ } 393.928,7 \text{ (volume mínimo)}$$

$$n=2 \quad CFMC_2 = \text{Cr\$ } 393.928,7 \text{ (volume médio)}$$

$$n=3 \quad CFMC_3 = \text{Cr\$ } 503.053,55 \text{ (volume máximo)}$$

Com o aumento do volume de produção há um conseqüente acréscimo da carga de máquinas. Devido a isto, certas máquinas devem operar em 2 turnos o que causa uma variação no custo fixo do equipamento, resultante das variações dos componentes das diferentes parcelas do custo fixo. Estas variações são observadas nas figuras 7, 8 e 9.

3.5.2 - Custos variáveis

As parcelas de custos variáveis que ocorrem no grupo de máquinas convencionais são em maior número que as do grupo de máquinas comandadas numericamente, existem refugos resultantes de erros de fabricação, bem como as carcaças 2C1 e 3C1 são fabricadas em 2 meses, provocando um custo de estoque intermediário.

$$CVMC_{nk} = CO_{nk} + \sum_{j=1}^4 (CRE_{nj} + CEI_{nj}) \quad \begin{array}{l} n = 1,2,3 \\ k = 1,2,3 \end{array} \quad (14)$$

onde:

$CVMC_{nk}$ = custo variável da máquina convencional "n" produzindo a carcaça "j" a um índice de ociosidade "k" e um volume de produção "n".

m = número de máquinas convencionais necessárias ao atendimento do volume de produção "n" da empresa.

Com base nos dados apresentados no apêndice 8, e nos dados apresentados no quadro 11 relativo à carga de máquina necessária para o processamento dos lotes de peças determinam-se os custos variáveis para os diferentes volumes de produção "n" aplicando-se a fórmula (14).

Os valores encontrados estão apresentados no quadro 12.

Nível de ociosidade "k" / Volume de produção (n)	1 (0%)	2 (50%)	3 (100%)
1	-123763,85	-40352,57	43058,7
2	- 14132,85	23559,8	61252,46
3	6494,05	46252,03	86010,02

Quadro 12- Custo variável de produção em Cr\$ para diferentes níveis de ociosidade "k" e volumes de produção "n".

Os cálculos referentes a determinação dos custos variáveis estão no apêndice 9.

O custo variável negativo é decorrente da parcela referente ao custo de ociosidade. Quando esta parcela é maior que a soma das outras parcelas o custo é negativo uma vez que ela significa uma receita advinda da locação das horas ociosas do equipamento.

3.5.3 - Custos de produção das máquinas convencionais

Uma vez definidos os custos fixos e variáveis para os diferentes volumes de produção "n" e níveis de ociosidade "k", determinam-se os custos de produção MC para fins de comparação com o grupo de máquinas C N. O custo de produção do grupo de máquinas convencionais é a soma dos custos fixos e variáveis.

$$CPMC_{nk} = CFMC_n + CVMC_{nk}$$

$$n = 1, 2, 3$$

$$k = 1, 2, 3$$

(15)

onde:

$CPMC_{nk}$ = custos de produção do grupo de máquinas convencionais para um volume de produção "n" e um nível de ociosidade "k".

Os valores encontrados estão apresentados no quadro

13 .

Nível de ociosidade "k" / Volume de produção "n"	1 (0%)	2 (50%)	3 (100%)
1	270164,85	353576,13	436987,4
2	379725,85	417488,5	455181,16
3	509547,6	549305,58	589063,57

Quadro 13- Custo de produção do grupo de máquinas C N, para diferentes níveis de ociosidade "k" e volume de produção "n", em Cr\$

3.6 - Comparação entre os grupos de máquinas

Com base nos dados apresentados anteriormente é possível efetuar-se a comparação entre os dois grupos de máquinas. Esta comparação deve considerar tanto aspectos econômicos quanto aspectos técnicos.

As figuras 7, 8 e 9 apresentam as curvas dos custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e comandadas numericamente relativamente ao volume de produção mensal, para ca

da um dos três níveis de ociosidade "k" considerados.

No eixo das ordenadas têm-se os custos de produção em Cr\$/mês. O eixo das abcissas apresenta o índice da demanda das diferentes carcaças. O índice 1 no eixo horizontal, representa 358 carcaças 2C1, 199 carcaças 3C1, 47 carcaças 5C1 e 58 carcaças 6C1 que por sua vez é igual a demanda média mensal (quadro 5).

Observando-se as figuras 7, 8 e 9, nota-se que os custos de produção com máquinas C N são de uma maneira geral, superiores aos custos de produção das máquinas convencionais. Isto é devido basicamente aos elevados custos fixos das máquinas C N, os quais não foram compensados devido aos baixos custos variáveis verificados na fabricação das carcaças com máquinas convencionais.

A seguir serão discutidos os aspectos econômicos e técnicos da análise comparativa dos dois grupos de máquinas considerados.

3.6.1 - Aspectos econômicos

Os aspectos econômicos são de grande interesse quando da seleção entre diferentes alternativas sendo, em muitos casos, os fatores decisivos.

Os equipamentos comandados numericamente possuem um custo consideravelmente elevado em comparação às máquinas convencionais devido a sua complexidade construtiva, características técnicas e qualidade.

Quando do cálculo dos custos de produção foram considerados três níveis de ociosidade "k" dos equipamentos. Considera-se este custo de ociosidade uma vez que os grupos de máquinas poderiam operar com carga de máquina menor que a sua capacidade. Considera-se que estas horas disponíveis não ficariam ociosas, poderiam ser locadas a terceiros ou utilizados pela fábrica já que

novas peças poderiam ser acrescentadas ao grupo de máquinas.

a) Nível de ociosidade 1

Quando aloca-se todas as horas disponíveis, o comportamento dos custos de produção, dos grupos de máquinas convencionais ou comandadas numericamente, para diferentes volumes de produção está apresentado na figura 7. Inicialmente o custo de produção do grupo comandado numericamente é menor devido ao fato da não possibilidade da alocação das máquinas convencionais que não estão em operação (1 Fresadora e 1 Furadora). A entrada em operação destas máquinas provoca a redução dos custos de produção como ocorrido nos pontos "A" e "B".

Entre os volumes de produção 0,63 e 0,77 a diferença entre os custos de produção diminui, aumentando após a entrada em operação do segundo turno da máquina C N.

Nos volumes 1,3 a 1,4 os custos de produção tendem a aproximar-se, mas deve-se observar que a capacidade de máquina do grupo de máquinas C N está quase esgotada. A partir do volume 1,57 é necessário o acréscimo de mais um CDU no grupo de máquinas C N, o que acarretará um aumento substancial dos custos de produção para este grupo de máquinas.

b) Nível de ociosidade 2

Quando têm-se a possibilidade de alocar-se apenas 50% das horas ociosas, as curvas dos custos de produção têm comportamento apresentado na fig 8.

O custo de produção do grupo de máquinas C N é constantemente maior que o custo de produção do grupo de máquinas convencional. As diferenças são relativamente constantes exceto a partir do volume de produção 0,77 quando há o início de operação

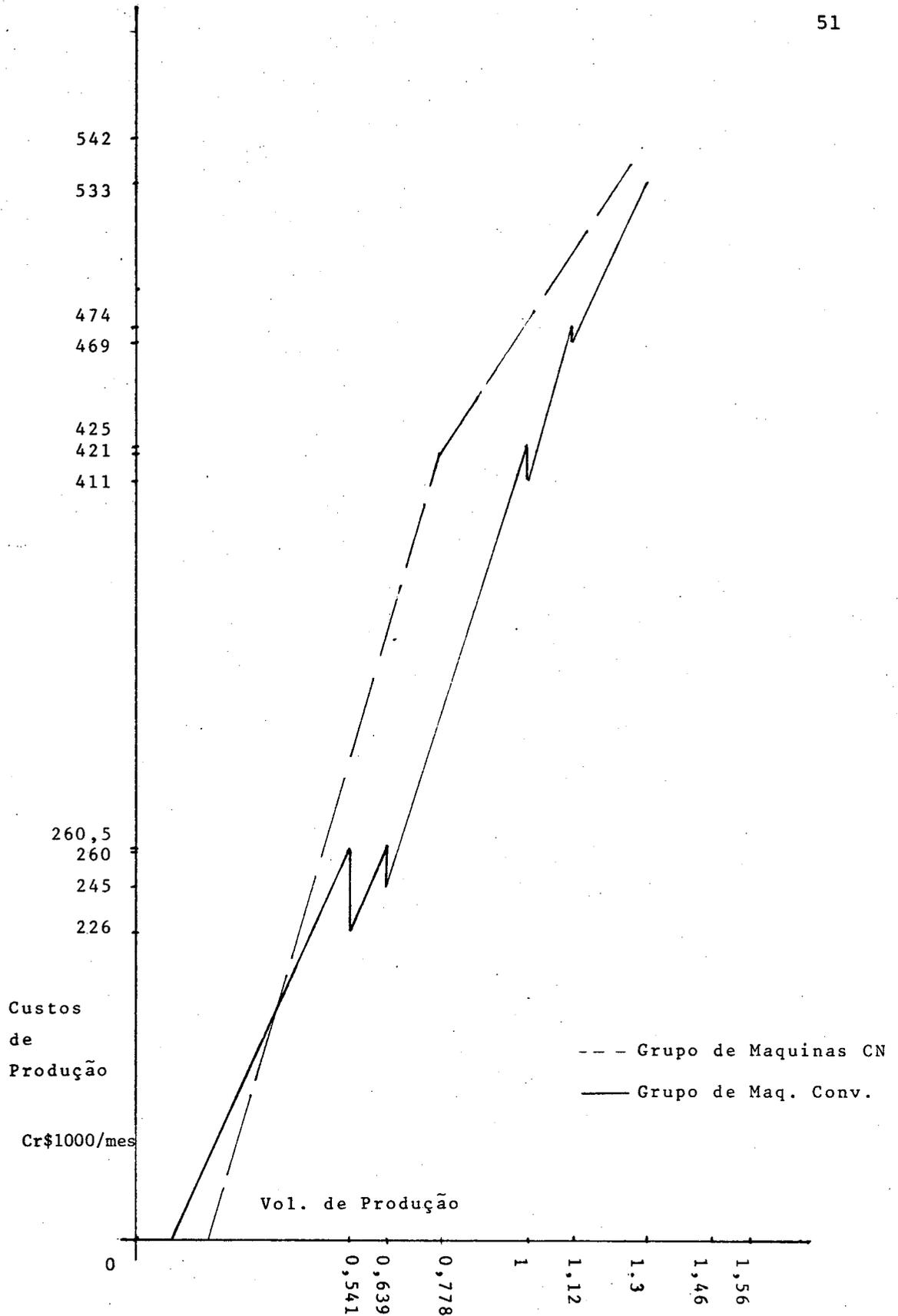


Figura 7 - Custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e CN relativamente ao volume de produção mensal para nível de ociosidade 1 .

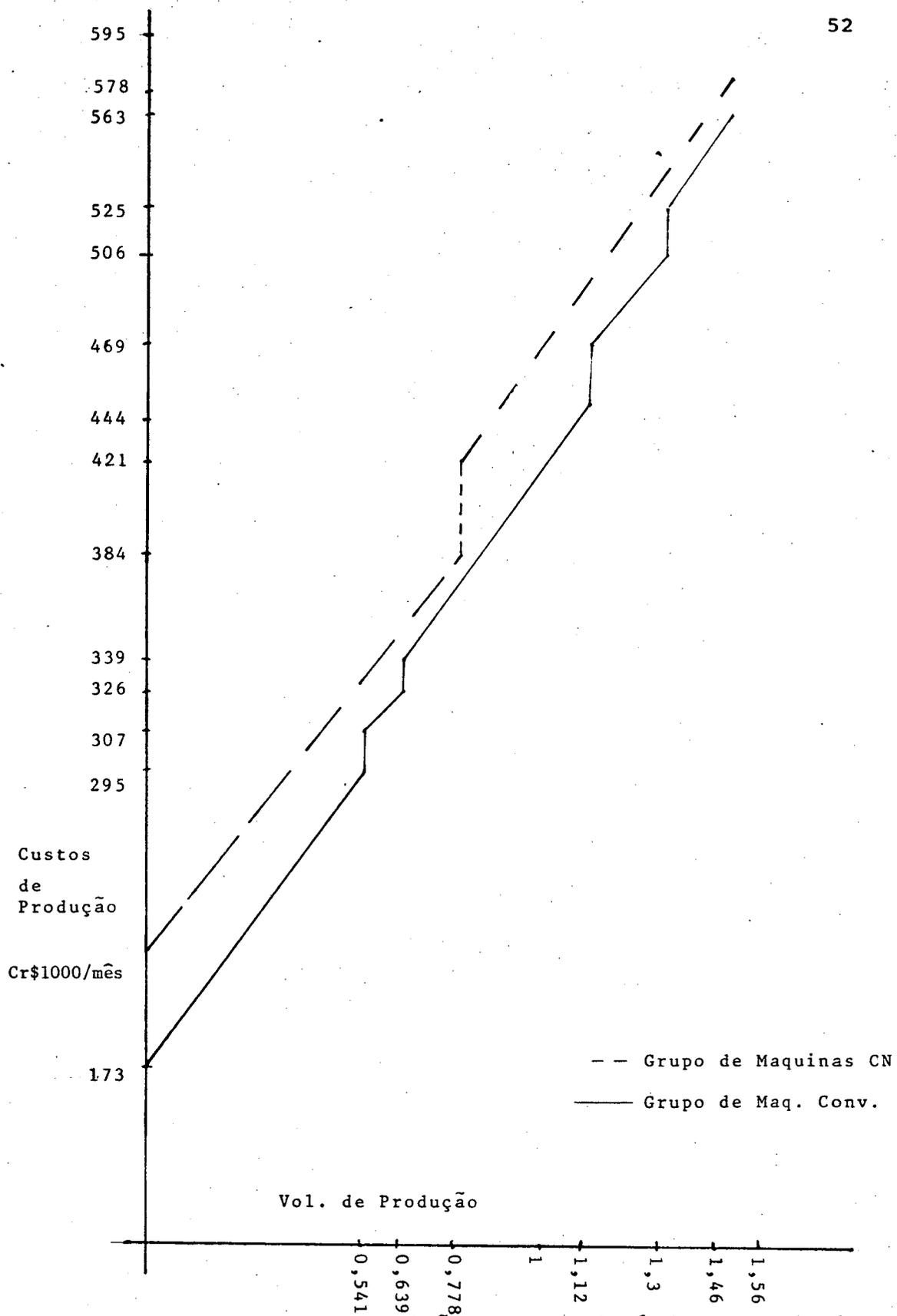


Figura 8 - Custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e CN relativamente ao volume de produção mensal para nível de ociosidade 2.

do segundo turno da máquina C N. Este fato aumenta os custos fi xos da máquina C N e devido ao nível de ociosidade considerado o reflexo é grande sobre os custos de produção. Nos volumes de produção próximos à capacidade de carga máxima da máquina C N , têm-se uma aproximação entre os dois custos de produção, uma vez que a máquina C N está com poucas horas ociosas, ao contrário do equipamento convencional.

c) Nível de ociosidade 3

Neste nível não é considerada a locação a terceiros de nenhuma hora ociosa. Sob esta suposição, as curvas dos custos de produção têm as formas apresentadas na figura 9 .

Neste caso, os custos de produção das máquinas con vencionais são superiores aos custos fixos do grupo de máquinas C N para volumes de produção próximos aos pontos de máxima carga quer operando em 1 ou 2 turnos.

Com base nas curvas apresentadas anteriormente, ob serva-se que o grupo de máquinas com comando numérico têm eleva dos custos fixos devendo operar sempre próximo ao limite de carre gamento. A diferença entre os custos fixos dos grupos de máquinas com comando numérico e grupo de máquinas convencionais devem ser cobertos pelos custos variáveis para justificar a utilização de máquinas CN, não ocorrendo no presente caso, devido a fatores como:

- baixo custo de matéria prima utilizada;
- bom balanceamento da carga de máquinas convencio nais;
- havia grande número de operações de roscamento nas carcaças, o que não possibilitava uma redução dos tempos de fabricação;
- baixo custo dos estoques intermediários;
- baixo custo de mão-de-obra empregada.

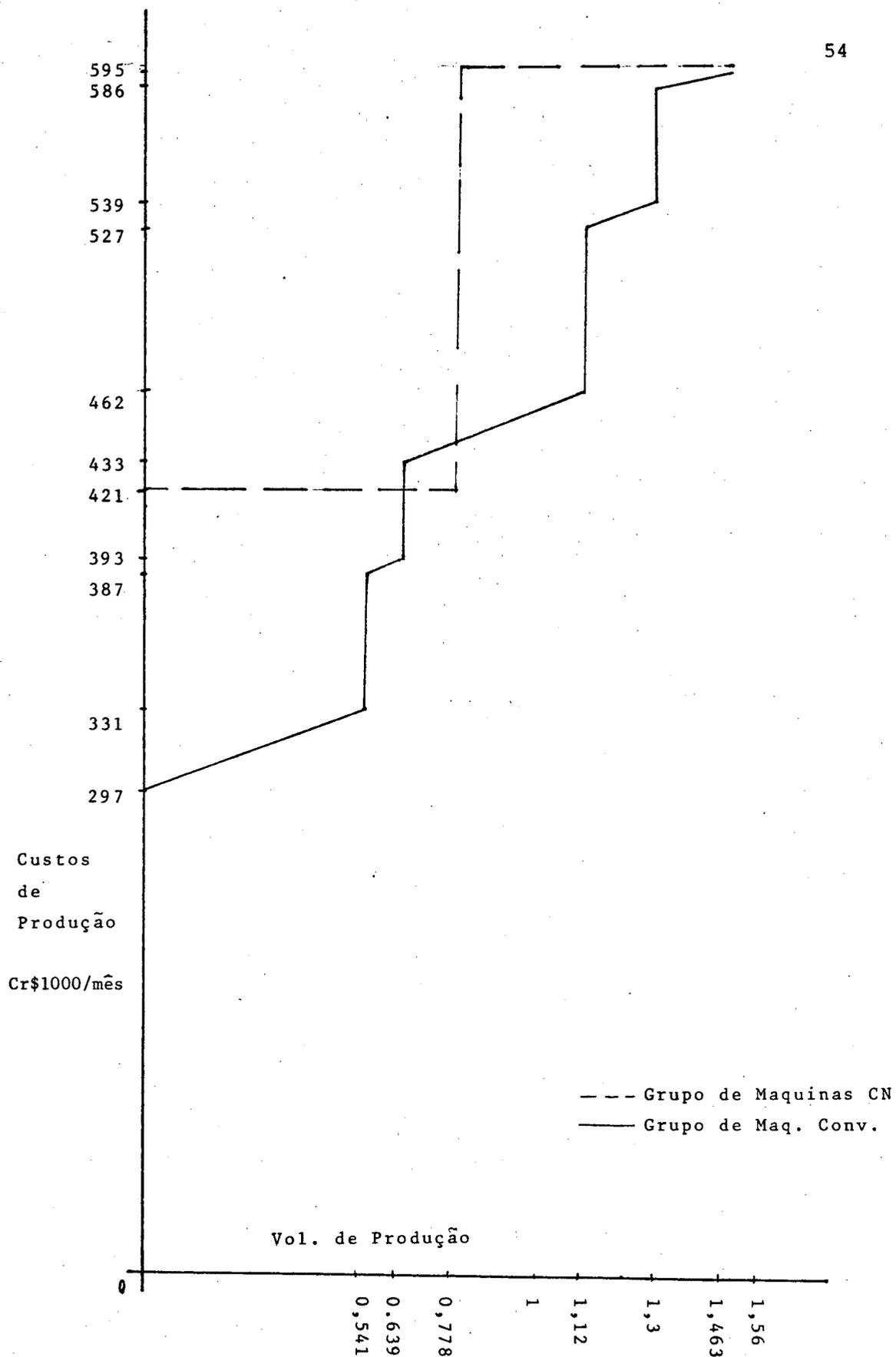


Figura 9 - Custos de produção dos grupos de máquinas convencionais e CN relativamente ao volume de produção mensal para nível de ociosidade 3.

3.6.2 - Aspectos técnicos

A fabricação de peças utilizando máquinas C N traz inúmeras vantagens técnicas (apêndice 1), as quais aumentam, de certo modo, quando adota-se tecnologia de grupo.

No caso analisado, houve inúmeros benefícios quando da fabricação do grupo de máquina C N.

a) Redução dos tempos de fabricação das carcaças: a utilização de máquinas C N proporciona redução de até 80% conforme mostrado no quadro 14). A redução dos tempos não foi maior devido as inúmeras operações de roscamento existentes nas carcaças.

Equipamentos \ Carcaças "j"	2C1	3C1	5C1	6C1
	CN	19,52	25,16	20,05
MC	59,2	52,6	85,77	124,32

Quadro 14 - Tempos de fabricação em minutos para fabricação das carcaças nos diferentes grupos de máquinas.

- b) Redução dos tempos de preparação na ordem de 82%: de 25,3 horas no grupo convencional para 4,5 horas no grupo C N.
- c) Eliminação dos refugos provenientes de erros da fabricação porque, uma vez acertado o programa, a repetibilidade é de 100%.
- d) Aumento da qualidade do produto
- e) Eliminação dos estoques intermediários.

f) Maior flexibilidade do grupo de máquinas C N em relação ao grupo de máquinas convencionais, quer para efetuar-se mudanças no projeto das carcaças como para introduzir novas peças no grupo de peças, visando diminuir a ociosidade do equipamento. Desta forma, têm-se maiores facilidades de adaptação a mudanças da linha de produção quando trabalha-se com máquinas CN.

Estas vantagens técnicas têm, de alguma forma, reflexos indiretos sobre os custos fixos e variáveis de produção. No presente trabalho, devido à fatores apresentados anteriormente, estas vantagens técnicas não trouxeram uma justificativa econômica para adoção de máquinas C N na fabricação destes grupos de peças .

O grupo de máquinas C N tornaria-se mais vantajoso que o grupo de máquinas convencionais no presente trabalho, caso houvesse modificações como:

- variação dos volumes de produção com o aumento dos lotes de carcaças 6Cl, 5Cl e diminuição dos lotes das carcaças 3Cl;
- aumento do custo de mão-de-obra;
- diminuição da taxa de retorno do capital investido na empresa;
- aumento dos refugos;
- aumento no custo da matéria prima.

C A P I T U L O IV

4. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES

4.1 - Conclusões

No presente trabalho, busca-se analisar a fabricação de um determinado grupo de peças em um grupo de máquinas convencionais comparativamente a outro de máquinas comandadas numericamente. Mediante esta análise têm-se as seguintes conclusões:

i) que as máquinas C N trazem uma grande flexibilidade ao sistema produtivo, principalmente quando adota-se arranjo físico em grupo, uma vez que este equipamento, possui uma grande versatilidade e flexibilidade na fabricação de peças, possibilitando ainda um fácil e simples planejamento da produção.

ii) as máquinas de comando numérico trazem inúmeros benefícios e vantagens quando utilizadas na fabricação de peças caracterizadas por:

- formas complexas;
- um alto grau de precisão na fabricação;
- difícil e caro manuseio;
- produção em lotes médios e pequenos;
- alto custo de matéria prima;
- altos custos de estocagem intermediária;

a não ocorrência de uma destas características diminui o potencial da utilização de máquinas CN.

iii) o elevado investimento inicial necessário à instalação de máquinas C N dificulta muito sua utilização em empresas pequenas e médias, aumenta consideravelmente os custos de produção devido aos elevados custos fixos. A diferença de custos entre os equipamentos C N e convencionais é compensada por fatores como aumento da produtividade, redução considerável dos tempos de fabricação e de preparação, redução dos números de dispositivos, e diminuição do manuseio das peças redução ou eliminação dos estoques.

No presente trabalho, devido a fatores como custo de matéria prima (baixo), custo de refugos (baixo), custo de estocagem (baixo), distribuição de carga de produção nas máquinas convencionais (ótimo) o custo de produção das máquinas convencionais é menor que o custo de produção das máquinas C N na maior parte dos diferentes níveis de demanda considerados.

iv) a utilização de computadores no auxílio da programação de máquinas C N é de grande valia. Traz uma maior facilidade e simplicidade na execução do programa de fabricação das peças não exigindo uma definição prévia da máquina, de seus dispositivos de fixação e das ferramentas que serão utilizadas. Além disso, as modificações que devem ser efetuadas no programa de fabricação das peças devido a mudanças de projeto são mais simples e fáceis de serem efetuadas.

Outro ponto importante é a possibilidade de montar-se um programa para usinar, uma peça baseado em subrotinas, o que torna simples a programação de peças do

mesmo grupo. Deve-se por^{em}, observar que para a programação com apoio de computadores é necessário uma infra-estrutura de técnicos e equipamentos computacionais e que dificulta e onera a utilização de máquinas C N.

v) Observa-se que o emprego de máquinas C N provoca uma redução no pessoal empregado diretamente no sistema produtivo é a necessidade simultânea de uma melhor qualificação técnica dos operadores, resultando em custos totais da mão-de-obra necessária perman^{çam} aproximadamente constantes. Desta forma tem-se enfim, uma troca de quantidade por qualidade o que exigirá uma realocação do pessoal disponível, sujeito ainda a um treinamento específico.

vi) o carregamento de um grupo de máquinas convencionais é relativamente mais complexo e difícil que o de máquinas C N devido ao maior número de máquinas e fixações necessárias no processamento com aquelas. Outro fator agravante é a diferença que existe entre as várias cargas de máquina podendo, por isto, haver maior ociosidade no caso de máquinas convencionais.

vii) deve-se observar que a adoção de máquinas C N traz uma modificação substancial na empresa, uma vez que, as características de sua utilização são consideravelmente diferentes das características das máquinas convencionais. Por esta razão, deve-se analisar detalhadamente o produto a ser fabricado, a estrutura organiza^{cional} de empresas e sua situação econômica antes da

opção por máquinas C N. Quando mais sofisticada a técnica, maiores são os problemas que surgem da sua má utilização.

4.2 - Sugestões para próximos trabalhos

Recomenda-se para o desenvolvimento de novos trabalhos nesta área, os seguintes assuntos:

- Estudo analítico sobre a viabilidade da adoção de técnicas de produção de família de peças e tecnologia de grupo em uma empresa;
- Desenvolvimento de trabalhos em sistemas CAD/CAM relacionados a teoria de família de peças e tecnologia de grupo .
- Desenvolvimento de uma metodologia que auxilie a determinar o ponto ótimo para se iniciar programação com apoio de computadores .
- Análise da utilização de máquinas C N em diferentes arranjos físicos e estruturas organizacionais;
- Análise de um grupo de máquinas mixto (convencional + C N) comparativamente a grupos de máquinas convencionais e C N.
- Estudo dos reflexos sócio-econômicos da adoção de máquinas C N no Brasil.

4.3 - Limitações

O presente trabalho, devido a vários fatores, possui determinadas limitações que devem ser consideradas:

- A impossibilidade de utilizar-se um grupo de máquinas mixto, com máquinas comandadas numericamente e máquinas convencionais;

- O fato de não haver-se comparado a fabricação de peças em diferentes estruturas organizacionais (arranjo físico em linha ou funcional);
- O fato de haver-se analisado apenas um grupo de peças e não vários grupos de peças para haver uma melhor caracterização das vantagens e desvantagens;
- A simulação dos tempos de fabricação com máquinas C N caracterizando uma aproximação dos tempos de usinagem em máquinas C N.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. BARTORELLI, Momi. Il controllo numerico delle Machine Utensili. 2.ed. Milano, Stammer, 1980.
02. BORBA, Mirna de. Estudo de trabalho e Arranjo Físico. Florianópolis, DACTEC, 1981.
03. BUFFA, Elwood S. Administração da Produção. Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos, 1972. 2v.
04. BURBIDGE, John L. The Introduction of Group Thecnology. London, Willian Heinemann Ltd, 1975.
05. CHILDS, James J. Principles of Numerical Control. 2.ed. New York, Industrial Press INC, 1969.
06. CONSTABLE, Charles John. Operations Management. London, John Willey & Sous Ltd, 1976.
07. CORKE, D.K. Production Control in Managemente. London, Edward Arnold Publishers Ltd, 1977.
08. BRASIL. Departamento de Engenharia de Marketing. O Comando numérico e sua aplicação. Santa Barbara D'Oeste, Romi, 1979.
09. DE VRIES, May A., et alii. Management Guide to CN. Princeton, Numerical Control Society, 1971.
10. FALQUETO, Jovelino. Implementação de um Sistema de Programa de Máquinas com Comando Numérico (EXAPT) em mini-computador Nacional: Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1981. Dissertação de Mestrado.

11. FLEISCHER, Gerald A. Teoria da aplicação do capital: um estudo das decisões de investimento. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1973.
12. FERRARESI, Dino. Usinagem dos Metais. São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda, 1977.
13. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo dicionário português. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1975.
14. FERREIRA, Aureo C. & HIRSCH, Bernd E. Programação de Máquinas CN com Auxílio de Computador. São Paulo, Máquinas & Ferramentas, 1981. 104-115p.
15. FERREIRA, Aureo C. Programação de Centros de Usinagem com Comando Numérico. Florianópolis, GRUCON-UFSC, 1981.
16. FERREIRA, Aureo C. Curso de Introdução ao Comando Numérico, Programação: EXAPT-Básico. Florianópolis, GRUCON-UFSC, 1981.
17. FERREIRA, Aureo C., et Alli. Manual Básico de Controle Numérico de Máquinas-Ferramentas. Florianópolis, GRUCON-UFSC, 1980.
18. GALLAGHER, C.C. & KNIGHT W.A. Group Technology. London, Butterworth & Co Publishers Ltd., 1973.
19. KRICK, Edward V. Métodos e Sistemas. Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos, 1971.
20. LEONE, Willian C. Production Automation and Numerical Control. New York, the Ronald Press Company, 1967.
21. LESLIE, W.H.P. Numerical Control User's Hand Book. London, McGraw-Hill, 1970.

22. MACHILINE, Claude et alii. Manual de Administração da Produção. Rio de Janeiro, Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1979.
23. RASQUIES, Jean Claude. El control numerico en las empresas francesas pequenas y medias: In: —. 1º Congresso Nacional de Investigacion diseño y utilizacion de Máquinas-Herramenta. San Sebastian.
24. SMITH, Donald & EVANS, Larry. Management Standards for Computer & Numerical Controls. Michigam, The University of Mighigan, 1977.
25. STEMMER, Caspar E. Novos rumos e perspectivas na automação de indústria mecânica. Florianópolis, UFSC, 1980.
26. WAVARRO, Tomas L. Automatismo y Control. e.ed. Ed.Gustavo Gili, Barcelona, 1975.
27. ZABALETA, Valerio I. & ZUGASTI, Ricardo Echepare. Estrategie e Plan de Implantacion de la Tecnologia de grupo em uma empresa: In: —. 1º Congresso Nacional de investigacion diseño y utilizacion de Máquinas-Herramenta. San Sebastian.
28. ZACCARELLI, Sergio Batista. Programação e Controle da Produção. 4.ed. São Paulo, Pioneira, 1976.
29. ZUGASTI, Ricardo E. La Tecnologia de la Optimizacion: In: —. 1º Congresso Nacional de investigacion diseño y Utilizacion de Máquinas-Herramenta. San Sebastian.
30. ZUGASTI, Ricardo E. Tecnologia de Grupos y formacion de familia de pizzas. In: —. 1º Congresso Nacional de investigacion diseño y utilizacion de Máquinas-Herramenta. San Sebastian.
31. ZUGASTI, Ricardo E. Tecnologia de Grupos y Control numerico: —. 2º Congresso Nacional de investigacion diseño y utilizacion de Máquinas-Herramenta. San Sebastian.

32. I SEMINÁRIO de Comando Numérico no Brasil. São Paulo, maio, 1981.

33. ANAIS. São Paulo. Máquinas & Ferramentas. Maio, 1981.

• A P Ê N D I C E 1

1. ASPECTOS MODERNOS DA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL

1.1 - Comando numérico

Em toda a fabricação de peças, o homem busca o auxílio de instrumentos que facilitem a execução das operações necessárias. Com o passar do tempo, estes instrumentos foram sendo desenvolvidos e aprimorados, resultando num menor número de operações e exigindo menor esforço físico. Contudo, a medida que a sofisticação aumenta, estes instrumentos requerem comandos e controles mais elaborados.

Um exemplo de equipamento utilizado pelo homem para auxiliá-lo em operação de fabricação é o torno, que de um rústico equipamento acionado pelo homem evoluiu a sofisticadas máquinas operatrizes comandadas numericamente.

As operações de usinagem necessitam de comandos tecnológicos, referentes ao processo de fabricação, e geométricos, referentes às dimensões, tolerâncias e grau de acabamento das peças.

A evolução do torno iniciou com a simplificação e automatização dos comandos tecnológicos (comes, porta-ferramentas, formas distintas de acionamento, utilização de motores elétricos, utilização de polias e engrenagens para modificação de velocidades, sistemas de troca de ferramentas e outros). Surgiram também, elementos que auxiliaram e simplificaram os comandos geométricos (sistema copiativo, batentes reguláveis de fim de curso, definição de trajetória da ferramenta mediante comes e outros mecanismos de comando mecânico ou hidráulico).

Procurou-se uma interação entre os comandos geométricos e tecnológicos fazendo com que um comando estivesse interligado a outro; por exemplo, quando a torre revolver chegava a um determinado ponto, devido a uma regulação prévia, acionava a ferramenta e a velocidade.

Buscou-se uma simplificação e unificação dos vários comandos tecnológicos e geométricos diminuindo-se o número de alavancas e efetuando-se um estudo ergonômico das mesmas.

Estas formas de comando possibilitaram a construção do primeiro torno automático em 1893 monofuso com cabeçote revolver, horizontalmente disposto. Este tipo vem sendo utilizado até hoje⁽³⁾.

Estas formas de comando possibilitaram um desenvolvimento crescente das máquinas ferramentas e uma consequente melhoria na utilização das mesmas.

Desenvolveram-se então sistemas como o de comando numérico (CN), onde os dados são recebidos em código e transmitidos para a máquina, que executa os movimentos.

Exemplificando: ligar fuso, ligar óleo refrigerante, retirar a peça, trocar ferramenta, movimentar-se em determinadas direções são algumas das mais variadas funções e operações características de cada equipamento.

Pode-se definir comando numérico (CN) como um processo no qual as máquinas são comandadas por mais de uma série de instruções codificadas.

O equipamento de comando numérico possui duas partes distintas: o gabinete, onde são inseridos e compilados os dados, e a máquina, que recebe os comandos e executa as operações.

1.1.1 - Comandos

O comando numérico de uma máquina depende basicamente de dois elementos distintos: as instruções codificadas ou pro

(3) Máquinas e ferramentas, abril-81, pág. 24.

grama e os circuitos eletrônicos que interpretam os códigos e os transmitem à máquina.

As instruções do programa podem ser geométricas, referentes a dimensão, tolerância e grau de acabamento da peça, ou tecnológicas, quando referentes ao processo de fabricação.

As instruções geométricas e tecnológicas tem processamento distinto no gabinete de comando numérico. As instruções tecnológicas após a decodificação são enviadas à interface. As instruções geométricas, após passarem pelo decodificador quando em comando ponto a ponto, são enviadas aos servo-motores enquanto que nos comandos de contorno contínuo as instruções após a decodificação são enviadas ao interpolador que gera instruções para os servo-motores possibilitando o movimento com inter-dependência funcional entre eixos-coordenados, definindo a trajetória de usinagem.

O comparador recebe a informação com a indicação da posição desejada e através do sistema de medição da indicação da posição efetiva. A diferença entre estas duas indicações resulta num comando aos servo-motores (fig. 10).

Existem três tipos básicos de comando numérico, dependendo da aplicação:

- Comando ponto a ponto (fig. 11) - O comando ponto a ponto caracteriza-se por determinar o movimento entre 2 pontos distintos executado, na maior parte dos casos, em avanço rápido, não havendo usinagem nem dependência funcional entre o deslocamento nos diferentes eixos (uso em furadeiras, prensas, estampagem etc).

- Comando por trechos (fig. 12) - O movimento é efetuado com velocidade programável podendo ocorrer o processamento durante o movimento. Este ocorre, porém, em um único eixo por

vez (uso em fresadoras simples com usinagem nos três planos).

- Comando de contornos contínuos (fig. 13) - O movimento é possível em dois ou mais eixos simultaneamente, com dependência funcional e interpolação linear ou circular. Pode controlar os mais variados tipos de equipamentos (Centros de usinagem, tornos, etc).

Existem três concepções básicas distintas, de comando numérico que podem ser utilizados pelos CDU's:

a) Comando numérico (C N), convencional, com circuitos de comandos e de lógica (hardwired) por ligação física, resultando num gabinete específico para cada máquina (fig. 14).

b) Comando numérico computarizado (C N C). O desenvolvimento dos circuitos integrados no início da década de 70, trouxe a simplificação e conseqüente barateamento dos computadores e dos circuitos eletro-eletrônicos, possibilitando a substituição da antiga e rígida fiação dos gabinetes de comando numérico, por uma lógica programável (software). Isto permitiu a programação das funções do gabinete, adequando-o a uma máquina específica. Com a introdução de micro-processadores nos gabinetes obtêm-se inúmeras vantagens; troca de gabinetes entre as máquinas bastando para isto a alteração do programa interno (software), o armazenamento do programa de usinagem em uma memória interna do gabinete podendo-se com isto usar nova peça apenas chamando o programa de memória não havendo a necessidade de repassar a fita. No C N C todo o processamento é coordenado por uma unidade central através de um barramento de dados, e executado segundo um programa interno (software) armazenado numa memória fixa substituindo com muitas vantagens uma parte da fiação (hardware) dos antigos sistemas de comando numérico (fig. 15).

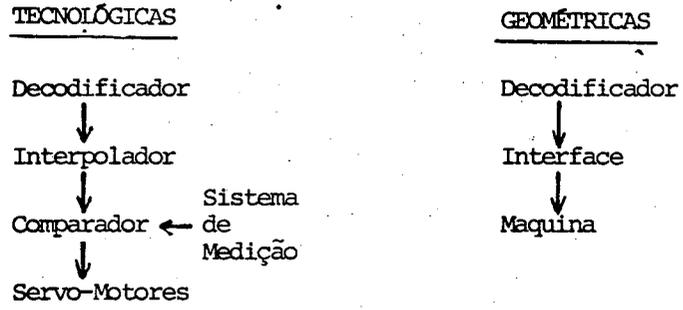


Figura 10- Fluxo das informações geométricas e tecnológicas

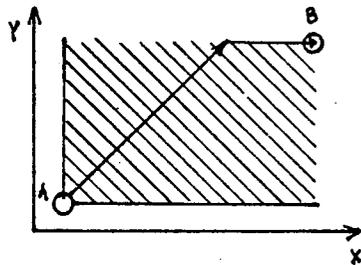


Figura 11 - Comando ponto a ponto

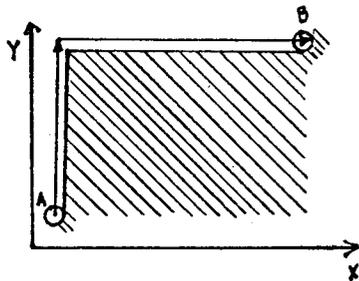


Figura 12 - Comando por trechos

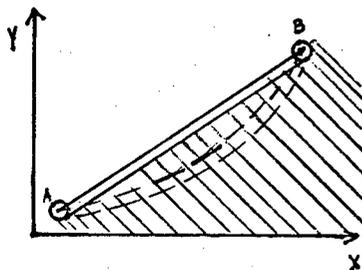


Figura 13- Comando de contornos contínuos

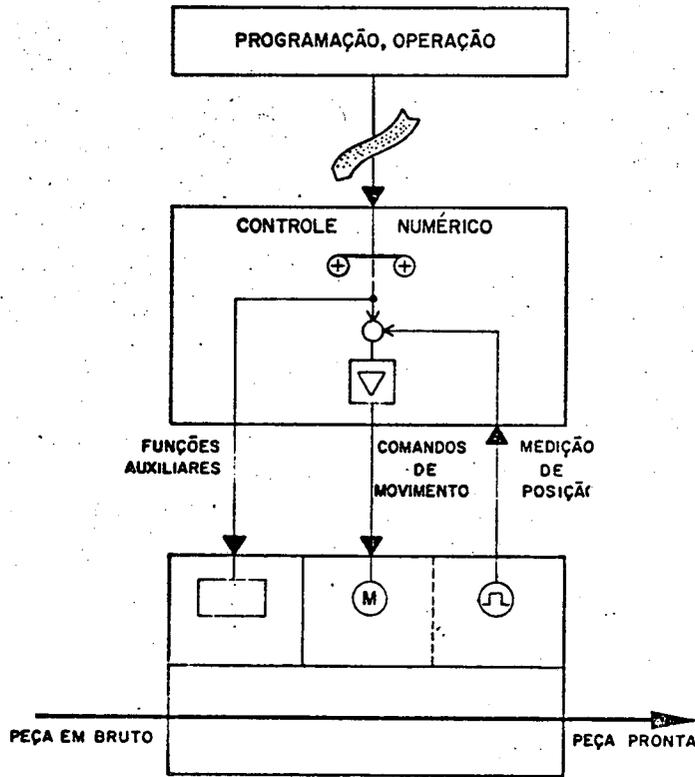


Figura 14 - Sistema de comando numérico

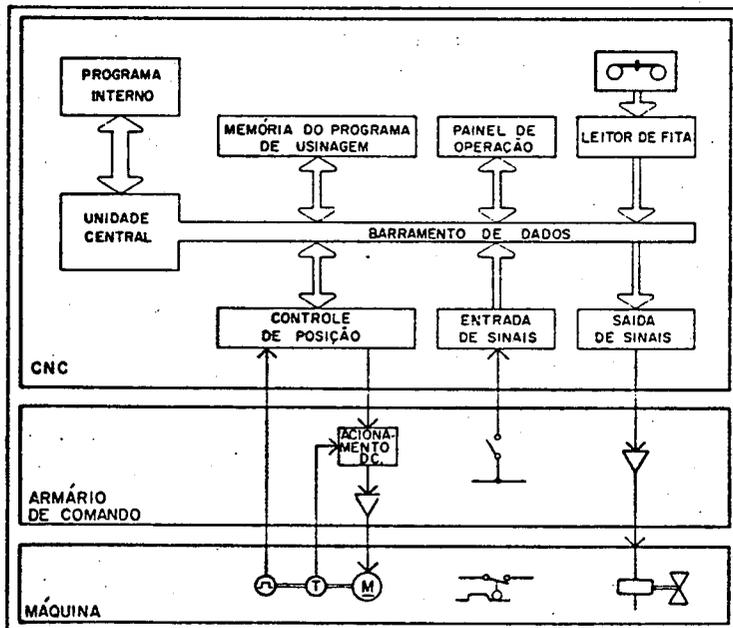


Figura 15 - Sistema de comando numérico computadorizado

c) Comando numérico direto (C N D) - A evolução constante dos computadores e a sua maior capacidade de memória, possibilitou a utilização de computadores num nível superior aos gabinetes de controle. Com a ligação dos gabinetes C N a um computador central é possível incluir um sistema administrativo para o controle e planejamento da produção, levantamento de carga de cada máquina, inventário de peças produzidas, índice de utilização de máquinas etc. A ligação entre o computador e os conjuntos gabinetes-máquina pode ser de três formas:

- Transferir as funções lógicas, de cálculo, de memória, ou mesmo de interpolação para o computador central, barateando sensivelmente o gabinete, mas trazendo o problema de uma falha no computador central paraliza todo o sistema. Outro ponto agravante é o volume de dados que deve ser transferido a diferentes máquinas, distribuição esta necessariamente em tempos reais (fig. 16).

- Não alterar o gabinete e apenas inserir os dados vindos do computador logo após a leitora. Permanecendo a leitora como reserva técnica, havendo uma falha no computador central, os dados podem ser introduzidos em cada máquina por meio de fita perfurada (fig. 17).

- Agregou-se modernamente ao gabinete convencional discos flexíveis para a armazenagem de um grande número de dados. Isto possibilita o envio da carga de trabalho de um determinado período para a máquina, não sendo necessário enviar os dados nos tempos reais nem introduzir novo programa a cada final de processamento de um determinado lote de peças. O sistema também possibilita uma maior liberdade ao computador libertando-o para ser utilizado no projeto de peças, processamento de dados, elaboração de programas, controle e planejamento da produção etc (fig. 18).

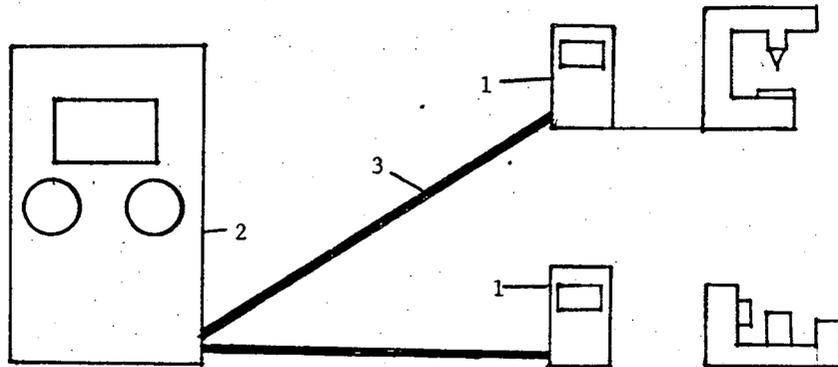


Figura 16 - Gabinetes de comando numérico sem leitora de fita, interpolador, decodificador (1) ; ligados a um computador central (2) que transmite diretamente ao gabinete os dados em tempos reais (3) sistema de transferencia de dados .

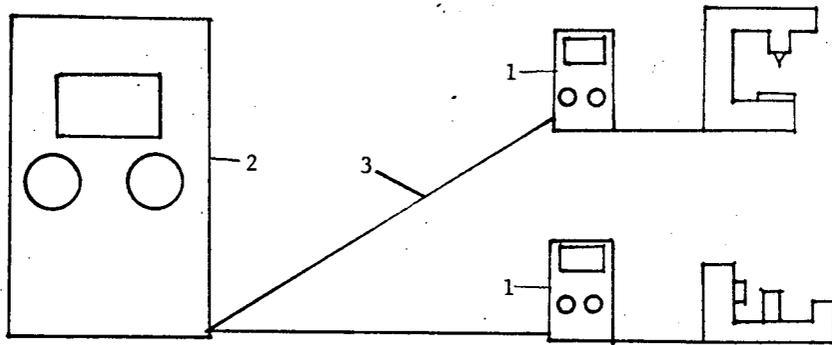


Figura 17 - Gabinetes de comando numérico (1) ligados a um computador central (2) ; a transferencia de dados é em menor volume que no caso anterior não necessitando por esta razão de complexos e caros sistemas de transferencias de dados (3) .

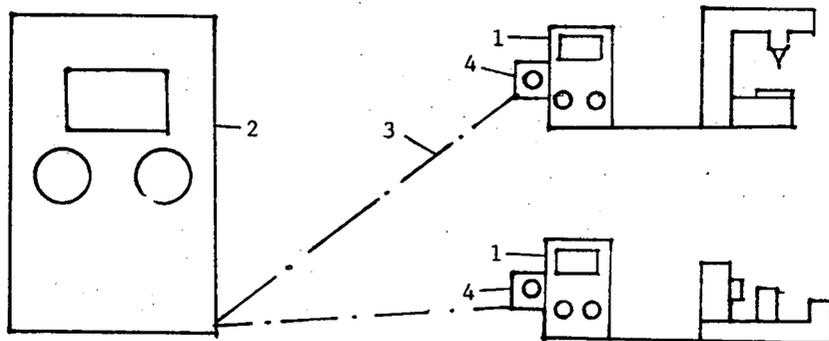


Figura 18 - Gabinete comando numérico (1) ligados a um computador central (2) por intermédio de discos flexíveis para armazenagem de dados (4) não necessitando por esta razão ligação constante com o computador

-Comando Adaptativo

Com a introdução de sensores capazes de medir as variações no torque, temperatura, vibrações, tipo de cavaco etc, pode-se introduzir mudanças na velocidade de corte, avanço, potência de acionamento resultando num aumento considerável da qualidade e da produtividade.

Estas modificações nos diversos fatores durante a operação do equipamento podem ser processadas pelo C N C que além de registrar dados e comandar mudanças nas velocidades, avanços etc, também possui recursos para uma melhor otimização do processo produtivo. A maior limitação na utilização de controles adaptativos é o desenvolvimento de sensores capazes de medir diferentes fatores que interferem no ciclo produtivo; como exemplo cita-se a medição do desgaste contínuo da ferramenta (fig. 19).

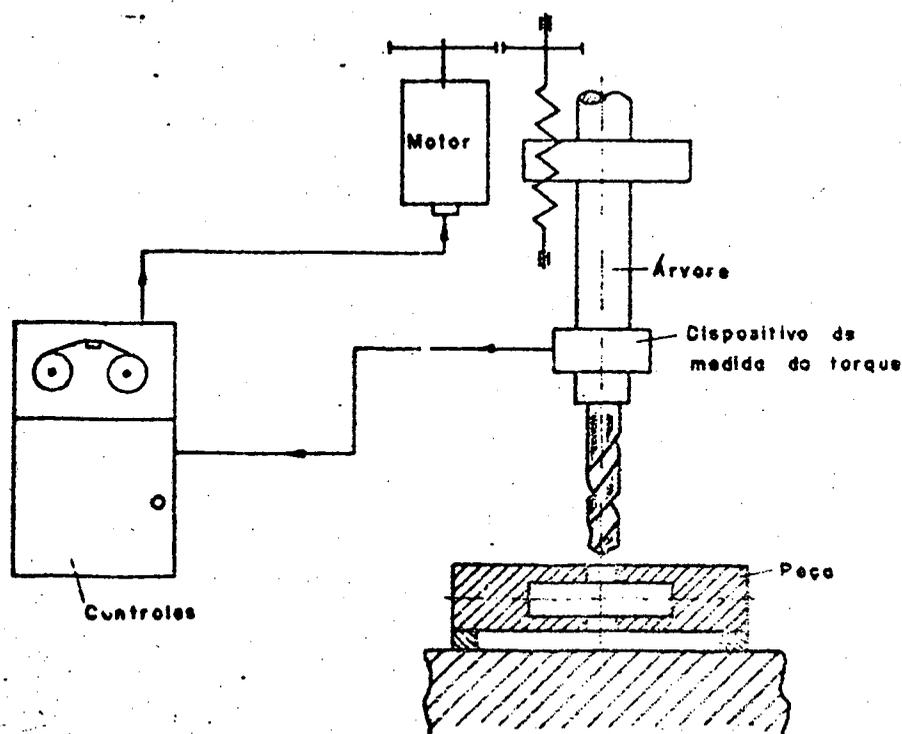


Figura 19 - Esquema representativo de uma máquina equipada com controle adaptativo

O controle adaptativo além de trazer um considerável aumento na qualidade e na produtividade, permite uma maior simplificação do processo de preparação do programa da peça.

1.1.2 - Máquina

As máquinas ou equipamentos que utilizam comando numérico são consideravelmente diferentes das máquinas operadas ou controladas manualmente, devido as suas características de construção e funcionamento (motores de elevada potência, equipamentos sofisticados e de precisão para troca de ferramentas, sistemas de medição especiais eletro-indutivo ou ótico de alta precisão e robusto, elevada rigidez estrutural, guias de baixo atrito e desgaste etc).

As primeiras máquinas a utilizarem C N eram máquinas operatrizes convencionais adaptadas para serem comandadas numericamente. A adaptação era antieconômica na medida em que a produtividade do equipamento não aumentava proporcionalmente ao valor do investimento.

Inicialmente, os equipamentos com comando numérico eram destinados a executarem operações complexas e difíceis que exigiam grande precisão como a construção de hélices e peças da indústria aeronáutica (apêndice 2 , mas o comando numérico traz também enorme contribuição para redução dos tempos primários e secundários de fabricação.

Novas máquinas foram sendo especialmente projetadas e desenvolvidas para a utilização de comando numérico, máquinas estas que devido a sua qualidade, precisão e resistência são caras, mas trazem inúmeros benefícios ao sistema produtivo. Atualmente não utilizam-se máquinas comandadas numericamente apenas para executar operações difíceis mas como equipamentos que trazem uma

diminuição considerável dos tempos de fabricação (secundários principalmente), aumentam a qualidade e produtividade, trazendo uma grande flexibilidade ao sistema produtivo quer operacional ou administrativo (apêndice 10).

Nas operações de usinagem a utilização do C N traz aumentos consideráveis na produtividade de até 700%⁽⁴⁾ e possibilitou o desenvolvimento de novos equipamentos como os centros de usinagem capazes de executar inúmeras funções (fresar, madrilhar, furar, brocar, escarear, rosquear etc).

Pode-se citar ainda diferentes operações possíveis de serem controladas numericamente:

- operação de usinagem nas mais diferentes máquinas (tornos, fresas, furadeiras etc);
- jateamento de areia;
- corte de chapa;
- soldagem;
- estamparia;
- confecção de peça por eletro-erosão;
- metrologia (controle de qualidade e inspeção);
- fiação de circuitos;
- dobramento de tubos;
- movimentação precisa de objetos (robots);
- rebitagem;
- corte de serra;
- montagem;
- elaboração de desenhos

(4) CHILDS, James J. Principles of Numerical Control. pg. 88

1.1.3: - Programação

Os dados e ordem introduzidos no gabinete pela fita perfurada ou por outro meio, são codificados previamente (fig. 20).

Esta codificação prévia, ou seja, a transcrição dos dados de fabricação para a linguagem de máquina é chamada de programação.

Uma programação de operação em máquinas C N pode ser obtido de duas formas distintas:

a) Programação manual:

Na programação manual os dados de fabricação tecnológicos (vel. de corte, avanço etc) ou dimensionais obtidos dos desenhos e cálculos, são codificados em linguagem de máquina por um programador. A simplicidade com que é obtido o programa na programação manual possibilita sua utilização por um grande número de usuários de C N. Não sendo necessário caros e sofisticados computadores na confecção das fitas o que se torna relativamente baratas e de fácil obtenção. (fig. 21).

Mas, a programação manual tem limitações trazendo conseqüentemente problemas quando da sua utilização, tais como:

- É dispendido muito tempo na programação de uma peça
- Quanto mais complexas as peças mais complexos e de morados os programas;
- Programas de um determinado conjunto gabinete-máqui na não são possíveis de serem utilizados em outro conjunto;
- Necessita-se normalmente, um programdor por máqui na devido ao volume de trabalho, e as diferenças entre códigos de máquinas que podem trazer sérios problemas e riscos quando o ope

001 G90 G00 X5000 Z52000 S17 M03 M08

001 - Indica o numero do bloco

G90 - Função preparatória que indica estar-se programando no sistema absoluto

G00 - Função preparatória que indica avanço rapido

X5000 e Z52000 - Coordenadas do ponto onde a ferramenta devera estar posicionada ao final do bloco

S17 - Codigo indicativo do Nº de rot/min da arvore

M03 - Função auxiliar para iniciar o acionamento da arvore

M08 - Função auxiliar para ligar o oleo refrigerante

Figura 20 - Codigos utilizados na programação de maquinas CN

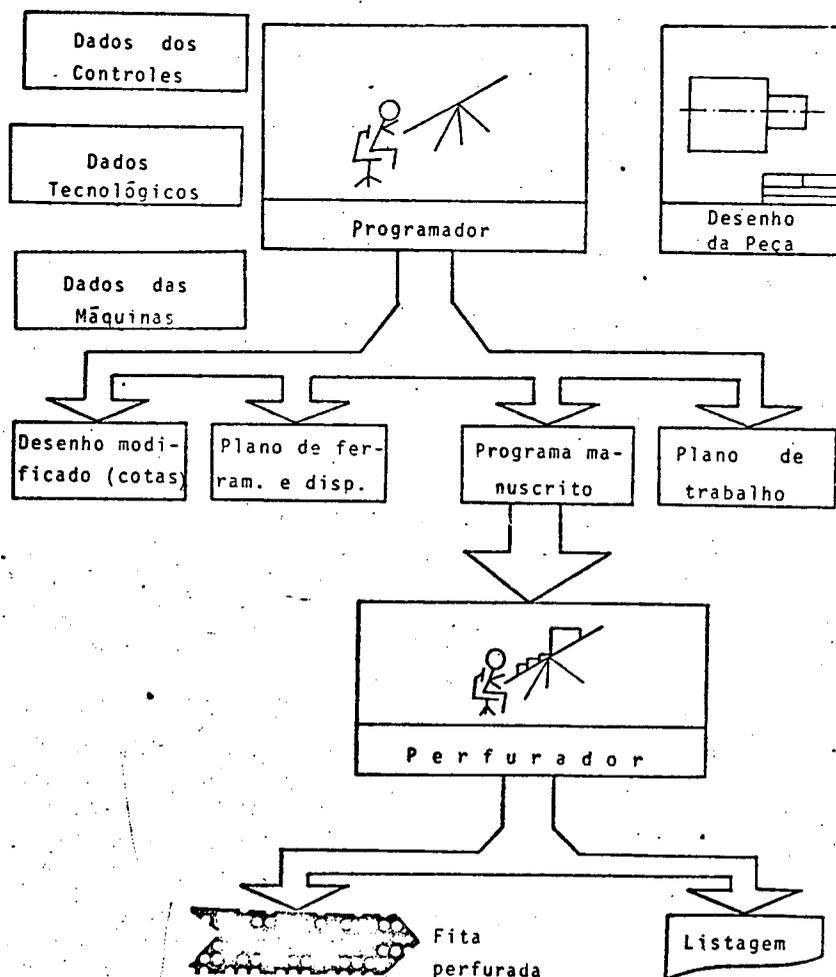


Figura 21 - Sequencia de passos para obtenção do programa, manualmente

rador emprega códigos com significados diferentes entre os sistemas;

- Aumento considerável da probabilidade de erros resultantes da programação manual de operações simples mas repetidas um grande número de vezes;

- Difícil otimização nas sequências de operações.

b) Programação com auxílio do computador:

Devido aos inúmeros problemas encontrados na programação manual, buscou-se desenvolver, com auxílio de computadores, um programa para facilitar esta programação.

Inicialmente, buscou-se simplificar definições geométricas das peças. Posteriormente, agregou-se a estes programas definições e dados que auxiliassem na escolha adequada de ferramentas, velocidade de corte, número de passes, sequência de operações etc, aumentando consideravelmente sua capacidade na obtenção dos programas de fabricação com dados geométricos e tecnológicos.

Existem atualmente diversas linguagens de alto nível, as principais são as da família APT desenvolvidas nos Estados Unidos e suas extensões EXAPT (alemanha), IFAPT (França), NELAPT (Inglaterra) mas cabe ressaltar que, dependendo das operações e do equipamento a ser utilizado, uma linguagem é mais adequada que outra.

Na figura 22 têm-se a sequência de passos e o esquema de funcionamento para a obtenção de um programa em linguagem de máquina utilizando o computador, bem como exemplos de vocabulários utilizados para facilitar a programação.

Existem atualmente inúmeros modelos de máquinas com comando numéricos; seus códigos não são totalmente padronizados. A simples troca de um gabinete ou máquina resulta na necessidade de

circle=CIRCLE/x,y,r - definição de um círculo fornecendo-se o raio e as coordenadas do centro
 GOTO/x,y - comando de movimento até o ponto (x,y)
 macro=MACRO/FP=...,FO=.. - definição de parametros a serem utilizados na subrotina que esta sendo criada

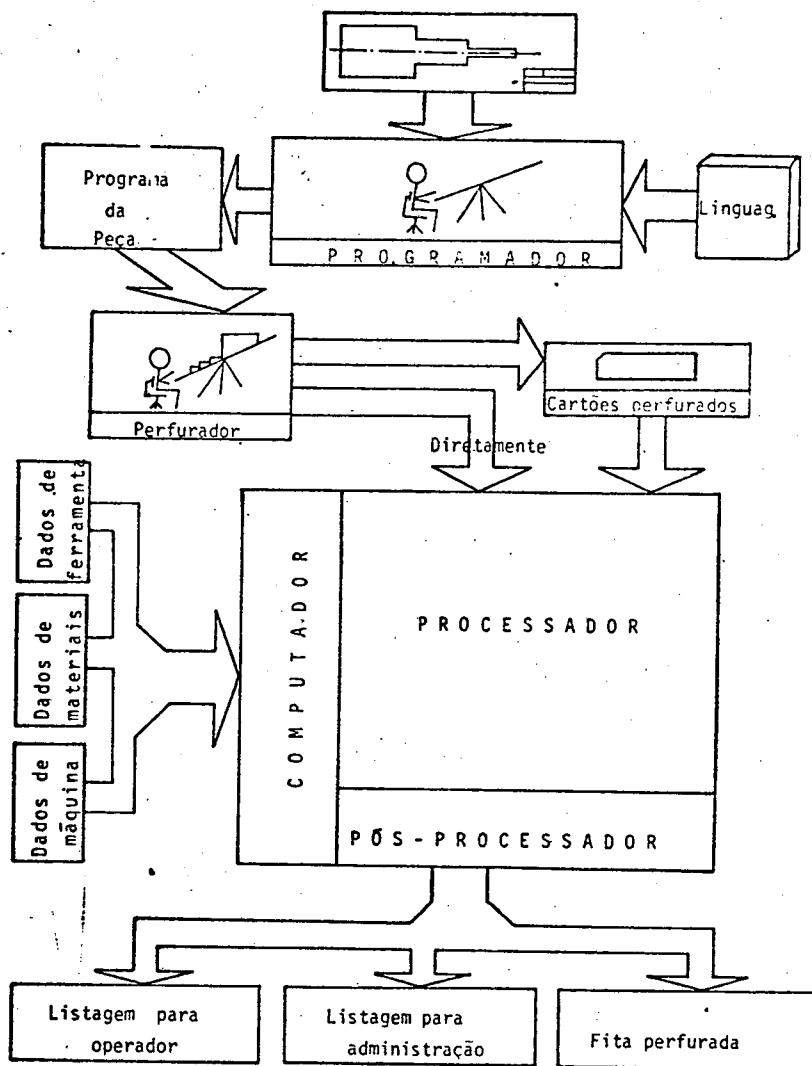


Figura 22 - Vocábulo da linguagem EXAPT; sequência de passos para obtenção de programa em linguagem de máquina com auxílio do computador

um novo programa em linguagem manual.

Para não haver necessidade de criar um programa para cada conjunto gabinete-máquina e que seria muito caro e traria um sobrecarregamento desnecessário de dados no computador, dividiu-se o programa em 2 níveis:

- Processador: onde os dados tecnológicos e dimensionais são processados e recodificados em uma forma padronizada originando o "CL-DATA" que é posteriormente processado pelo Pôs-processador.

- Pôs-Processador: "Traduz" o "CL-DATA" em códigos de linguagem de máquina específicos para um determinado conjunto gabinete-máquina. Quando deseja-se trocar de conjunto gabinete-máquina é só processar CL-DATA no pós-processador específico e têm-se um programa em fita perfurada adequada ao novo conjunto.

A utilização do computador na elaboração do programa de fabricação traz inúmeras vantagens:

- Redução no tempo de programação;
- Menores restrições ao projeto que podem ter formas mais complexas;
- Menor probabilidade de erros na programação, já que o computador pode ser programado para executar uma série de revisões;
- Maior flexibilidade na otimização e preparação da fabricação.

A utilização de programação com auxílio de computador requer um adequado sistema de apoio computacional. Atualmente os gabinetes CNC trazem inúmeras vantagens técnicas (subrotinas, memórias etc) que auxiliam grandemente a programação manual dispensando em determinados casos a utilização de programação com apoio de computador.

1.1.4 - Visão global do processo de fabricação com CN (Passos gerais da fabricação com C N)

Na fabricação com máquinas C N, têm-se fases distintas entre si que podem ser com maior ou menor grau interrelacionados (fig. 23).

- Análise do desenho e determinação da máquina ou equipamento mais apropriado para cumprir as operações necessárias para fabricar a peça.

- Determinação da sequência de operação, dispositivos de fixação e ferramentas a serem utilizadas.

- Execução do programa em linguagem manual ou com auxílio do computador.

- Perfuração do programa ou no caso de programação com auxílio do computador, passa pelo processador e pós-processador obtendo-se com isto uma listagem do programa e uma fita perfurada.

- A ordem de serviço junto com a matéria prima, ferramentas, dispositivos e fita perfurada é enviada à máquina.

- O operador introduz a fita na máquina e junto com o programador, (quando da execução da primeira peça) acompanha a execução da peça introduzindo as modificações que se fizerem necessárias.

- Após a fabricação de todo o lote a máquina está pronta para executar nova ordem de serviço.

As fases descritas anteriormente, são as fases gerais de fabricação com C N podendo sofrer modificações e variações devido a fatores como:

- Pessoal disponível;
- Equipamento utilizado;

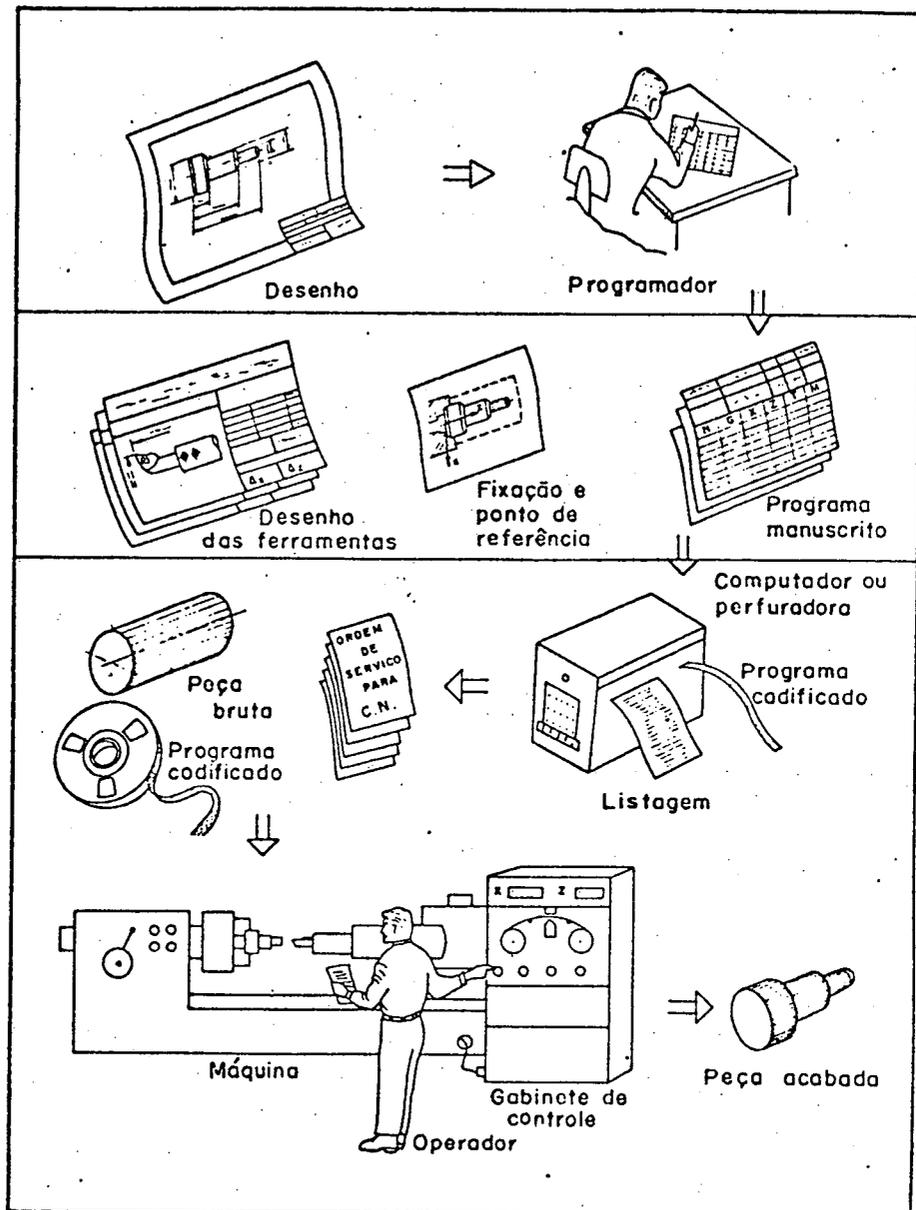


Figura 23 - Sequência básica observada na fabricação de peças utilizando-se máquinas comandadas numericamente

- Prazo de entrega;
- Tipo de peça;
- Equipamento periférico utilizado;
- Tipos de máquina.

1.1.5 - Aplicações, vantagens e desvantagens do C N

O comando numérico é uma técnica relativamente nova estando em constante evolução. Muitas vezes, técnicas novas são vistas sob dois prismas distintos; solução simples para todos os problemas existentes ou geradora de novos problemas.

O comando numérico traz melhores resultados quando aplicado em situações como:

- Produção de lotes pequenos e médios;
- Fabricação de peças complexas;
- Quando precisão e repetibilidade de precisão são exigidos;
- Peça de execução difícil e matéria prima cara;
- Onde a manutenção de grandes estoques é anti-econômica;
- Na fabricação de protótipos (oferece grande flexibilidade para modificações);
- Usinagem de peças com imagem especular;
- Quando espaço para instalação do equipamento é pequeno;

Quando nestas circunstâncias as vantagens são inúmeras podendo ressaltar-se:

- Aumento considerável na produtividade do equipamento dada a redução dos tempos em que as máquinas não estão operando (redução dos tempos mortos);

- Redução dos custos de mão-de-obra;
- Possível eliminação das operações de acabamento dada a capacidade da máquina operar com tolerâncias bastante reduzidas;
- Operação do equipamento em vários turnos e processar lotes de peças diferentes não havendo número mínimo para considerar lote econômico;
- Redução dos custos de movimentação, dada a capacidade de executar diversas operações numa única máquina;
- Maior facilidade na previsão e determinação dos tempos de fabricação;
- Maior facilidade de otimização da fabricação;
- Redução do número de ferramentas utilizadas na fabricação e possibilidade de utilizar ferramentas padronizadas para executar operações especiais;
- Simplificação ou até possível eliminação dos dispositivos de fixação;
- Redução de refugos e problemas advindos da falta de ajuste na montagem;
- Redução do espaço ocupado pela máquina, e serviços gerais (água, luz, óleo refrigerante etc);
- Maior flexibilidade no planejamento e controle da produção;
- Diminuição dos estoques intermediários;
- Diminuição dos custos de fabricação.

As limitações das máquinas C N. quando da sua aplicação são:

- Investimento inicial de modo geral elevado;
- Custo de manutenção mais elevado;
- Necessidade de pessoal treinado em programação;
- Uma melhor e mais racional organização do que a comumente encontrada.

Com a utilização do C N têm-se como características básicas na produção, maior flexibilidade e versatilidade resultando numa maior precisão e rapidez de fabricação.

1.2. - Organização Industrial

Nos primórdios da civilização o homem construía todos os produtos ou artigos que utilizava. Com o passar do tempo, estes produtos tornaram-se cada vez mais complexos e de difícil fabricação, bem como os indivíduos especializaram-se em cumprir determinada tarefa. Formaram-se grupos de trabalho onde cada um executava uma parte do trabalho surgindo assim as primeiras "fábricas", antigas tecelagens e fundições.

Hoje, existem grupos de trabalho executando os mais diferentes produtos, com vários tamanhos possuindo de 2 a milhares de integrantes. Estes grupos necessitam de uma organização onde o trabalho de um integrante não se choque com o de outro. Observando a evolução da organização do trabalho na indústria metal-mecânica, nota-se que, inicialmente, havia um determinado operário executando uma operação com o aumento desta produção, outro juntou-se a ele e assim sucessivamente. Desenvolveram-se equipamentos para melhorar o rendimento do trabalho humano, equipamentos estes, que na maioria das vezes, eram acionados pelo homem. Com o advento do vapor, as máquinas ganharam um novo impulso e posteriormente, a utilização da energia elétrica possibilitou o desenvolvimento de novos motores.

Estas evoluções trouxeram uma melhora considerável no ambiente de trabalho e nas condições de operação das máquinas.

O desenvolvimento organizacional não acompanhou o desenvolvimento tecnológico, sendo que as máquinas eram agrupadas dentro das fábricas das mais variadas formas. A forma e meio de encaminhar o trabalho era deixado para o operário. Cada um fabricava a peça de acordo com a experiência e habilidade que possuía. O resultado era a impossibilidade de um real planejamento e controle da produção, ou mesmo uma fabricação mais racional.

Adam Smith foi o primeiro a defender princípios como desenvolvimento da habilidade específica, o desenvolvimento de máquinas que facilitassem mais ainda as atividades do homem. Frederick Taylor, no início do século, defendia a adoção de normas científicas para o trabalho, seleção e treinamento criterioso de operários, cooperação e divisão de responsabilidades do trabalho entre a diretoria e empregados.

O trabalho iniciado por Smith e Taylor, teve inúmeros seguidores (Babbage, Frank e Lilian Gilbreth, Tippette outros) que contribuíram para o desenvolvimento da administração científica resultando num melhor planejamento e controle da produção.

Durante a 2^a grande guerra, e nos anos que a seguiram, houve um grande desenvolvimento na área organizacional, planejamento e controle da produção resultados dos estudos e pesquisas em campos diversos: matemática (programação linear e modelos matemáticos, início dos problemas de simulação), eletrônica (computadores e automação), engenharia humana.

Hoje, graças ao auxílio dos computadores, o desenvolvimento da simulação de sistemas produtivos está muito avançado, existindo diversos programas como DYNAMO (USA) e SELETA (Inglaterra) que possibilitam o estudo e a previsão de problemas que surgem durante a instalação ou funcionamento de sistemas produtivos.

Busca-se atualmente o desenvolvimento de equipamentos que possibilitem a construção da fábrica automática.

1.2.1 - Ciclos de produção

Observando atentamente os produtos fabricados pela indústria, observa-se que a grande maioria é construída de partes que necessitam de diversas operações intermediárias a fim de

alcançarem a sua forma final. Estas operações podem ser executadas basicamente em dois ciclos diferentes de fabricação intermitentes:

a) Ciclo contínuo:

Caracteriza-se pela produção de uma pequena variedade de produtos em um grande volume, sendo um regime de produção pouco flexível.

Os equipamentos utilizados são especiais, automáticos ou não, e na maior parte dos casos projetados para executar uma operação em determinado tipo de produto. A carga de trabalho das máquinas é uniforme necessitando de poucas ajustagens.

Têm-se um gerenciamento e controle da linha de produção relativamente fácil não havendo problemas de espera para operação e transporte entre as máquinas (estoques intermediários).

O produto é estudado aos mínimos detalhes no início da fabricação já que uma mudança de projeto poderia acarretar a troca de uma determinada máquina ou mudança de todo o ciclo produtivo.

A movimentação dos materiais é contínua, em rota pré-fixada e utiliza-se equipamentos especiais.

Encontra-se 3 tipos básicos de ciclo contínuo:

- Ciclo contínuo puro:

Onde ontêm-se sempre o mesmo produto final, há somente uma linha de produção e a matéria prima é processada da mesma forma e sequência. Como exemplo, têm-se a refinação do petróleo (Fig. 24).

- Ciclo com montagem e desmontagens:

Apresenta várias linhas de fabricação contínua, uma

para cada parte do produto e convergindo para locais de montagem e desmontagem, devendo haver uma coordenação eficiente das linhas. Nos setores de montagem podem haver estoques secundários com custo menor que o estoque final dada as características do produto e de sua demanda (fig. 25).

- Contínuo com diferenciação final:

O fluxo pode ser igual a um dos dois tipos anteriores, mas o produto final poderá apresentar algumas variações de tamanho ou forma, mantendo-se constante a matéria prima, processo produtivo e equipamento necessário. Pode-se citar como exemplo a impressão de livros e revistas numa editora e também a construção de casa pré-fabricada (fig. 26).

A adoção do ciclo contínuo traz vantagens como: facilidade de controle de estoques que são planejadas em função da produção, planejamento do processo produtivo executado antes da venda do produto, ordens são poucas e simples com um pequeno número de impressos, fácil controle de custos e liberação do produto. Entrando "X" matéria prima no início do ciclo ao mesmo tempo, saindo "X" produtos ao final da linha de produção.

b) Ciclo intermitente:

Caracteriza-se pela produção de uma grande variedade de produtos em pequenos volumes com um regime de produção muito flexível. O equipamento normalmente utilizado neste sistema produtivo caracteriza-se por uma maior universalidade e flexibilidade em comparação aos equipamentos utilizados no ciclo contínuo. A versatilidade do equipamento é maior, e têm-se maior liberdade para alterar o projeto do produto, não sendo necessária a troca do equipamento, e sim modificações na sequência de operações, ou a introdução de uma nova operação ao processo.

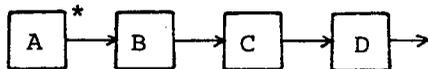


Figura 24 - Ciclo contínuo puro

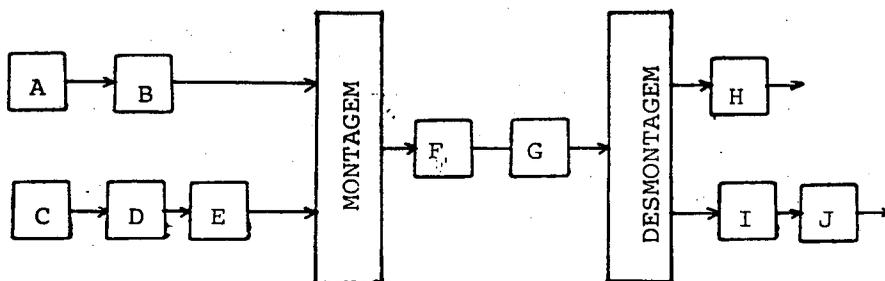


Figura 25 - Ciclo contínuo com montagem e/ou desmontagem

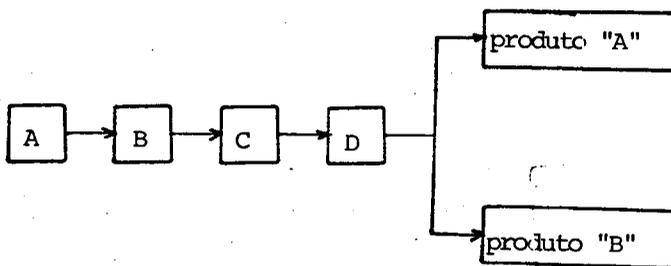


Figura 26 - Ciclo contínuo com diferenciação final

* - estações de serviço ou operação

O gerenciamento e controle é difícil devido ao número de máquinas e sequências de operações diferentes. O planejamento da fabricação é complexo dada a variedade de operações a serem realizadas nos diversos equipamentos, operações estas com tempo de execução diferentes. Deseja-se um bom planejamento para minimizar o tempo da espera nas máquinas, o transporte entre as operações, resultando na diminuição ou eliminação dos estoques intermediários. Prevê-se a necessidade de serviços de urgência e outros problemas que encontram-se em uma fabricação por lotes pequenos ou médios e em séries não repetitivas.

Devido ao grande número de operações a serem realizadas em diferentes produtos, a movimentação dos materiais é totalmente aleatória e deve prever-se uma ordem de fabricação "onde ir", "como ir", "quando ir", "o que".

Encontra-se basicamente 2 formas básicas de ciclos intermitentes:

- Fabricação por encomenda de produtos diferentes: a fabricação é de acordo com a especificação do cliente, as operações são iniciadas após a venda do produto. O sequenciamento de operações depende exclusivamente do produto e do carregamento das máquinas. Como o fluxo é variável, prefere-se agrupar as máquinas por tipos de operação.

- Fabricação repetitiva em lotes: tem basicamente as mesmas características da fabricação por encomenda, mas existem algumas simplificações dada a repetitividade dos lotes. Pode-se determinar quais são as operações mais importantes, planejar melhor o processo produtivo, conseqüentemente a produção e armazenamento de registros torna-se mais importante. Como utiliza-se equipamentos versáteis e não muito especializados é necessário uma mão de obra mais qualificada. Têm-se a possibilidade de alterar o projeto

entre 2 lotes, não incorrendo em grandes modificações no processo produtivo. A coleta e registro de dados é importante seja para futuros planejamentos de produção, seja para um melhor controle e cálculo de custos.

1.2.2 - Arranjo físico

Observando-se as indústrias nota-se a existência de diferentes formas de arranjo físico dos equipamentos utilizados direta ou indiretamente no ciclo de fabricação. Um ótimo arranjo físico possibilita um menor movimento dos materiais, uma disposição correta dos equipamentos levando em conta o sequenciamento das operações de fabricação e segurança dos operadores nas mais variadas operações.

Os tipos de arranjo físico são basicamente de 4 formas:

a) Arranjo linear ou por produto:

A ordenação dos setores de fabricação obedece a sequência de operações necessárias para a fabricação de um único produto. Não existem necessariamente estoques intermediários, há menor perda de espaço, diminui o manuseio do material e são evitados os congestionamentos. A automatização diminui a mão de obra aplicada diretamente na linha de produção e também empregada no transporte entre os diversos setores produtivos. Com a automação, pode-se controlar as operações com a utilização de computadores, verificar a qualidade e coletar dados do sistema produtivo para uma auto-análise do desempenho das diversas operações. Linhas de transferência são um exemplo de automação no arranjo linear (fig. 27).

b) Arranjo por posição fixada:

É utilizado na execução de grandes produtos. O pro

duto não se desloca e os operários e equipamentos é que se movimentam. As partes são trazidas ao componente principal aí trabalhadas e montadas. Obtém-se uma redução no manuseio do produto sendo mais flexível a alteração do projeto e admitindo uma demanda variável (fig. 28).

c) Arranjo funcional ou por processo:

Neste tipo de arranjo os equipamentos são agrupados de acordo com suas características de fabricação. O produto movimenta-se pelas seções para ser processado. Cada produto percorre dentro da fábrica um itinerário específico pelas seções de acordo com seu plano de fabricação. Obtém-se com isto uma grande flexibilidade de operações, bem como a possibilidade de fabricar produtos diversos, atender uma demanda intermitente, possibilitando a fabricação em operações não necessariamente balanceadas (fig. 29).

d) Arranjo em grupo:

Agrupam-se as máquinas não por processo nem uma única linha para produzir determinado produto, mas sim, em grupos de máquinas de tal forma que possa fabricar determinados grupos de peças (células de fabricação). Este tipo de arranjo físico possibilita obter-se vantagens dos dois tipos de ciclo de produção (linha e funcional). Diminuição sensível dos estoques intermediários, diminuição da movimentação dos materiais, flexibilidade na fabricação e possibilidade de mudanças no projeto, centralização de responsabilidade. Ressalta-se não ser aplicável tecnicamente arranjo em grupo para todos os ciclos produtivos dada as características dos mesmos (fig. 30).

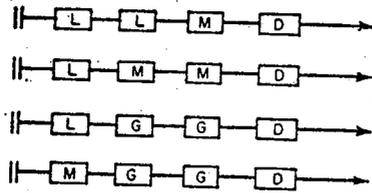


Figura 27 - Arranjo linear ou por produto

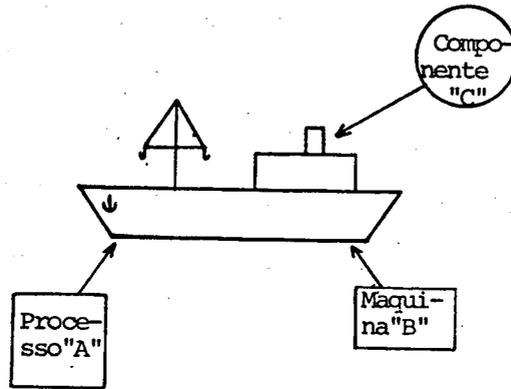


Figura 28 - Arranjo por posição fixada

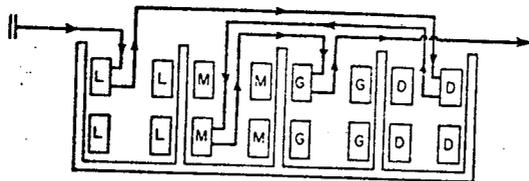


Figura 29 - Arranjo funcional ou por processo

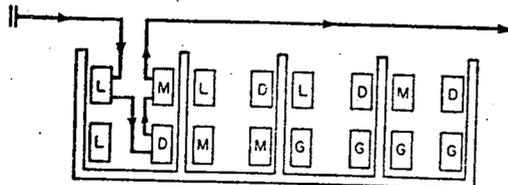


Figura 30 - Arranjo em grupo

1.3 - Família de peças

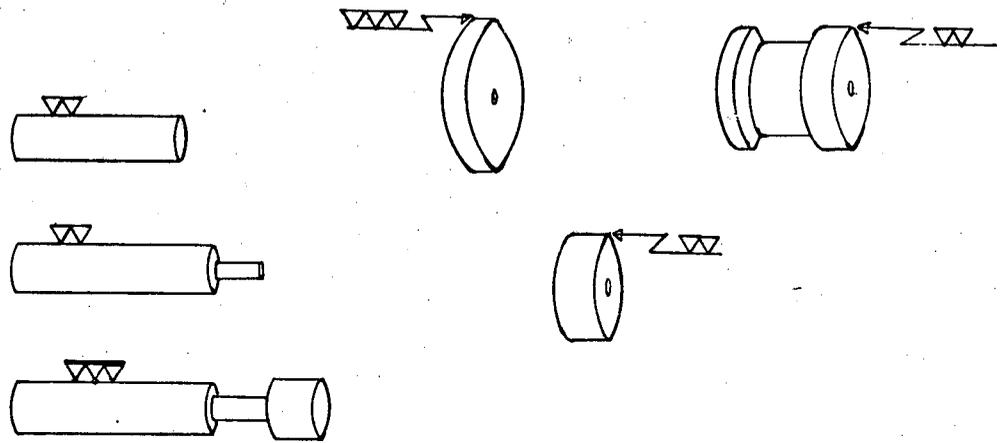
Tradicionalmente, designa-se família um conjunto de tipos (componentes, peças) que apresentam as mesmas características⁽⁵⁾. Pode-se utilizar como fator característico para formação do conjunto o material, função, desenho, fluxo de produção, processo de fabricação, tamanho e outros. Quando é utilizada a característica desenho ou função na determinação dos componentes do conjunto denomina-se "família de peças". Conseqüentemente, todos os elementos com uma determinada característica de desenho ou função, formam uma família de peças independente do material que são fabricados, do tamanho, do fluxo de produção ou do processo de fabricação.

O critério utilizado para avaliar a similaridade dos desenhos ou função das peças pode variar de um grau muito amplo a um mais estreito, possibilitando obter-se família de peças grandes ou pequenas com ou sem sub-divisões. Como exemplo, toma-se as peças da figura nº 31, onde têm-se peças rotacionais que podem ser eixos, polias com diferentes acabamentos superficiais, tamanhos e materiais de construção. O conjunto pode ser sub-dividido em várias partes, possibilitando a formação de família de peças a partir de um critério muito pouco diferenciador (fig. 31).

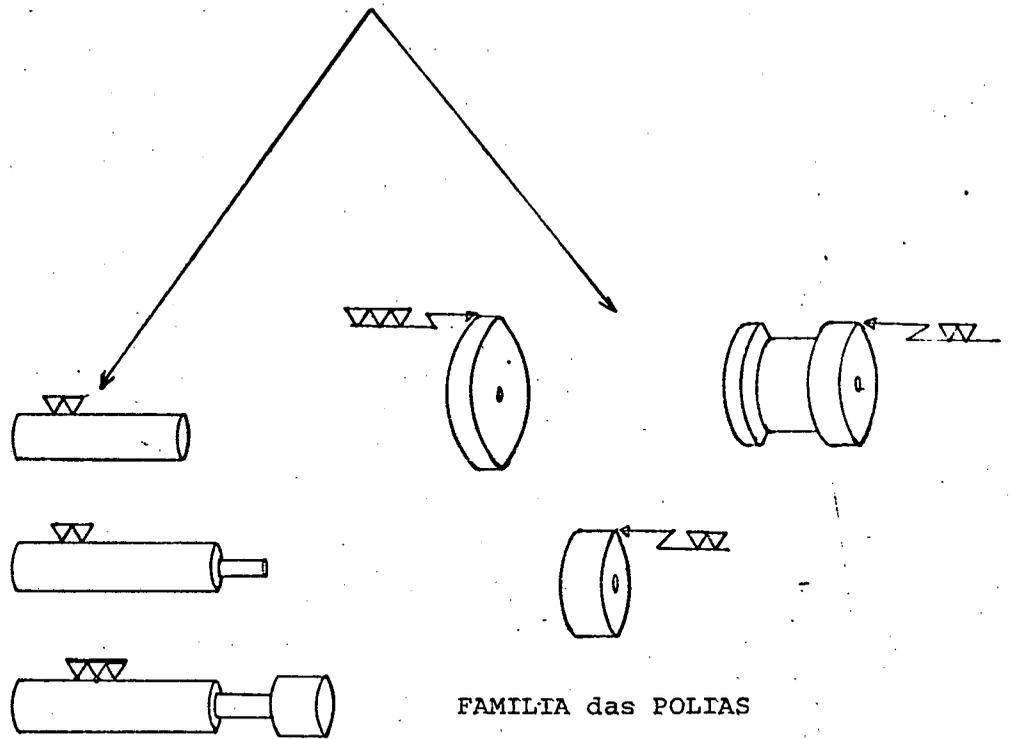
Quando da classificação e agrupamento em família de peças observando-se critérios referentes aos desenhos ou aspecto funcional obtêm-se inúmeras vantagens desde a fase inicial do projeto até a fabricação

- Durante a fase de cálculo e detalhamento de um novo componente pode-se utilizar dados ou métodos de cálculo de com

(5) FERREIRA, Aurelio Buarque de Holanda Novo dicionário português. pg. 609



FAMILIA de PEÇAS ROTACIONAIS



FAMILIA dos EIXOS

FAMILIA das POLIAS

Figura 31 - Sub-divisão da família devido a utilização de critérios mais diferenciadores

ponentes de uma determinada família de peças da qual o novo componente fará parte dada a sua semelhança física ou funcional. Dessa forma evita-se duplicidade de trabalho, eliminando-se fontes de erros e revisando indiretamente componentes projetados anteriormente.

- Na base de elaboração do plano de fabricação de uma nova peça projetada onde busca-se uma racionalização e otimização dos meios disponíveis pode-se utilizar dados de elementos de família de peças a qual ela faz parte, bem como efetuar um reprojeto possibilitando a utilização de uma peça já existente em produção. Evita-se com isto, a necessidade da fabricação de uma nova peça com todos os problemas oriundos da fabricação de um novo lote (estoques, planos de fabricação etc).

- Facilidade para a determinação das peças que devem ser fabricadas em um determinado grupo de máquinas.

- Facilidade de formação de grupos de peças mediante análise dos fluxos de produção e processos de fabricação das famílias de peças.

- Maior probabilidade de obter-se, quando no projeto, peças e componentes similares e conseqüentemente com mesmos processos de fabricação, fluxos de produção, tamanhos, materiais.

Cabe ressaltar que a obtenção de todas as vantagens só é possível com a organização de um arquivo de dados referentes a desenhos, cálculos, materiais, função, processos de fabricação, grupo de tecnologia, fluxo de produção das peças ou de suas características gerais. Também deve-se observar que o estudo para a formação das famílias de peças deve partir de uma análise dos projetos das peças e do seu aspecto funcional.

A formação do arquivo de dados é simples, devendo

conter basicamente as seguintes informações

- a) característica da família : - forma;
 - função;
 - material.
- b) dados referentes a cada peça: - desenho;
 - função;
 - material;
 - processos;
 - sequência de operações
 - dados de projeto - cálculos
 - modificações
 - substituição
 - dimensões.

1.4 - Tecnologia de grupo

A tecnologia de grupo consiste basicamente no agrupamento de peças seguindo diferentes critérios e o posterior agrupamento de máquinas para a fabricação destas peças. Cabe ressaltar que existe uma interação entre a formação do grupo de peças e o grupo de máquinas, uma vez que dependendo de vários fatores como o tipo de equipamento, carga de máquina, tempo de processamento, volume de produção e outros, pode-se introduzir ou retirar uma máquina de um grupo de máquinas ou uma peça de um grupo de peças.

Na figura 32 têm-se o esquema básico da tecnologia de grupo, onde partindo-se dos dados existentes no arquivo da família de peças, forma-se os grupos de tecnologia e a partir disto busca-se formar o melhor grupo de peças para ser fabricado no mais adequado grupo de máquinas.

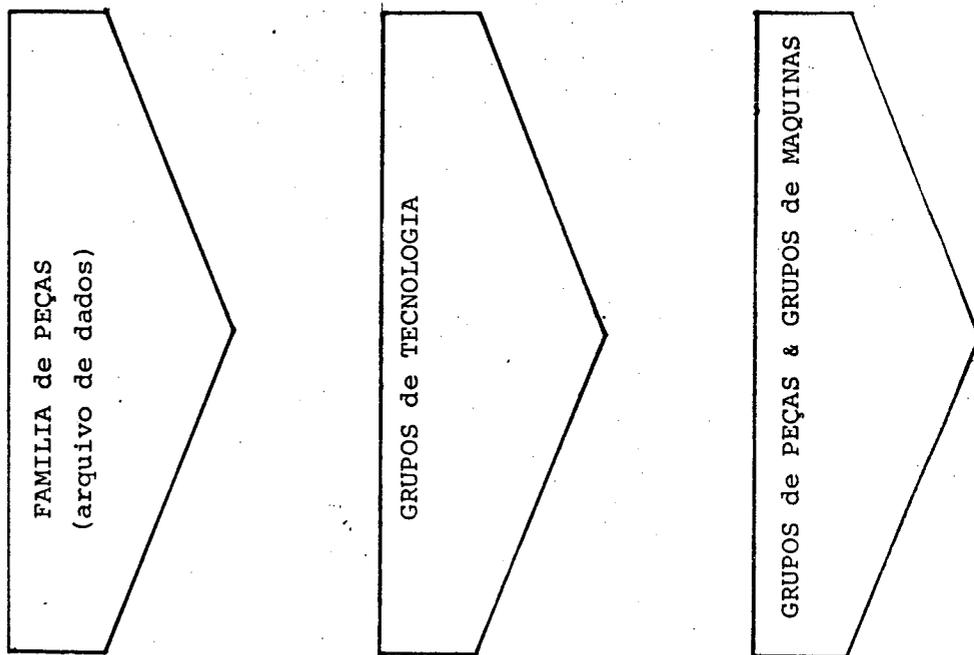


Figura 32 - Origens e aplicações de grupo de tecnologia

1.4.1 - Grupo de tecnologia

Grupo de tecnologia consiste em peças que possuem os mesmos processos de fabricação. Os dados para a formação dos grupos de tecnologia são obtidos nos arquivos das famílias de peças. Estes grupos de tecnologia serviram de base para a formação dos grupos de peças.

1.4.2 - Grupo de peças

Na fabricação de componentes em uma indústria, encontram-se peças com grande semelhança quanto ao desenho, material

rial, tamanho, fluxo de produção ou processo de fabricação. Define-se como grupo de peças (GP) aqueles que possuem semelhante fluxo de produção ou processo de fabricação pertencentes ao mesmo grupo de tecnologia possibilitando sua fabricação por um determinado grupo de máquina (célula de máquinas).

"As famílias que utilizam um determinado arranjo de grupo são listas de partes similares, porque são inteiramente fabricadas no mesmo grupo de máquinas. Este tipo de família é chamado "Família de Produção" (Burbidge) ⁽⁶⁾.

"Famílias de peças são identificadas em uma análise da fabricação (processo de fabricação e fluxo de produção) onde analisa-se sua forma (que implica no processo de fabricação) tamanho, material e fabricados num mesmo grupo de máquinas" (Corke) ⁽⁷⁾.

"A família de componentes ou grupos é a coleção de componentes (peças) que são similares para fim de fabricação" (Gallagher) ⁽⁸⁾.

As peças da figura 33, tem uma grande semelhança mas não pertencem todas ao mesmo grupo de peças. A peça 3 por possuir uma operação a mais no fluxo de produção não é totalmente processada no mesmo grupo de máquinas que as demais. Ao contrário, as peças da figura 34, apesar de diferentes no tamanho, desenho, função e material, passam pelos mesmos processos de fabricação em máquinas semelhantes caracterizando um grupo de peças. Pode-se notar com este exemplo as sutilezas e dificuldades que se encontra quando da determinação de um grupo de peças.

(6) BURBIDGE, John L. The Introduction of Group Technology. pg.6

(7) CORKE, D. K. Production Control in Management. pg.227

(8) GALLAGHER, C.C. & KNIGHT, W. A. Group Technology. pg. 3

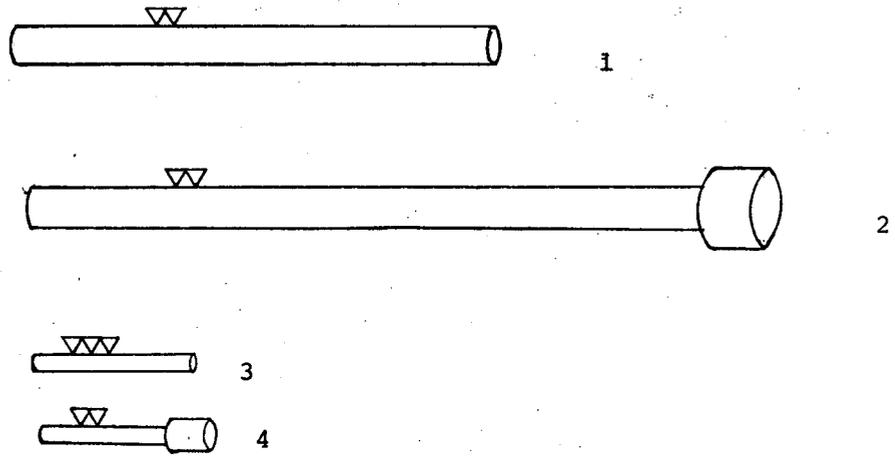


Figura 33 - Peças de uma mesma família mas de grupos diferentes

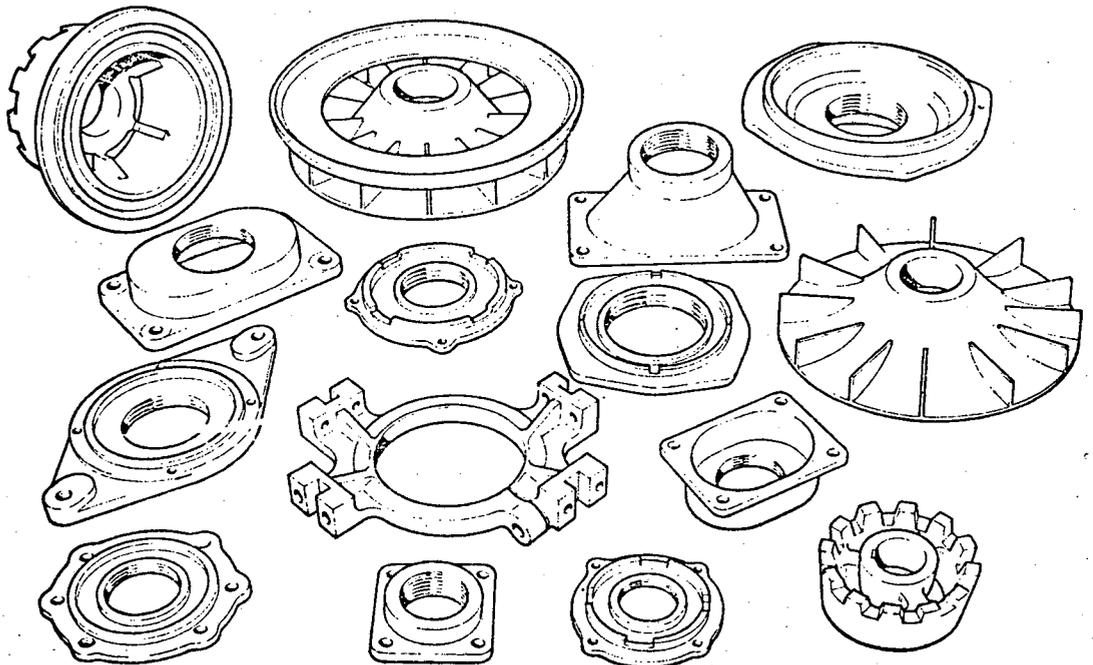


Figura 34 - Peças de famílias diferentes mas pertencentes ao mesmo grupo de peças

A determinação do grupo de peças torna-se muito mais fácil e simples, mesmo para o caso de peças novas (novos projetos) quando têm-se a definição das diversas famílias de peças com os dados referentes às suas características especiais (dimensão, material, grupo de tecnologia a que pertencem, fluxo de produção) devidamente arquivados.

1.4.3 - Células de fabricação (grupos de máquinas)

Define-se como grupo de máquinas-ferramentas ou equipamentos necessários para fabricar um determinado grupo de peças.

A tecnologia de grupo caracteriza-se pela utilização de um conjunto de medidas de racionalização, que tornam extensivas as características de fabricação em grandes séries no caso da fabricação de pequenas séries de peças, pertencentes a um mesmo grupo de peças (Eckepare)⁽⁹⁾.

A base da aplicação da tecnologia de grupos são os grupos de peças (fig. 35), que sofrem inúmeras influências de diversos fatores quando da sua determinação. Entre elas ressaltam-se:

- Quando o fator de produção/variedade de peças é muito grande tende-se a produção seriada.
- O grau de semelhança entre os componentes do grupo de peças que depende em grande parte do número de máquinas disponíveis.
- Versatilidade e flexibilidade do equipamento.
- Possibilidade de efetuar-se mudanças no projeto, visando

(9) ZUGASTI, Ricardo Echeperé Tecnología de Grupos y formación de familia de piezas. pg. 52

da do produto.

- Quantidade a ser fabricada (volume de produção), oscilação na demanda.

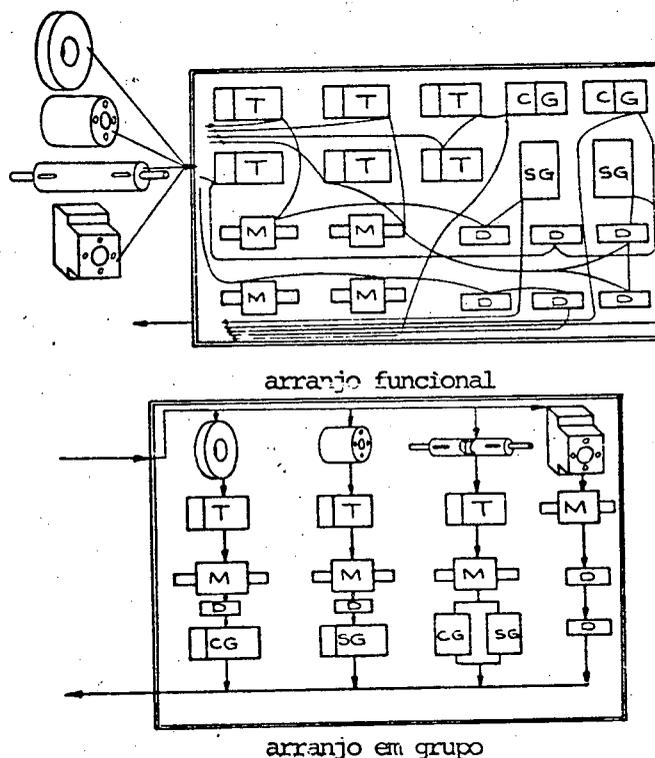


Figura 35 - Grupos de peças, "bases" para diferentes grupos de máquinas

A filosofia de tecnologia de grupo pode ser adotada operacionalmente em três níveis dentro da empresa, trazendo problemas e vantagens características a cada nível.

a) Nível de máquina

O grupo de máquina é constituído de uma máquina somente, a semelhança entre as peças deve ser muito grande e torna-se difícil formar os grupos de peças quando utiliza-se máquinas

automáticas e semi-automáticas. São obtidas a este nível poucas vantagens características da utilização de tecnologia de grupo.

b) Nível do grupo de máquinas

A semelhança entre as peças não precisam ser muito grande. É obtida uma maior flexibilidade na fabricação em comparação ao nível de máquinas porque têm-se um grupo de máquinas.

Com isto, existe a possibilidade de adotar a filosofia de tecnologia de grupo para certos produtos da empresa, cabendo ressaltar que surgiram problemas advindos da existência de sistemas distintos de gerenciamento.

c) Nível global da empresa

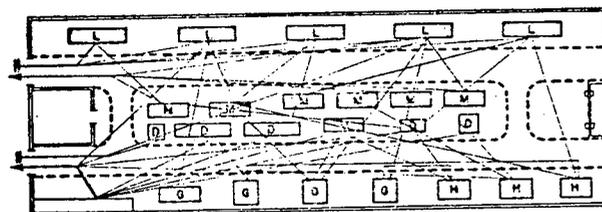
A empresa passa a operar com a filosofia operacional da fabricação por grupo de tecnologia, busca-se redução das variedades de peças, redução das informações necessárias para a fabricação de uma peça, os planos são executados em relação a um determinado grupo de peças e não em relação a peças individuais. Obtêm-se todas as vantagens de tecnologia de grupo dada a racionalização e maior versatilidade da empresa em seu sistema global o que não acontece quando da implantação a nível de máquina ou grupo de máquina.

A adoção de tecnologia de grupo na fabricação de séries pequenas e médias de determinados grupo de peças, traz inúmeras vantagens que são sentidas diretamente na produção e fabricação afetando o sistema operacional e a estrutura organizacional da empresa:

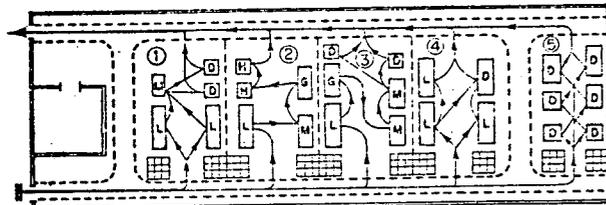
- Redução de investimentos para unidade produzida;
- Diminuição dos estoques intermediários;
- Diminuição dos tempos de processamento;
- Redução dos tempos de transporte e fixação das peças;

- Redução de mão de obra indireta;
- Redução dos custos de produção;
- Simplificação dos processos de planejamento e controle de produção;
- Redução do fluxo de informação entre os diversos setores;
- Melhor carregamento e sequenciamento de operações entre as máquinas;
- Melhor e mais efetivo controle de qualidade;
- Maior definição de responsabilidades;
- Maior satisfação do trabalhador.

Estas vantagens e outras proporcionam maior rapidez e agilidade no sistema produtivo da empresa possibilitando o aumento das vendas, redução do tempo de espera para processar ordens de fabricação, diminuição do tempo de processamento das ordens, maior dinamismo e qualidade no controle e planejamento da produção, diminuição considerável da movimentação de materiais (fig. 36).



arranjo funcional



arranjo em grupo

Figura 36 - Diminuição considerável da movimentação de materiais e complexidade dos sistemas de controle e emissão de ordens

Existem casos da adoção de tecnologia de grupo também na produção em série de produtos, utilizando operadores para montagem ou efetuarem a operação final de uma linha seriada. Obtém-se com isto, maior produtividade, diminuição das faltas e re fugos e maior motivação pelo trabalho (Burbidge)⁽¹⁰⁾. Pode-se afirmar que o mesmo ocorre com o pessoal num grupo de máquinas acrescido de uma maior fiscalização do serviço do colega, interação da equipe de trabalho e outras de caráter psico-social.

Mas a adoção da tecnologia de grupo também pode trazer inúmeras desvantagens quando não for bem aplicada e estudada:

- maior ociosidade do equipamento: /
- problemas de planejamento e controle de produção devido a falta de controle dos grupos;
- rivalidade entre os grupos;
- dificuldade para efetuar-se mudanças de projeto.

O planejamento e controle de produção do grupo de máquinas pode ser feito a nível de cada grupo ou a nível de empresa com um todo dando maior liberdade para os grupos de máquinas. Os grupos de máquinas podem receber o plano completo de serviço com sequência de operações, dispositivos, ferramentas etc, de uma central de controle, como podem apenas receber a ordem de fabricação com o prazo de entrega e, a partir disto, executarem individualmente (como grupo) o plano de fabricação e as requisições necessárias.

A adoção de tecnologia de grupo pode ser feita de duas formas segundo Burbidge⁽¹¹⁾:

(10) BURBIDGE, John L. The Introduction of Group Thecnology. pg. 36

(11) BURBIDGE, John L. Op. cit. (10)

- Horizontal: onde implanta-se tecnologia de grupo por seção, estando a operação de implantação completa quando todas as seções ou setores da empresa estiverem sob o regime funcional. Da do o tempo que se leva numa mudança deste porte, surgiram muitos problemas decorrentes da existência de dois sistemas de funcionamento distintos dentro da mesma organização.

- Vertical: quando a implantação ocorre passo a passo dentro da empresa em todos os setores simultaneamente. Este é o método preferido por Burbidge, dada a evolução gradual e a não existência de sistemas distintos o que pode inclusive anular algumas vantagens obtidas com o novo sistema quando ainda na fase de implantação.

Deve-se ressaltar a importância de um estudo eficiente quando da adoção de uma técnica operacional como grupo de tecnologia dada às necessidades de racionalização na empresa e um desenvolvimento tecnológico afetando processo de fabricação, controle e planejamento da produção, sistema de custos, gerenciamento e outros.

1.5 Comando numérico e tecnologia de grupo:

Quando da adoção da técnica de tecnologia de grupo com equipamentos comandados numericamente as vantagens advindas da utilização de suas técnicas aumentam consideravelmente, cabendo ressaltar:

- Uma maior padronização das ferramentas e dispositivos de fixação;
- Maior flexibilidade no planejamento e controle da produção;
- Possibilidade de processar um maior número de peças

num grupo de máquinas;

- Maior facilidade na formação dos grupos de máquina devido a flexibilidade e versatilidade do equipamento;

- Possibilidade de emprego de máquinas convencionais e máquina C N harmonicamente, havendo apenas o cuidado para não sobrecarregar as máquinas convencionais ou "estrangular", a máquina C N;

- O agrupamento de diversas máquinas C N ligadas por transportadores de estrados, gerenciadas e controladas por um computador central, fabricando peças em lotes pequenos e médios. Têm-se com isto, um sistema de fabricação flexível semelhante as linhas transfer de produção seriada;

- Maior redução nos custos e tempos de preparação do equipamento;

- Redução nos custos de manutenção;

- Redução do ciclo de produção;

- Menor e melhor manipulação das peças;

- Possibilidade de diminuir-se o tamanho dos lotes de fabricação;

- Redução dos custos e melhoria na confecção dos programas de fabricação com ou sem auxílio de computador.

Observando-se detalhadamente as características de tecnologia de grupo e fabricação com máquinas C N, nota-se uma interação muito grande entre as técnicas.

Deve-se observar para que com a implantação de máquina C N haja um estudo para uma possível adoção da tecnologia de grupo.

A utilização das técnicas de comando numérico e tecnologia de grupo, traz enormes benefícios para a otimização dos tempos de fabricação, principalmente quando há lotes pequenos e médios.

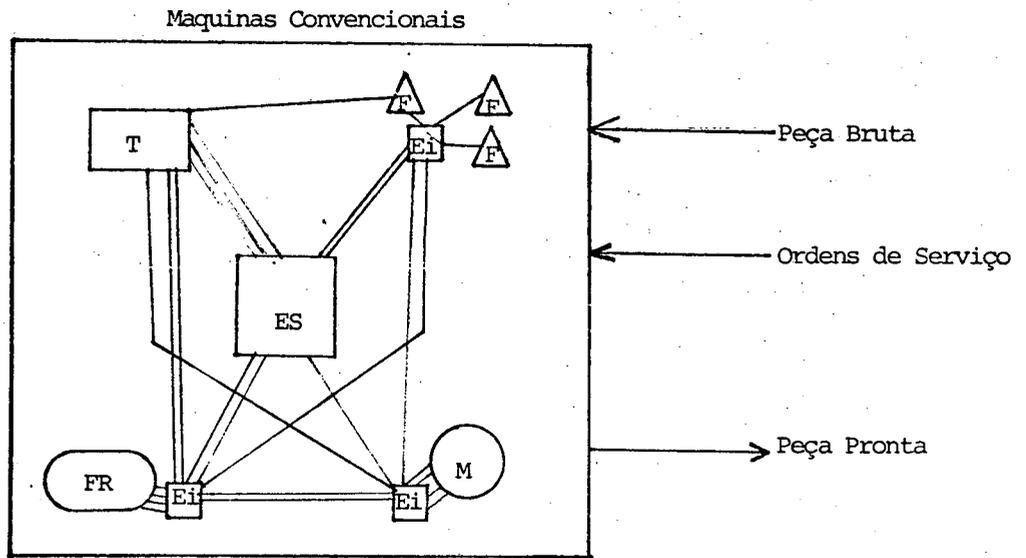
1.6 - Centros de Usinagem

O surgimento das máquinas ferramentas provocou uma verdadeira revolução na produção de bens, propiciando com isto que o mesmo componente mecânico pudesse ser produzido de diversas maneiras, abrindo amplas possibilidades de otimização, em busca de um aumento de produtividade e conseqüente redução dos custos. Dentre estas diversas maneiras de produzir peças a USINAGEM (conformação com remoção de material) é uma das mais amplamente usadas na indústria mecânica, podendo ser constituída de operações de torneamento, furação, roscamento, mandrilamento, brochamento e outras.

Para que uma ou mais destas operações possam ocorrer na fabricação de peças, há necessidade de um envolvimento de muitos outros elementos, tais como:

- Sistema de fixação da peça na máquina (em muitos casos através de dispositivos especiais);
- Estocagem intermediária de peças semi-acabadas;
- Estudo da distribuição da carga de cada máquina;
- Manutenção;
- Projeto e organização de ferramentas;
- Controle de qualidade;
- Manuseio e transporte; e
- Outras.

Na fabricação de um produto normalmente há necessidade do mesmo passar por diferentes operações de usinagem, tornando o planejamento e controle da produção num complexo problema, cuja solução deve ser orientada no sentido de explorar ao máximo as potencialidades que as diversas máquinas e instalações podem oferecer (fig. 37).

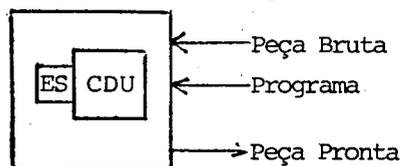


T = torno ; F = Furadeira ; FR = Fresadora
 M = Mandriladora ; ES = Estoque , Ei = Estoque intermediario

I - Produção com maquinas convencionais

- planejamento e controle da produção difícil
- fluxo aleatório e relativamente complexo
- diversos estoques intermediarios
- diversas fixações em maquinas diferentes
- elevado indice de manuseio e transporte

Centro de Usinagem



II - Produção c/ CDU

- planejamento e controle da produção simplificado
- fluxo de peças e ordens simples
- eliminação dos estoques intermediarios
- possibilidade de haver necessidade de apenas uma fixação

Figura 37 - Vantagens da utilização do CDU

Levantamentos feitos por institutos de pesquisas de renome internacional ⁽¹²⁾ revelaram que a grande maioria das peças são fabricadas em pequenos e médios lotes. Nestes, os problemas encontrados na tentativa de atingir-se um bom planejamento e controle da produção, tendem a se agravar consideravelmente devido a fatores tais como:

a) A parcela substancial que representam os tempos improdutivos (preparação, posicionamento, colocação e retirada da peça na máquina, troca de ferramentas, transporte etc) difíceis de serem medidos e controlados diante do tempo total de produção.

b) Falta de versatilidade das máquinas convencionais devido a seu projeto ter sido orientado no sentido de executar funções específicas como por exemplo, só furar, só fresar, só mandarilhar etc.

c) Falta de flexibilidade trazendo como consequência um tempo muito longo para mudar de uma peça para outra na produção.

d) Aumento considerável no número de operações, transportes etc, a medida que cresce o número de lotes, dificultando ainda mais o planejamento e o controle da produção.

Na tentativa de facilitar o planejamento e controle da produção e, ao mesmo tempo tornar o processo mais produtivo, flexível, versátil e conseqüentemente mais adequado a fabricação de pequenos e médios lotes, que constituem, como se viu, uma parcela

(12) STEMMER, Caspar E. Novos rumos e perspectivas na automação da indústria mecânica.

considerável de todo, surgiu uma nova concepção de máquina: OS CENTROS DE USINAGEM (CDU). Trata-se de uma máquina especialmente projetada para executar diversos tipos de usinagem, tais como: faceamento, fresamento, furação, alargamento, mandrilhamento, roscamento, rebaixamento, escareado, não havendo para isto necessidade de dispositivos especiais de fixação e guia, (como máscaras de furação, por exemplo) nem ferramentas especiais fora da linha convencional. Possuem como características básicas uma grande versatilidade podendo executar diferentes operações de usinagem durante um mesmo programa e flexibilidade a pondo com a simples troca da fita perfurada, executarem peças completamente diferentes das anteriores não sendo, em muitos casos, necessária a troca de ferramentas.

1.6.1 - Construção

Os centros de usinagem são máquinas ferramentas que apresentam características construtivas que possibilitam obter precisão e qualidade para as peças produzidas por seu intermédio, devido a sua: rigidez estrutural, a técnica utilizada no projeto e construção dos sistemas de acionamento e de medida dos deslocamentos relativos ferramenta-peça.

Como exemplo destas características, pode-se citar:

- Parafusos de movimento, construídos para funcionar com uma porca de esferas recirculantes (para reduzir o atrito e a potência necessária ao acionamento), dotado de dispositivo compensador de colga.

- Guias de baixo atrito e reduzido desgaste como é o caso das guias de rolamento, guias hidrostáticas ou protegidas com um plástico especial de alta resistência ao desgaste e baixo coeficiente de atrito.

- Estruturas com carregamento prévio e elevada rigidez, reduzindo consideravelmente as vibrações.

- Sistema de medida especial, normalmente eletro-indutivo ou ótico, de alta precisão e robusto para resistir ao ambiente industrial a ser pouco sensível a vibrações.

- Possuir motor de elevada potência, bem como variação contínua de velocidades. Têm-se conseqüentemente uma grande capacidade de remoção de cavaco e utilização das ferramentas nas condições de avanço e velocidade de corte ideais.

- São normalmente equipados com modernos sistemas de comando numérico, C N C ou C N, podendo ser ligados a sistemas D N C.

- Possibilidade de utilizar comando adaptativo (C A).

Estes e outros aspectos construtivos possibilitam uma redução dos tempos de usinagem principal ou secundários. A precisão conseguida devido a estas características construtivas é alta 0,001mm com tolerância de 0,0005mm.

Outro aspecto fundamental em relação a construção dos centros de usinagem são as mais variadas das combinações possíveis de movimentação do cabeçote e da mesa.

Movimentação esta, nos diversos eixos programáveis, linear ou rotacionais, definindo o espaço de usinagem da máquina (fig. 38).

Na figura 38 têm-se exemplos de combinações entre movimentação da mesa e do cabeçote.

A versatilidade e a flexibilidade, trazidas com a boa movimentação do conjunto cabeçote-mesa, possibilita a execução de diferentes operações de usinagem com apenas uma fixação (fig.39 diminuindo com isso parte das causas de erro.

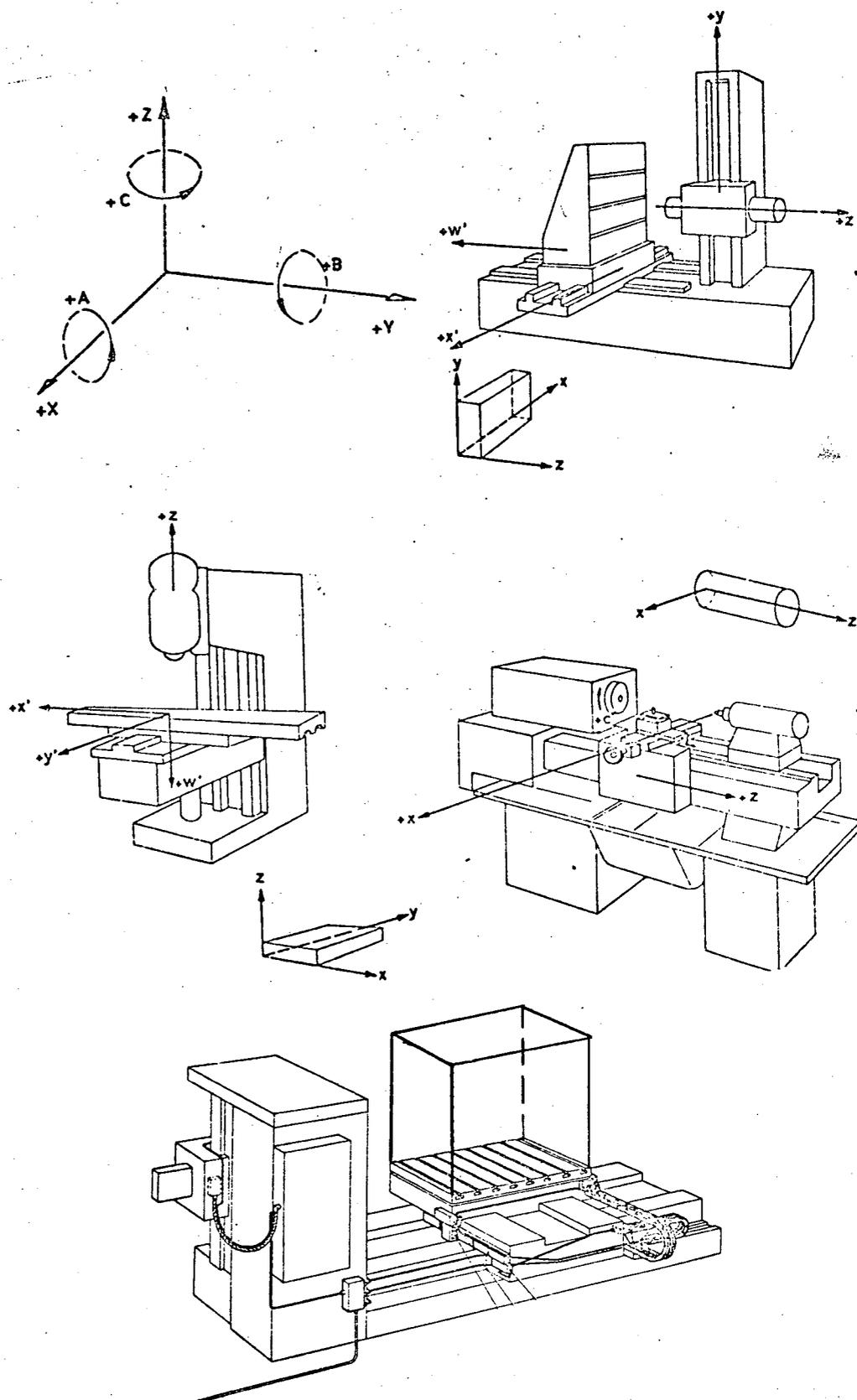


Figura 38 - Sentido de movimentação dos eixos programáveis e espaço de usinagem definido pelos eixos, mesa de fixação

1.6.2 - Porta-Ferramentas

Na figura 39, observa-se a execução de várias operações distintas, algumas com a mesma ferramenta e outras necessitando de ferramentas diferentes. Isto demonstra a versatilidade e flexibilidade do C D U reduzindo-se com isto a necessidade da peça "passar" por várias máquinas.

O tempo ganho com a versatilidade do C D U de executar inúmeras operações de usinagem com apenas uma fixação seria totalmente em vão se houvesse a necessidade de complexas e difíceis operações para fixar ou selecionar a ferramenta que o C D U deveria utilizar. Isto não ocorre porque ele possui um sistema automático de troca de ferramentas.

Têm-se atualmente 2 sistemas básicos de porta-ferramentas (fig. 40).

- Mecanismo torre-revolver;
- Mecanismo de corrente.

A utilização de um dos dois sistemas depende do fabricante, cabendo ressaltar que os sistemas por correntes é que possibilitam a fixação de um número maior de ferramentas.

O número de ferramentas que pode ser fixado no porta-ferramenta é de grande importância uma vez que um maior número de operações é possível com ferramentas diferentes. Cabe ressaltar a importância de uma troca rápida e precisa das ferramentas bem como a possibilidade de fácil acesso ao porta-ferramentas.

1.6.3 - Mesa-Auxiliar

Uma característica construtiva importante dos CDU's e que traz uma redução dos tempos de preparação da máquina é o fato de os C D U possuírem uma mesa auxiliar de trabalho. Têm-se

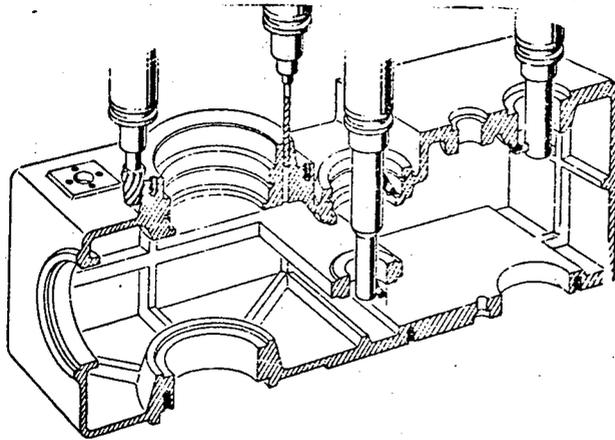


Figura 39 - Operações possíveis com o CDU

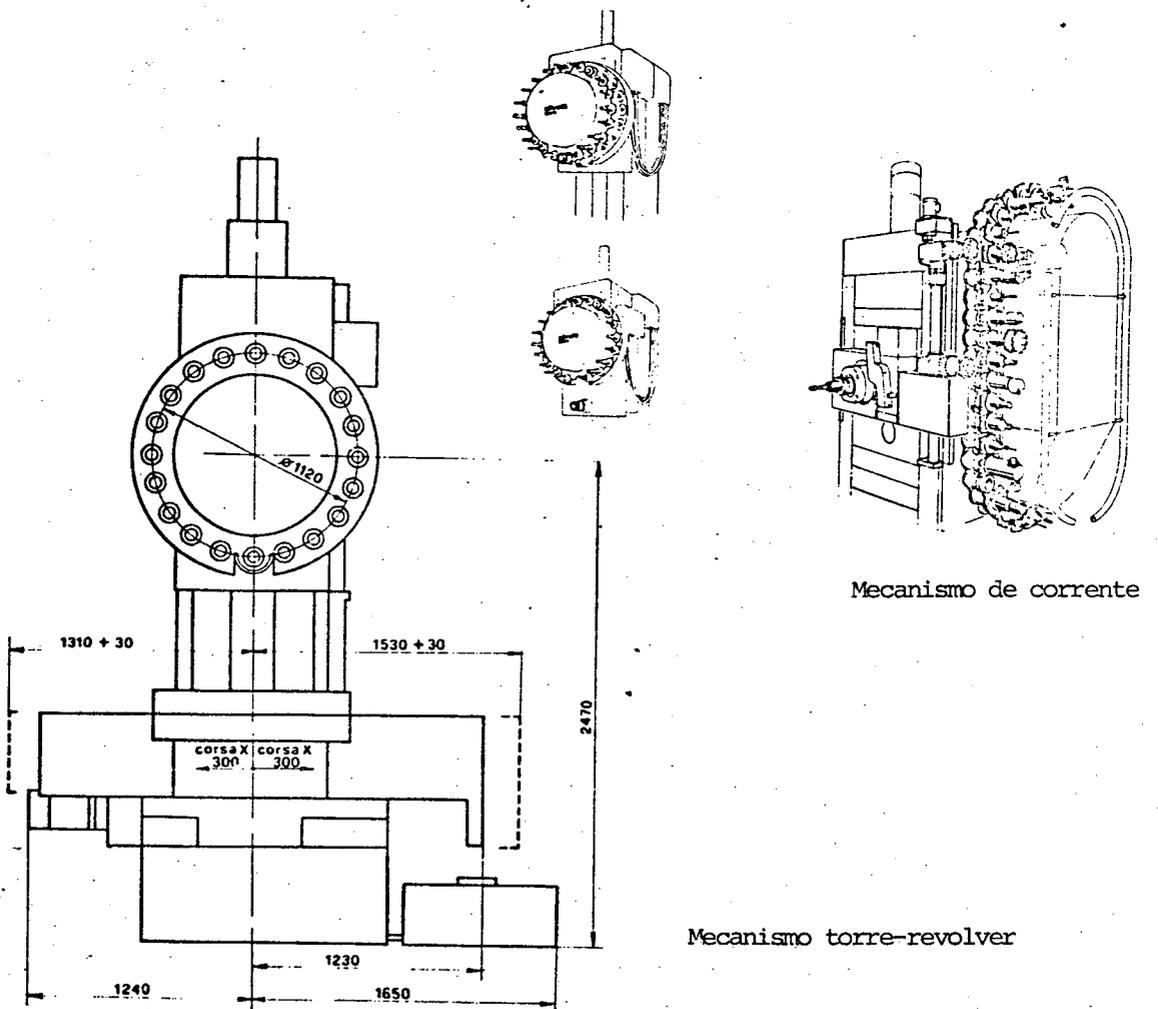


Figura 40 - Sistemas básicos de porta-ferramentas

com isto, duas mesas de trabalho que por um mecanismo de troca e transporte são "levadas" à área de usinagem.

Uma peça é fixada na mesma "A". Com início do programa, a mesa é levada à área de usinagem onde a peça "a" é usinada. Enquanto isto, a peça "b" é fixada na mesa "B".

Quando a usinagem da peça "a" está completa, a mesa "A" é retirada mediante um comando dado automaticamente pelo programa, introduzindo-se a mesa "B". Enquanto a peça "b" é usinada, o operador retira a peça "a" da mesa "A" e fixa nova peça bruta (fig. 41). Esta operação possibilita uma considerável redução dos tempos de preparação, trazendo conseqüentemente um aumento considerável da produtividade.

Graças ao mecanismo de troca das mesas, pode-se fixar as peças em estrados que seriam transportados por uma esteira ou outra forma qualquer de transporte entre as máquinas, possibilitando uma forma segura, automática e rápida de transporte entre as máquinas e entre os estoques intermediários e as máquinas. Uma peça poderia ser fixada uma vez apenas durante todo o fluxo de produção (fig. 42).

Os C D U's são a versão mais elaborada e perfeita das máquinas ferramentas exigindo uma lógica de produção muito rigorosa tanto quanto ao aspecto tecnológico como quanto ao processo. São recomendados para fabricação de peças em lotes pequenos e médios possibilitando economias da ordem de 50% no tempo de processamento em comparação a operação em máquinas convencionais. Devido a complexibilidade e tipo de operações de usinagem pode-se utilizar os C D U's na fabricação de lotes médios e grandes. Existem diversos modelos de C D U's havendo variações no tamanho, nº de mesas, nº de ferramentas, nº de eixos movimentados etc sendo encontrados nos mais diferentes tipos de indústrias metal-mecânicas (aero-espacial, automotiva etc) graças a sua versatili

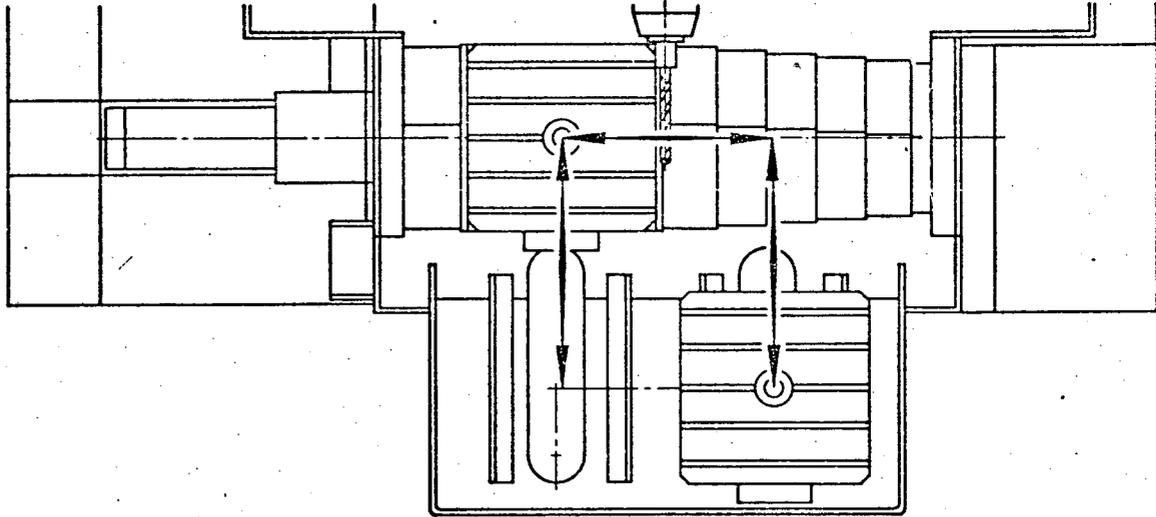


Figura 41- Sistema de troca de mesas ; possibilitando a fixação de peças com a maquina em operação

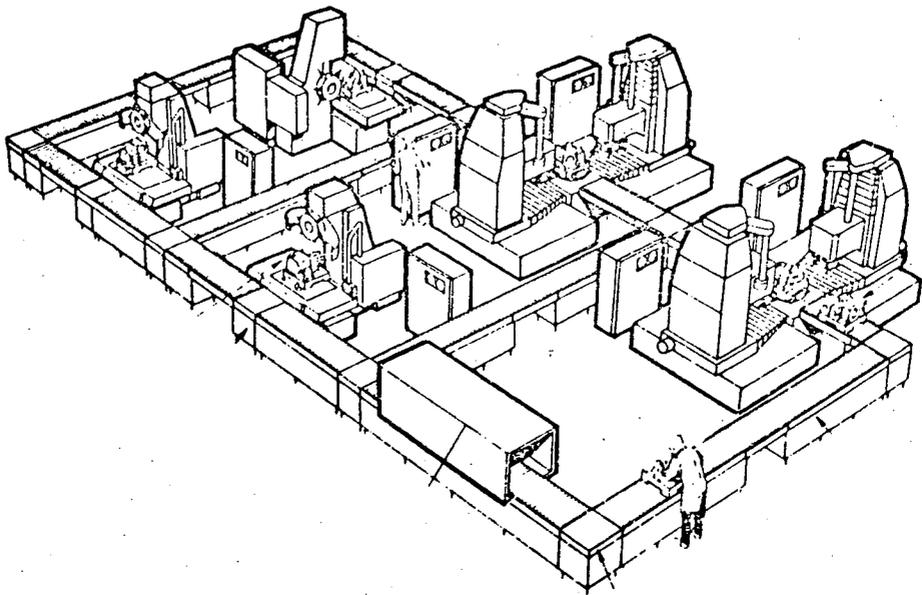


Figura 42 - Centro de fabricação

dade, flexibilidade e capacidade de reduzir consideravelmente os tempos não produtivos.

O C D U pode ser utilizado com os mais diversos tipos de arranjo físico ou modelo funcional, sendo o "grupo de máquinas" aquele no qual melhor se adapta. Sua associação com máquinas convencionais é possível e quando em grupo de máquinas é normalmente o núcleo da célula, recomendando-se que a peça só seja retirada do C D U quando não houver mais nenhuma operação que possa ser realizada nele, para reduzir as causas de erros que crescem com o número de vezes que a peça é montada e desmontada.

A P Ê N D I C E 2

1. HISTÓRICO do DESENVOLVIMENTO de MAQUINAS de COMANDO NUMÉRICO

1.1 - Histórico e desenvolvimento nos Estados Unidos e na Alemanha.

O comando numérico teve início nos Estados Unidos da América (EEUU) por volta de 1947. Havia necessidade de simplificar a construção de helicópteros onde eram necessários 50 gabaritos para a fabricação das hélices, sendo difícil e trabalhoso. A "Parsons Company" executou um programa de computadores onde as coordenadas dos vários pontos de hélice eram calculados, posteriormente estes dados eram levados a uma máquina traçadora.

No ano seguinte a Força Aérea Americana (USAF) interessou-se pelo assunto, dado o problema que enfrentava para fabricar peças de geometria complexa e elevada precisão. Sendo assim, desenvolveu-se um projeto conjunto entre a Parsons e o Massachusetts Institute of Technology (MIT), financiado pelo Departamento de Defesa Americano, culminando em 1952 com o surgimento do primeiro protótipo de uma máquina comandada numericamente pesando várias toneladas. As primeiras máquinas-ferramentas comandadas numericamente foram instaladas na Indústria Aeronáutica dos EEUU no ano de 1957.

Em 1963 o número de máquinas C N nos EEUU era 3.000, sendo que a partir daí a evolução foi rápida chegando a 15.000 em 1968 e 30.000 em 1973, 53.900 em 1978. Estima-se que o parque mundial possui aproximadamente 120.000 máquinas ().

O levantamento feito pela revista American Machin⁽¹³⁾ fornece ainda as seguintes informações:

(13) STEMMER, Caspar E. Estágio atual do Comando Numérico no Brasil. São Paulo, Maquinas & Ferramentas, maio-1981. pg.18-22

Apenas 10% das máquinas-ferramentas em operação nos EEUU foram instaladas no período de 1973-1978 contra 21% nos cinco anos anteriores. Por outro lado, 34% das máquinas tem mais de 20 anos de uso. Entre as máquinas instaladas nos últimos anos 74% são de CN (23% indústria aeronáutica, 2,6% indústria automotiva). Nos últimos 3 anos, em cada 8 máquinas-ferramentas instaladas, uma era de CN. O levantamento incluía 38.246 empresas com mais de 20 empregados totalizando 9.516.880 empregados, 12,9% das máquinas CN estão instaladas em empresas de 50 a 99 empregados, totalizando 26% em empresas de 20 a 100 empregados.

Na República Federal da Alemanha (RFA) a utilização do CN iniciou aproximadamente 10 anos depois dos EEUU, certamente residindo a causa deste atraso no fato de a indústria aeronáutica ser insignificante e não haver apoio tão significativo do Estado como no caso dos EEUU. O desenvolvimento não centrou-se apenas em fresagem mas em operação de torneamento e operações mais ou menos complexas de mandrilamento e fresamento.

Os construtores apresentaram soluções técnicas inovadoras, o "hardware" de comandos, bem como a programação com auxílio de computadores, foram desenvolvidos. São pioneiros neste sentido, demonstrações feitas na feira de Hannover, em 1964 pela firma Pihler com seu centro de torneamento com programação computarizada AUTOPIT e em 1967, a linguagem de programação EXAPT foi apresentada, resultado de uma ação conjunta das Universidades de Aachen, Berlin e Stuttgart. A partir de 1968 a utilização do CN na Alemanha toma um forte impulso. O número de instalações cresce aproximadamente de 3.000 em 1968 para 7.000 em 1973, situando-se em torno de 14.000 em 1978.

O CN expandiu-se rapidamente nestes países, proporcionando a indústria ótimos resultados dada as inúmeras vantagens que oferece (redução dos custos de mão-de-obra, melhor con

trole de fluxo de produção, maior rapidez e precisão na execução de peças etc).

Observando-se o quadro 15 e a figura 43 , nota-se um crescente aumento na utilização de máquinas CN.

1.2 - Situação no Brasil

A primeira máquina de comando numérico foi instalada no Brasil em 1968 na Ford, tratava-se de um centro de usinagem horizontal Kaerney & Trecker modelo Milwaukee II.

Em 1969 instala-se uma máquina semelhante na firma Worthington Máquinas S/A e em 1970 a terceira na Clark.

Atualmente, com base em dados levantados pela Sociedade Brasileira de Comando Numérico (SOBRACON) e pela Faculdade de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (set. 1980 a fev. 1981), pode-se resumir a situação no quadro a seguir (fig. 16)⁽¹⁴⁾.

A primeira máquina CN fabricada no Brasil foi um torno, fabricado pelas Indústrias ROMI S/A (Sta. Bárbara D'Oeste). Hoje existem vários fabricantes de máquina CN no Brasil, bem como fabricantes de gabinete (quadros 16 e 17)

Com o desenvolvimento do CN no Brasil surgiu também a necessidade da utilização de linguagens de programação, optando cada usuário por uma ou outra linguagem. Esta opção está sendo feita baseada em vários fatores; indicação da matriz ou fornecedor do equipamento, custo de implantação, outros equipamentos disponíveis na empresa. A linguagem a ser utilizada depende

(14) STEMMER, Caspar E. Op. cit. (13)

Ano	Vendas Mundiais		%
	Máquinas-Ferramentas	Máquinas-Ferramentas a controle numérico	
1968	6.543	530	8
1969	7.475	500	7
1970	8.268	440	5
1971	8.149	445	5
1972	8.965	490	5
1973	11.548	760	7
1974	12.656	960	8
1975	13.640	1.100	8
1976	13.387	1.200	9
1977	15.046	1.450	10
1978	19.068	2.100	11
1979	22.693	3.000	13

Valores em US\$ 10⁹

Quadro 15 - Estimativa das vendas de MF a CN em comparação ao total de vendas de MF

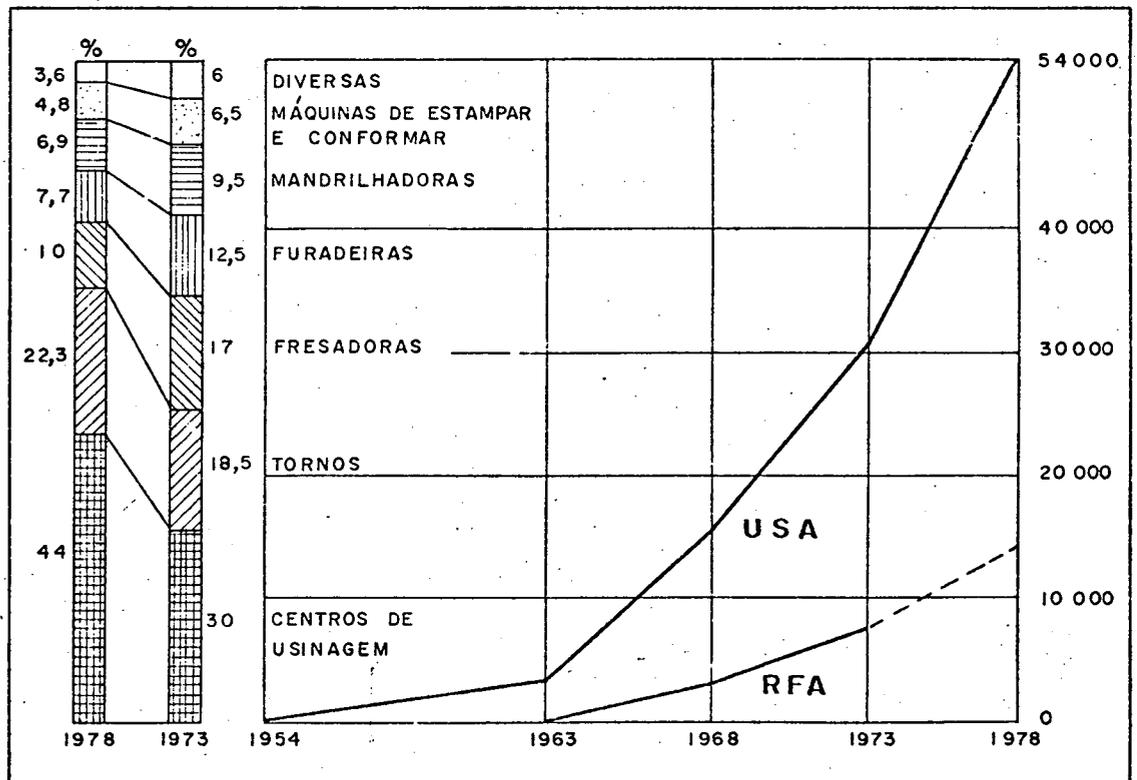


Figura 43 - Evolução da utilização de máquinas CN. Crescente aumento de máquinas complexas

1 - Número de usuários		
A - Responderam ao questionário		
Sobracon/Fac. Adm. UFRJ		78
B - Usuários c/ dados obtidos indiretamente		54
C - Prováveis usuários, porém sem dados		25
NÚMERO TOTAL PROVÁVEL DE USUÁRIOS		157
2 - Número de máquinas NC instaladas em 1980		
- Nos usuários do Grupo A		475
- Nos usuários do Grupo B		149
SUBTOTAL		624
- Admitindo que os prováveis usuários do Grupo C tenham pelo menos uma máquina NC		25
TOTAL MÁQUINAS NC NO BRASIL		649
3 - Número de máquinas por usuário		
Usuários com apenas 1 máquina NC		81
Usuários com 2 a 4 máquinas NC		41
Usuários com 5 a 10 máquinas NC		29
Usuários com 11 a 25 máquinas NC		4
Usuários com mais de 25 máquinas NC		2
TOTAL		157
4 - Distribuição, pelos vários tipos de máquinas		
Tornos horizontais		172
Tornos verticais		24
Centros de usinagem horizontais		137
Centros de usinagem verticais		55
Fresadoras		36
Mandriladoras		16
Furadeiras		24
Retíficas		5
Estampadoras e puncionadoras		10
Eletroerosão por fio		14
Recorte oxí-acetilênico		3
Outras		5
TOTAL		501
<p>Não foram classificadas 123 máquinas da GM, quase todas de tipo especial, e as máquinas dos usuários C, das quais não se conhece dados.</p>		

Quadro 16 - Situação da utilização de máquinas CN no Brasil

Empresa	Origem	Produtos
Digicon	BR	CN ponto a ponto desenvolvendo curso contínuo.
Numericon	USA	CN contínuos tipo GE 1050 T, TZ e MC.
Sistema	BR	CN ponto a ponto, desenvolve CN contínuo.
Siemens	RFA	Sínumerik 7/T/M/C.
Diadur	RFA	Leitores de conta, CN ponto a ponto.

Fabricantes de Gabinetes

Produtos	Tornos	Centros de Usinagem	Furadeiras	Fresadoras	Mandriladoras	Puncionadoras Revólveres	Outros
Romi (BR)	M						
Index (D)	M		M				
Wotan (D)		M					
Nardini (BR)	M		P		M		
Itabrás (BR)			F				
Heller (D)				M			
Innobra (I)					T		T
Brevet (D)		T	T				
Montra (D)	T						
Schuller (D)							
Fisame (I)						T	T
Pittler (D)	T					T	

M = produto no mercado
P = protótipo em testes
F = com planos de fabricação
T = com tecnologia disponível na origem (Exterior)

Fabricantes de Máquinas CN

Quadro 17 - Fabricantes de gabinetes e máquinas de comando numérico

também em grande parte do tipo de serviço a ser executado e o equipamento que a empresa possui ou pretende adquirir. Inúmeras vantagens advindas com a programação são desperdiçadas e novos problemas surgem com a adoção de várias linguagens numa mesma empresa.

É de vital interesse para as empresas que haja uma maior padronização possível das linguagens. As normas ISO 3592 e ISO 4343 referem-se a normalização das linguagens baseando-se na linguagem APT e suas extensões tecnológicas.

No quadro 18 está caracterizada a situação atual no Brasil em termos de linguagem utilizada.

O fato de possuir o melhor equipamento não é primordial nem suficiente. O importante é dominar a tecnologia deste equipamento, buscar melhorias e adaptá-las às reais necessidades da nossa indústria. Necessita-se para isto, pessoal altamente qualificado.

A UFSC, juntamente com a SOBRACON, está desempenhando um papel importante neste sentido, promovendo cursos e palestras sobre comando numérico. Em 1969, no seu programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, a UFSC ministrou o primeiro curso sobre CN, a partir daí têm-se desempenhado numa luta constante para assimilação e o desenvolvimento desta tecnologia, ressaltando-se o convênio firmado com a Universidade de Aachen. Possui hoje inúmeros equipamentos e pessoal treinado sendo um dos principais centros de treinamento e pesquisa em CN no Brasil.

A indústria nacional tem feito consideráveis esforços para a assimilação desta tecnologia, bem como formar pessoal qualificado a partir para o desenvolvimento de projetos nacionais.

SISTEMA PROGRAMAÇÃO	USUÁRIO	COMPUTADOR	OBSERVAÇÕES
AD-APT	CATERPILLAR EMBRAER	IBM-370	
APT	CSN CTA EMBRAER	IBM-370 IBM-370 IBM-370	
EASYPROG	ENGEX	PDP-8	Torneamento
ELAN	EBERLE ERICSSON	HP-9825 HP-9825	Eletroerosão Eletroerosão
EXAPT	BBC SIEMENS UFSC VW	IBM-4341 R20 IBM-4341 HP-1000 MB-8000 IBM-370 PDP-11/34	Implementação 8/81 Em implementação Implementação 7/81 Implementação 7/81
H100	INDEX MAQUINASA	PDP-11/03 PDP-11/03	Torneamento Torneamento
H400	INDEX	PDP-11/03	Fresagem
NUFORM	ROMI	PDP-11/40	
OLIVETTI GTL - 3 GTL - T	BOSCH BRASEIXOS COBRASMA IPT JUNTAS FLEXA MOLLINS OLIVETTI POSITRON SENAI	P 652 P 652 P 652 P 6060 P 6060 P 6060 P 6060 P 6040 P 6060	
SAPT	VIBASA	CANON	
T - APT	ERICSSON THISSEN H.	HP - 9825 PDP - 11/03	Eletroerosão

Quadro 18 - Linguagens de alto nível utilizadas no
Brasil

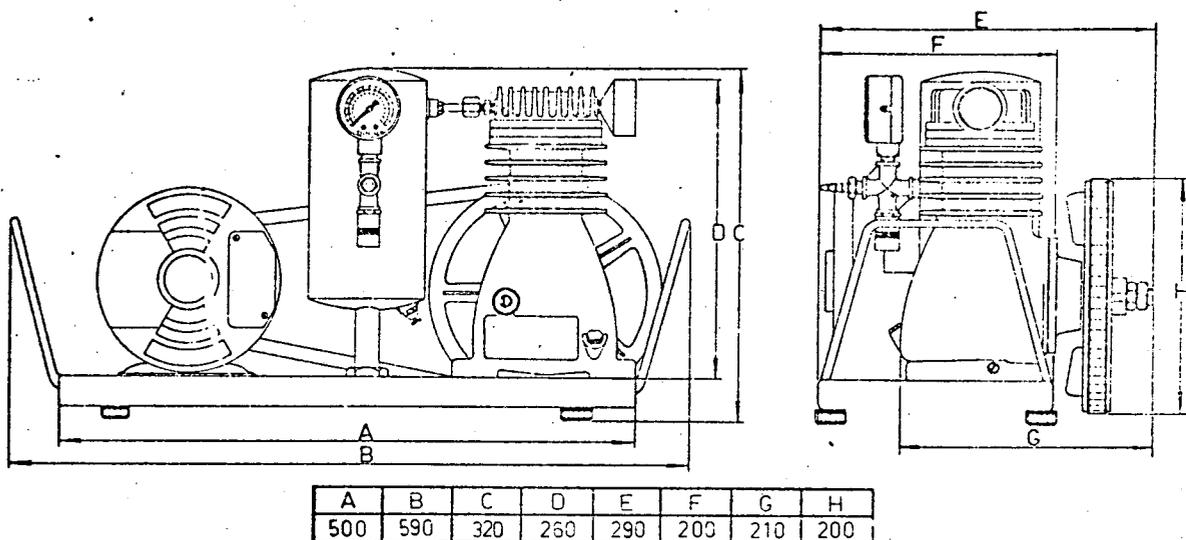
A P Ê N D I C E 3

1. SISTEMAS COMPRESSORES

A linha de sistemas compressores destina-se a uma vasta gama de aplicações industriais, construções, oficinas, postos de gasolina, equipamentos odontológicos, poços artesanais etc.

Os produtos tem como base 6 compressores com variação na dimensão dos reservatórios e potência dos motores.

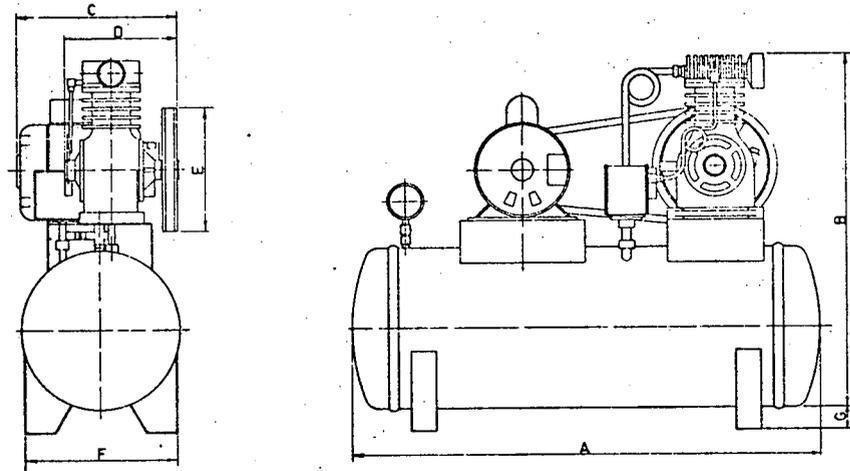
1.1 - Modelo CD 70 ar direto



Características:

cilindrada : 88cc
 pressão máxima : 8,5 kg/cm²
 deslocamento : 70 litros/min
 rotação do compressor: 800 rpm
 potência : 1/3 CV
 nº de cilindro : 1

1.2 - Compressores de ar 1 estágio CD 70/20-CD 70/40 - CD 70/60



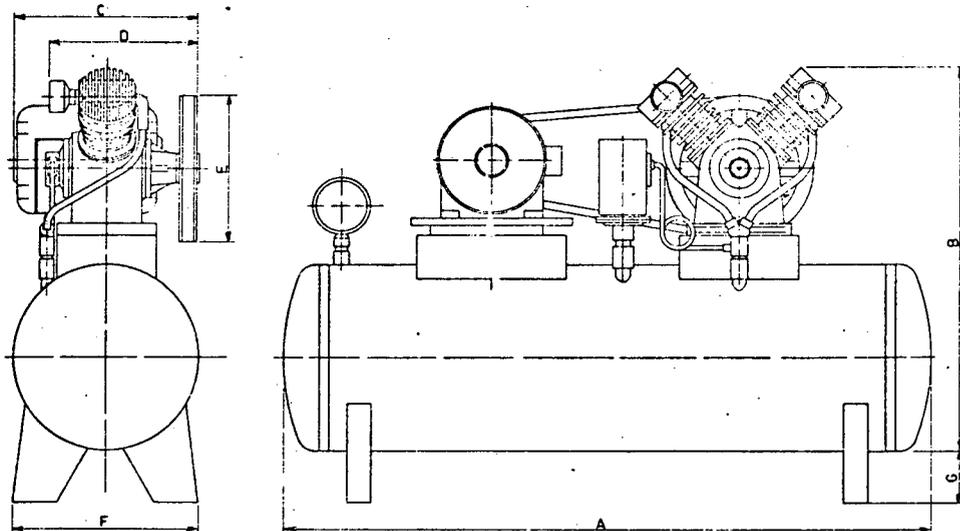
Capacidade (L)	A	B	C	D	E	F	G
20L	610	500	235	175	200	200	40
40L	680	560	235	175	200	260	50
60L	750	640	235	175	200	315	50

Características:

idênticas aos do CD 70 ar direto

com opção de reservatórios de 20,25,40,50,60

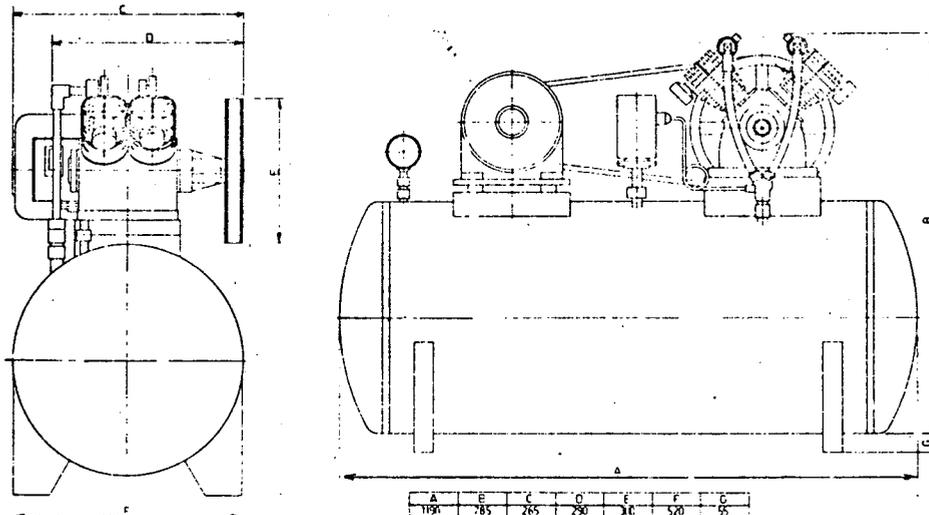
1.3 - Compressores de ar 1 estágio CD-V-140/130



A	B	C	D	E	F	G
1160	725	245	195	250	445	45

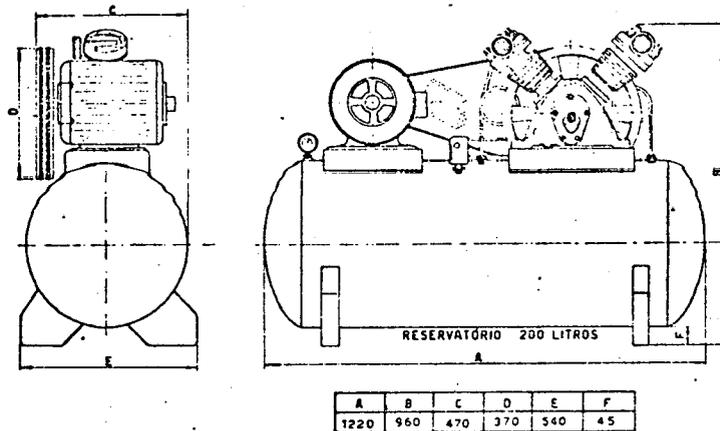
Características:

cilindrada : 176 cc
 pressão máxima : 8,5 kg/cm²
 deslocamento : 140 litros/min
 rotação do compressor: 800 rpm
 potência : 1CV
 nº de cilindro : 2
 com opção de reservatório de 60,50,1130 litros.

1.4 - Sistema compressor de 1 estágio CD 2V-280**Características:**

cilindrada : 352
 pressão máxima : 10,5 kg/cm²
 deslocamento : 280 litros/min
 rotação do compressor: 800 rpm
 nº de cilindros : 4
 capacidade do tanque : 130 e 200 litros

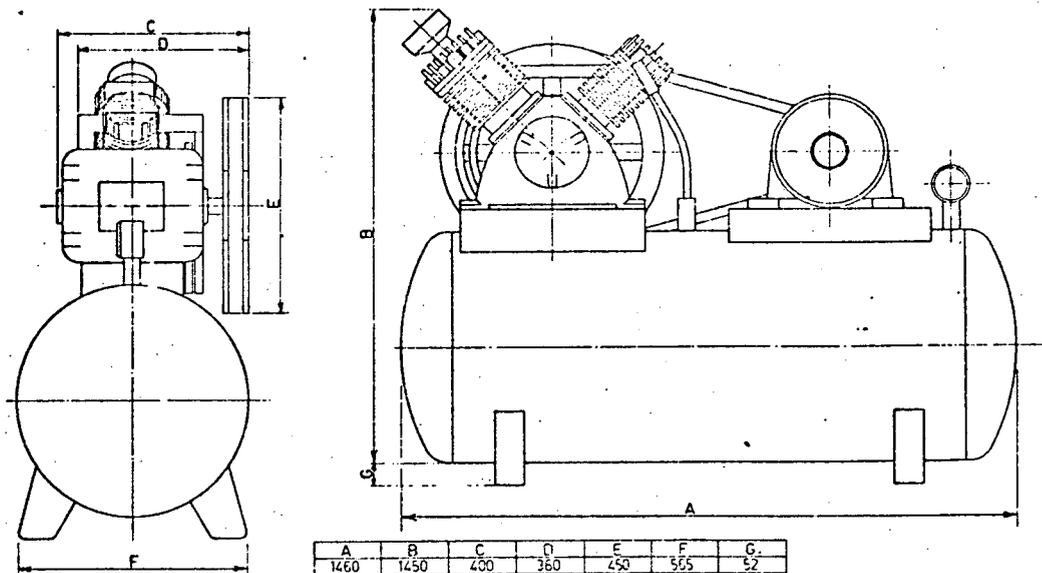
1.5 - Sistema compressor de 1 estágio CD 420



Características:

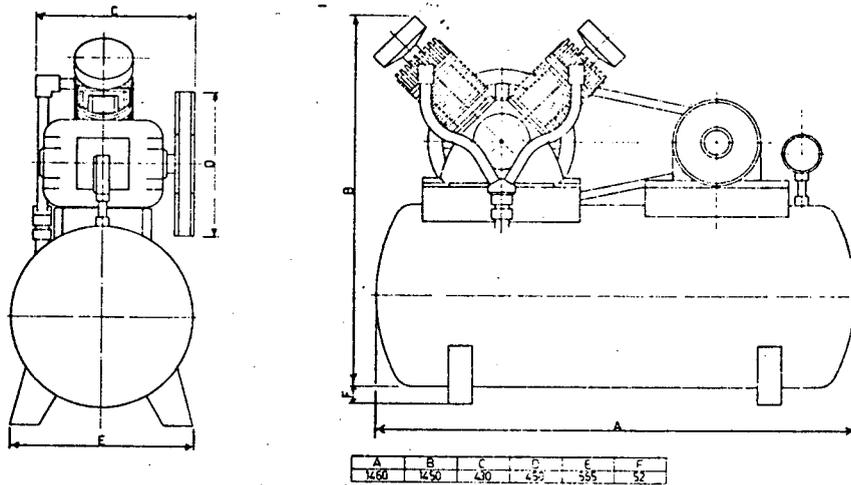
cilindrada	:	466 CC
pressão máxima	:	10,5 kg/cm ² (150 libras)
deslocamento	:	420 litros/min (15 pés 3)
rotação do compressor	:	900 rpm
potência	:	3 hp
nº de cilindro	:	2
capacidade do reservatório:		200 litros

1.6 - Sistema compressor de 2 estágios CD-566



Características:

cilindrada : 1018 CC
 pressão máxima : 10,5 kg/cm²
 deslocamento : 566 litros/min
 rotação do compressor: 555 rpm
 capacidade do tanque : 250 e 350 litros
 potência : 5CV - motor 4 polos
 nº de cilindros : 2

1.7 - Sistema compressor de 1 estágio CD 1132**Características:**

cilindrada : 2036 CC
 pressão máxima : 6,3 kg/cm²
 deslocamento : 1132 litros/min
 rotação do compressor: 555 rpm
 capacidade do tanque : 350 litros
 potência : 7,5 CV - motor 4 polos
 nº de cilindros : 2

A P Ê N D I C E 4

I. CONJUNTOS dos COMPRESSORES

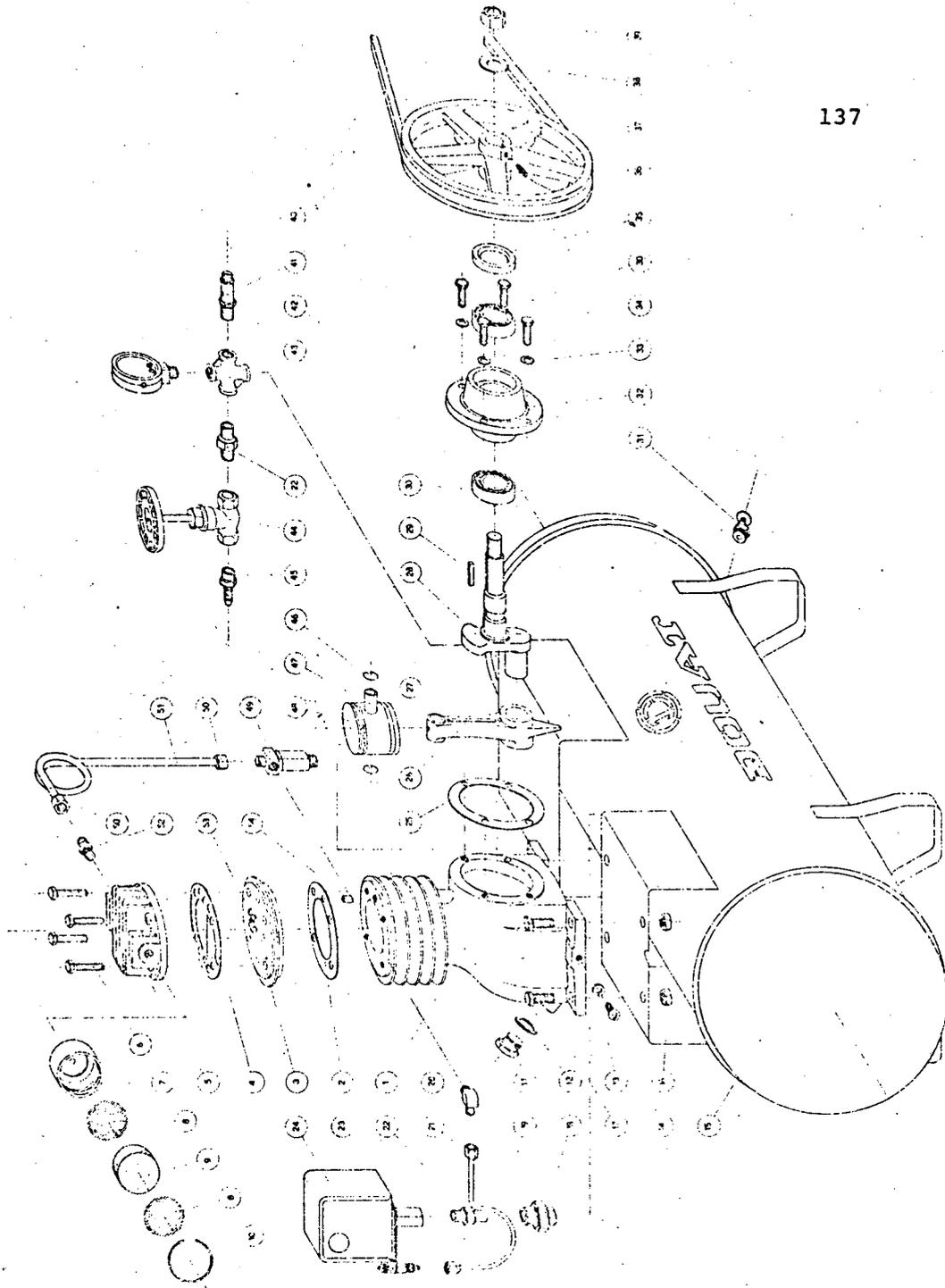
Com base nos desenhos e listas apresentadas neste apêndice, observa-se a relativa complexibilidade dos compressores e o grande número de partes com que são constituídos. Existem componentes que fazem parte de todos os modelos de compressores.

Entre os diversos componentes, as carcaças destacam-se por vários motivos: dimensão, responsáveis pela forma básica do compressor e por serem também a base de montagem de inúmeros outros componentes.

Uma observação superficial das peças possibilita a determinação de algumas linhas para a caracterização das famílias de peças como por exemplo: cilindros, pistões, carcaças, virabrequins e bielas, parafusos etc.

Após a classificação das famílias pode-se, se necessário, determinar mais facilmente os grupos de tecnologia.

As figuras existentes a seguir mostram a vista explodida dos diferentes compressores, podendo-se observar seus inúmeros componentes e a importância das carcaças na estrutura e função do compressor. Junto a vista explodida estão as listas de identificação dos diferentes componentes que compõem o compressor.



1	Carcasa 4C 1	1	33	Arruela lisa 6,5x11x1mm (Alumínio)	4
2	Junta n.º 7	1	34	Parafuso sext. 5/16" x 1"	4
3	Placa de válvula 4C 19	1	35	Parafuso Sabó n.º 762-BR 1	1
4	Junta n.º 6	1	36	Volante 4C 22	1
5	Cabeçote 4C 5	1	37	Parafuso Teller 1/4" cabeça 1/4" x 1/2"	1
6	Parafuso sext. 1/4" x 1 1/4"	4	38	Arruela lisa 15x22x2mm (aço)	1
7	Filtro de ar 1C 27	1	39	Porca sext. Normal 1/2"	1
8	Tela do filtro	2	40	Correia A 47	1
9	Esporão do filtro	1	41	Válvula de segurança 1/4"	1
10	Anel de pressão	1	42	Manchêmetro 260 Lbs.	1
11	Bujão de entrada do óleo 1/4" Gás	1	43	Cruzeta 1/4"	1
12	Arruela lisa 13x18x1mm (Alumínio)	1	44	Registo 1/4"	1
13	Arruela de borracha 7x17x2mm	1	45	Eco de mangueira	1
14	Parafuso de fundo 5/16" x 1/2"	1	46	Tapa do pistão	2
15	Reservatório de Ar (Horiz. 20L 40L 60L Vert. 25L 52L)	1	47	Pino de pistão	1
16	Porca Sext. Normal 5/16"	4	48	Placa 2"	1
17	Parafuso Sext. 5/16" x 1"	4	49	Válvula de retenção	2
18	União 1/4"	1	50	Porca DM19	1
19	Tubo de saída 3/16" (cobre)	1	51	Tubo de descarga 5/16" (cobre)	1
20	Catavela UAZ	1	52	Niple DM19	2
21	Porca DM11	1	53	Válvula da placa	1
22	Niple 1/4"	2	54	Resina	1
23	Porca do Disjuntor	1			
24	Disjuntor n.º 1208	1			
25	Junta n.º 5	1			
26	Bielá 4C 14	1			
27	Jogo de anéis	1			
28	Vedobrequim 4C 12	1			
29	Chave-tal parafuso	1			
30	Rolamento cónico N.º 11949/N.º 11910	2			
31	Purgador 1/4"	1			
32	Caixa de rolamentos 4C 6	1			

Figura 44 - Vista explodida do compressor CD70

REF.	PEÇAS - CDV	QUANT.
1	Parafuso S&W 1/4" x 1 1/2"	1
2	Porca S&W 1/4"	1
3	Chave de fenda	1
4	Chave de torque de 10 lb	1
5	Chave de torque de 20 lb	1
6	Chave de torque de 40 lb	1
7	Chave de torque de 80 lb	1
8	Chave de torque de 160 lb	1
9	Chave de torque de 320 lb	1
10	Chave de torque de 640 lb	1
11	Chave de torque de 1280 lb	1
12	Chave de torque de 2560 lb	1
13	Chave de torque de 5120 lb	1
14	Chave de torque de 10240 lb	1
15	Chave de torque de 20480 lb	1
16	Chave de torque de 40960 lb	1
17	Chave de torque de 81920 lb	1
18	Chave de torque de 163840 lb	1
19	Chave de torque de 327680 lb	1
20	Chave de torque de 655360 lb	1
21	Chave de torque de 1310720 lb	1
22	Chave de torque de 2621440 lb	1
23	Chave de torque de 5242880 lb	1
24	Chave de torque de 10485760 lb	1
25	Chave de torque de 20971520 lb	1
26	Chave de torque de 41943040 lb	1
27	Chave de torque de 83886080 lb	1
28	Chave de torque de 167772160 lb	1
29	Chave de torque de 335544320 lb	1
30	Chave de torque de 671088640 lb	1
31	Chave de torque de 1342177280 lb	1
32	Chave de torque de 2684354560 lb	1
33	Chave de torque de 5368709120 lb	1
34	Chave de torque de 10737418240 lb	1
35	Chave de torque de 21474836480 lb	1
36	Chave de torque de 42949672960 lb	1
37	Chave de torque de 85899345920 lb	1
38	Chave de torque de 171798691840 lb	1
39	Chave de torque de 343597383680 lb	1
40	Chave de torque de 687194767360 lb	1
41	Chave de torque de 1374389534720 lb	1
42	Chave de torque de 2748779069440 lb	1
43	Chave de torque de 5497558138880 lb	1
44	Chave de torque de 10995116277760 lb	1
45	Chave de torque de 21990232555520 lb	1
46	Chave de torque de 43980465111040 lb	1
47	Chave de torque de 87960930222080 lb	1
48	Chave de torque de 175921860444160 lb	1
49	Chave de torque de 351843720888320 lb	1
50	Chave de torque de 703687441776640 lb	1
51	Chave de torque de 1407374883553280 lb	1
52	Chave de torque de 2814749767106560 lb	1
53	Chave de torque de 5629499534213120 lb	1
54	Chave de torque de 11258999068426240 lb	1

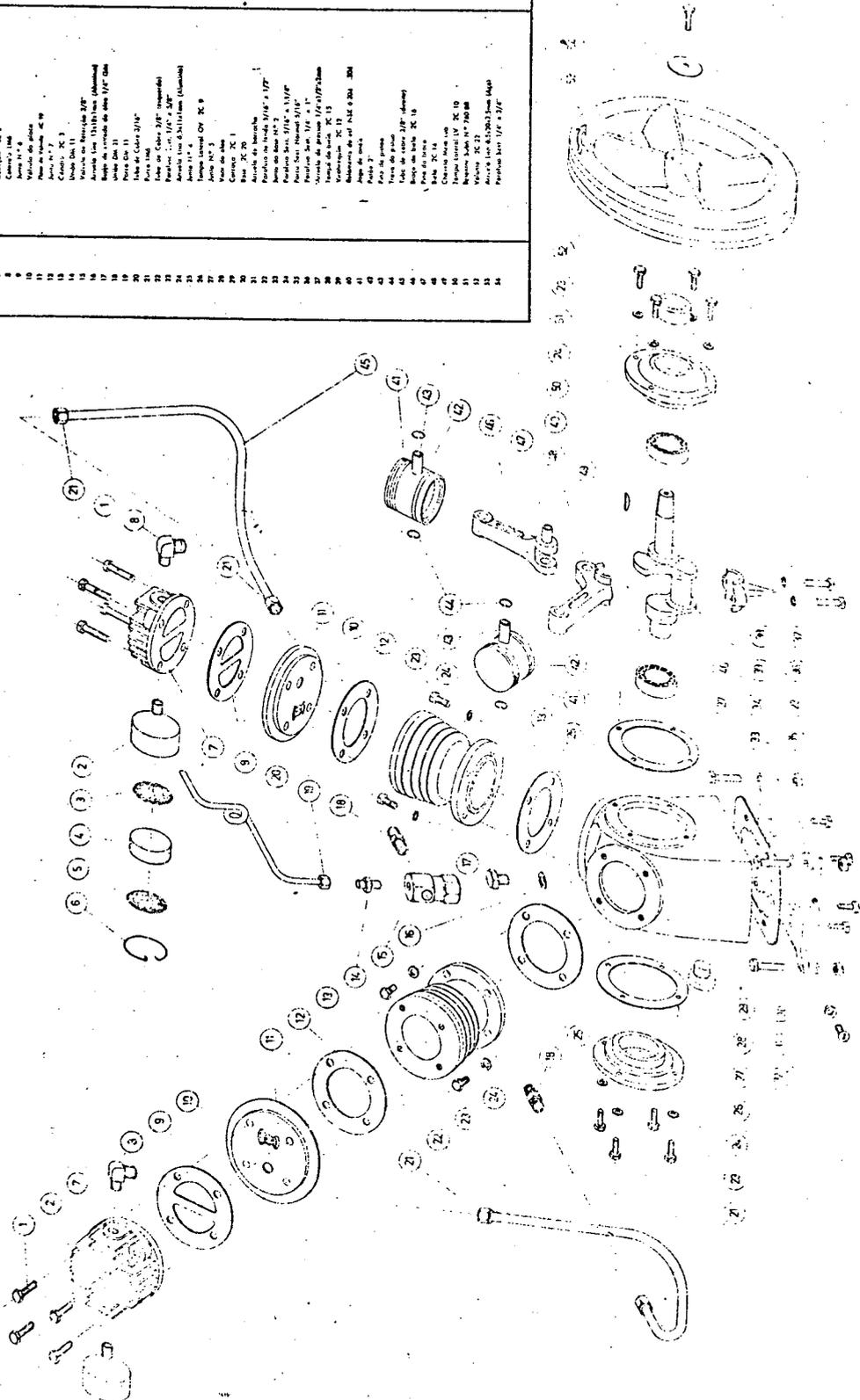


Figura 45 - Vista explodida do compressor CDV

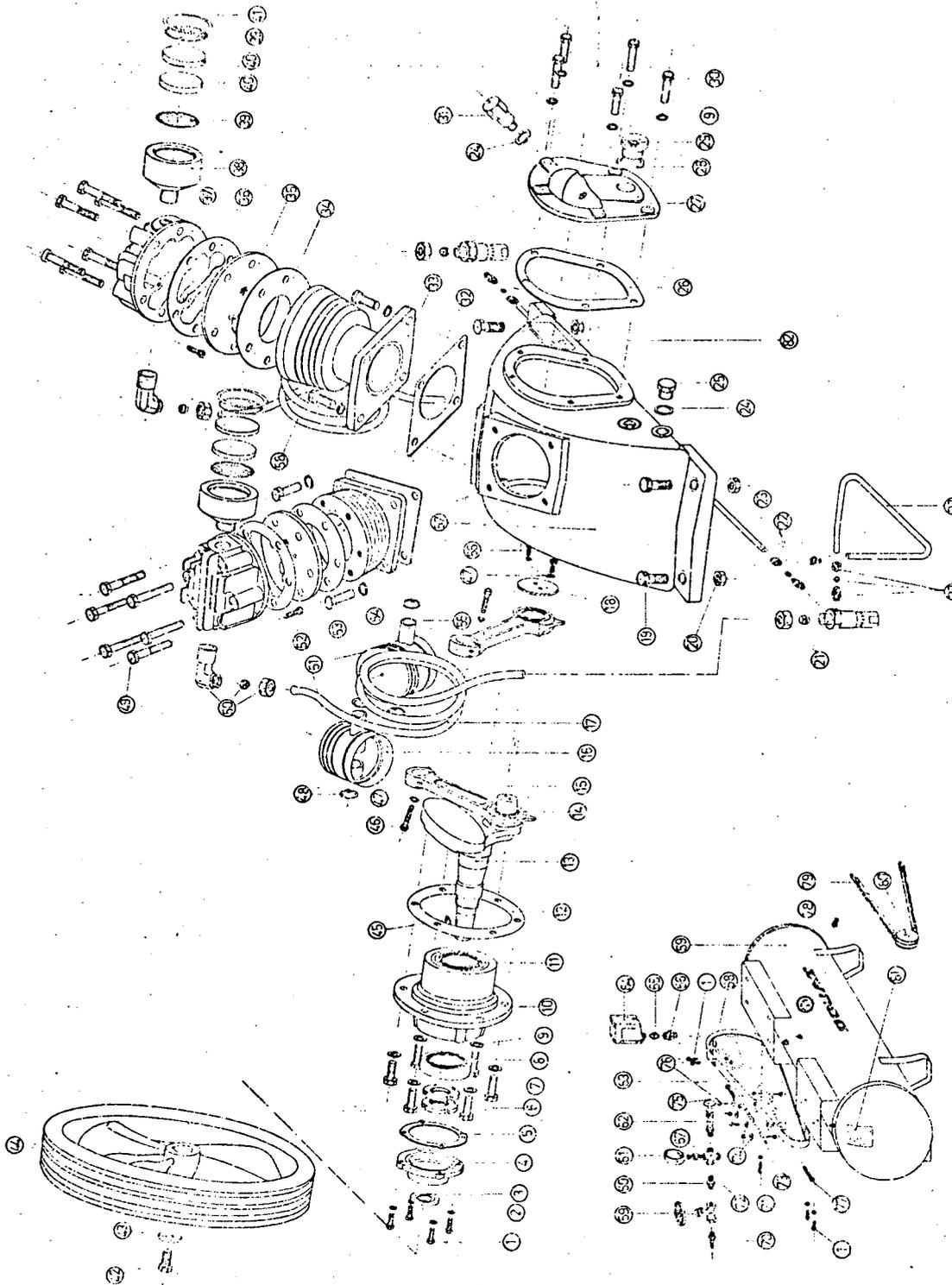


Figura 47 < Vista explodida do compressor CD 420.

Nº	DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE
01	Parafuso sextavado 1/4x5/8	09
02	Arruela de Alumínio 6,5x11x1	04
03	Retentor SABO 01556	01
04	Tampa do retentor (5C7)	01
05	Junta Nº. 20	01
06	Porca KM 6 (5C31)	02
07	Rolamento L. V. Nº. 48548/48510	01
08	Parafuso sextavado 3/8 x 1"	06
09	Arruela de cobre 9,5 x 14 x 1	11
10	Caixa do rolamento (5C6)	01
11	Rolamento L. O. V. Nº. 25577/25522	01
12	Junta Nº. 18	01
13	Virabrequim (5C12)	01
14	Rolamento de agulha 30/20	02
15	Biela (5C14)	02
16	Pistão 70 mm	02
17	Tubulação de descarga de 1/4 (Direita)	01
18	Arruela de encosto da biela	01
19	Parafuso sextavado 1/2 x 1,1/2	04
20	Porca sextavada de 1/2	04
21	Válvula de retenção do 1/2	02
22	União DM-11	03
23	Tubulação de alívio 3/16	01
24	Arruela de alumínio 13 x 18 x 1	02
25	Bujão de saída do óleo	01
26	Junta Nº. 19	01
27	Tampa de inspeção (5C8)	01
28	Arruela do visor	01
29	Visor do óleo	01
30	Parafuso sextavado 3/8 x 7/8	05
31	Respiro do cárter	01
32	Junta Nº. 17	02
33	Cilindro (5C2)	02
34	Junta Nº. 13	02
35	Placa de válvula (6C18)	02
36	Junta Nº. 11	02
37	Cabeçote (5C4)	02
38	Filtro de ar (5C27)	02
39	Tela do filtro	04
40	Espunja do filtro	04
41	Anel da pressão do filtro	02
42	Parafuso sextavado 5/16 x 1"	01
43	Arruela de chapa 12	01
44	Volante (5C22)	01
45	Chaveta meia lua	01
46	Parafuso Tellep 1/4 x 1,1/2	02
47	Arruela de pressão 1/4	04
48	Anel da pressão do pino do pistão	04
49	Parafuso sextavado 7/16 x 3	12
50	Cotovelo 1/2 x 1/2	02
51	Anéis 70 mm (Jogos)	02
52	Parafuso Tellep 1/4 x 3/4	04
53	Parafuso sextavado 1/2 x 1"	08
54	Arruela de cobre 13 x 18 x 1	08
55	Pino do pistão de 70 mm	02
56	Parafuso tellep 1/4 x 5/8	02
57	Carcaça (5C1)	01
58	Tubulação de descarga 1/2 (esquerda)	01
59	Registro 3/8	01
60	Niple duplo 3/8	01
61	Manômetro 300 Lbs.	01
62	Válvula de segurança 3/8 c/argola	01
63	Proteção	01
64	Disjuntor MG-1206	01
65	Niple duplo 1/4	01
66	União plana 1/4	01
67	Cruzeta 3/8	01
68	Suporte da proteção	01
69	Tanque 200 Litros p/ CDV-420	01
70	Bico de mangueira 3/8	01
71	Porca sextavada de 1/4	05
72	Bucha de redução 3/8 x 1/4	01
73	Trilho do motor (2C21)	02
74	Arruela lisa 5/16	08
75	Porca sextavada 5/16	08
76	Parafuso sextavado 5/16 x 1	08
77	Parafuso sextavado 1/4 x 2"	02
78	Purgador	01
79	Correia A-75	02
80	Polia 96 mm (5C24)	01
81	Decalco de instruções	01
82	Plaqueta de identificação	01

Figura 48 - Lista de peças do compressor CD 420

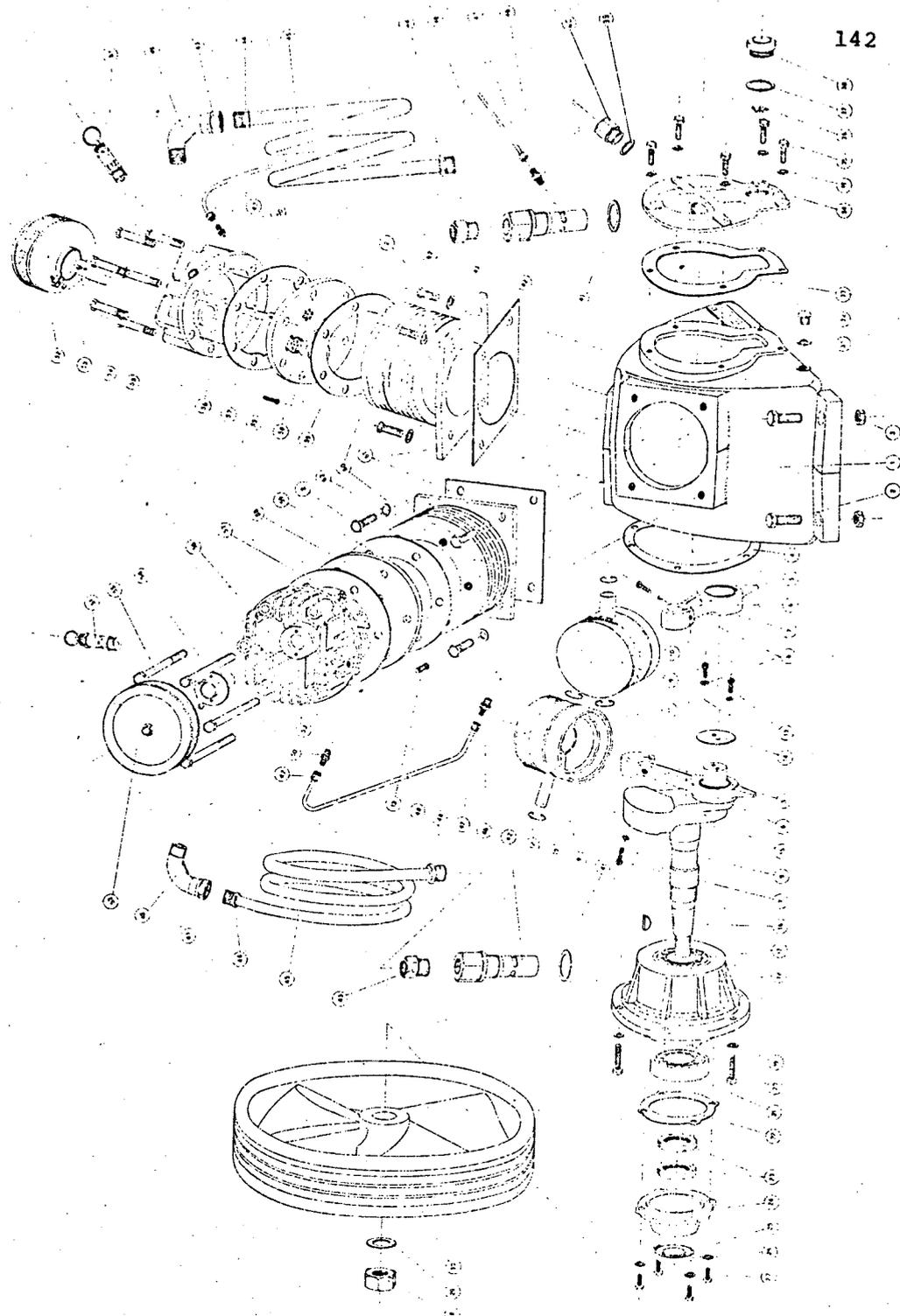


Figura 49 - Vista explodida do compressor CD 566

Nº	DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE
01	Parafuso sextavado 1/4x5/8	09
02	Arruela de Alumínio 6,5x11x1	04
03	Retentor SABO 01556	01
04	Tampa do retentor (5C7)	01
05	Junta Nº. 20	01
06	Porca KM 6 (5C31)	02
07	Rolamento L. V. Nº. 49548/48510	01
08	Parafuso sextavado 3/8 x 1"	06
09	Arruela de cobre 9.5 x 14 x 1	11
10	Caixa do rolamento (5C6)	01
11	Rolamento L. O. V. Nº. 25577/25522	01
12	Junta Nº. 18	01
13	Virabrequim (5C12)	01
14	Rolamento de agulha 30/20	02
15	Biela (5C14)	02
16	Pistão 70 mm	02
17	Tubulação de descarga de 1/2 (Direita)	01
18	Arruela de encosto da biela	01
19	Parafuso sextavado 1/2 x 1.1/2	04
20	Porca sextavada de 1/2	04
21	Válvula de retenção de 1/2	02
22	União DM-11	03
23	Tubulação de alívio 3/16	01
24	Arruela de alumínio 13 x 18 x1	02
25	Bujão de saída do óleo	01
26	Junta Nº. 19	01
27	Tampa de inspeção (5C8)	01
28	Arruela do visor	01
29	Visor do óleo	01
30	Parafuso sextavado 3/8 x 7/3	05
31	Respiro do cárter	01
32	Junta Nº. 17	02
33	Cilindro (5C2)	02
34	Junta Nº. 13	02
35	Placa de válvula (5C18)	02
36	Junta Nº. 11	02
37	Cabeçote (5C4)	02
38	Filtro do ar (5C27)	02
39	Tela do filtro	04
40	Espunja do filtro	04
41	Anel de pressão do filtro	02
42	Parafuso sextavado 5/16 x 1"	01
43	Arruela da chapa 12	01
44	Volante (5C22)	01
45	Chaveta meia lua	01
46	Parafuso Tellep 1/4 x 1.1/2	02
47	Arruela de pressão 1/4	04
48	Anel de pressão do pino do pistão	04
49	Parafuso sextavado 7/16 x 3	12
50	Cotovelo 1/2 x 1/2	02
51	Anéis 70 mm (Jogos)	02
52	Parafuso Tellep 1/4 x 3/4	04
53	Parafuso sextavado 1/2 x 1"	08
54	Arruela de cobre 13 x 18 x 1	08
55	Pino do pistão de 70 mm	02
56	Parafuso Tellep 1/4 x 5/8	02
57	Carcaça (5C1)	01
58	Tubulação de descarga 1/2 (esquerda)	01
59	Registro 3/8	01
60	Niple duplo 3/8	01
61	Manômetro 300 Lbs.	01
62	Válvula de segurança 3/8.c/argola	01
63	Proteção	01
64	Disjuntor MC-1206	01
65	Niple duplo 1/4	01
66	União plana 1/4	01
67	Cruzeta 3/8	01
68	Suporte da proteção	01
69	Tanque 200 Litros p/ CDV-420	01
70	Bico de mangueira 3/8	01
71	Porca sextavada de 1/4	05
72	Bucha de redução 3/8 x 1/4	01
73	Trilho do motor (2C21)	02
74	Arruela lisa 5/16	08
75	Porca sextavada 5/16	08
76	Parafuso sextavado 5/16 x 1	09
77	Parafuso sextavado 1/4 x 2"	02
78	Purgador	01
79	Correia A-75	02
80	Polia 80 mm (5C24)	01
81	Decalco de instruções	01
82	Plaqueta de identificação	01

Figura 50 - Lista de peças do compressor CD 566

A P Ê N D I C E 5

1. FAMÍLIA de PEÇAS das CARÇAÇAS

1.1 - Generalidades

Os critérios básicos utilizados para a formação da família das peças foram suas características funcionais e o aspecto físico (desenho).

Funcionalmente as peças 2C1, 3C1, 4C1, 5C1, 6C1 possuem as mesmas características: fornecem a estrutura básica do compressor. Na carcaça estão fixas a maior parte das peças do compressor.

As carcaças caracterizam-se também por possuírem um aspecto físico semelhante a uma pirâmide.

a) Forma

A forma básica das carcaças é de aspecto piramidal de base retangular. Com orifícios nas laterais, frente e traz; vazias internamente. (fig. 51)

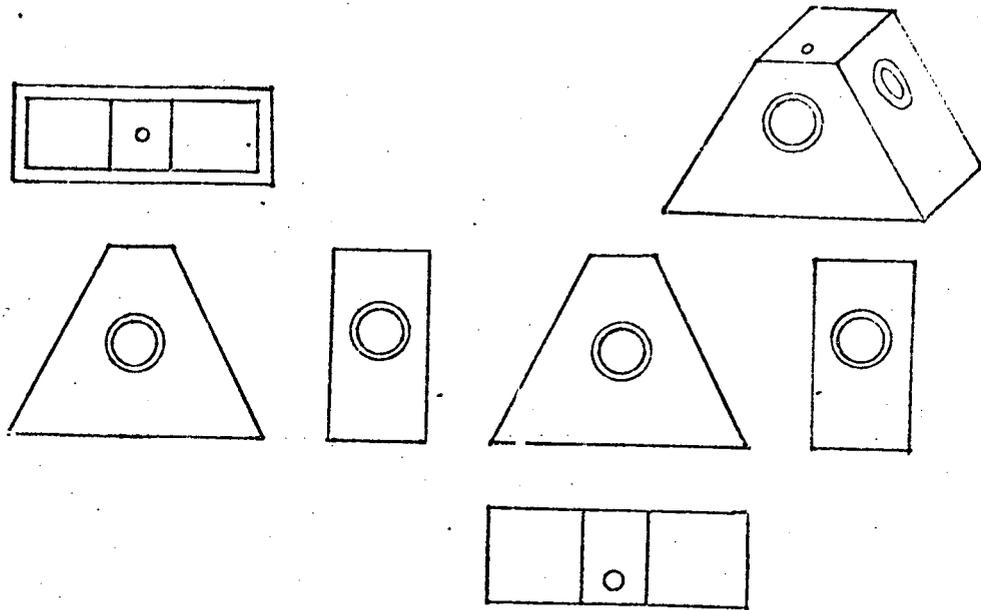


Figura 51 - Forma básica das carcaças

b) Função

Estas peças (carcaças) fornecem base para as demais peças sendo o corpo principal do compressor. A quase totalidade das peças do compressor está diretamente montada na carcaça (ver apêndice 4 : vistas explodidas).

c) Material

As carcaças são fundidas em ferro modular.

d) Processos

As carcaças passam por dois processos distintos de fabricação: Fundição e Usinagem.

- Fundição: com o processo de fundição obtém-se a forma básica da carcaça com menor desperdício de material e com menores custos de fabricação.
- Usinagem: a peça bruta fundida deve passar por operações básicas para adquirir as dimensões corretas, furos , roscas e superfícies com um acabamento que possibilitem a montagem de outras peças na carcaça.

No quadro 19 , estão apresentadas as diferentes operações básicas e quais os processos de usinagem recomendados*.

* Os processos de usinagem dependem do tipo de equipamento utilizado na fabricação das peças. A escolha do equipamento depende de critérios ou como: volume de produção, custos dos equipamentos, precisão desejada e outros fatores.

CARCAÇAS					
Processos de Usinagem Operações Básicas	2C1	3C1	4C1	5C1	6C1
Faceamentos	Fresamento ou Torneamento	Fresamento ou Torneamento	Torneamento	Fresamento	Fresamento
Desbastes cilíndricos internos	Torneamento ou Mandrilamento				
Furos	Brocamento	Brocamento	Brocamento	Brocamento	Brocamento
Roscas	Roscamento	Roscamento	Roscamento	Roscamento	Roscamento
Retificação	xxxxxx	xxxxxx	Retificação	xxxxxx	xxxxxx

Quadro 19 - Operações básicas por que passam as carcaças e quais os processos de usinagem recomendados

e) Operações

A partir da peça bruta fundida deve-se executar inúmeras operações para que obtenha-se as carcaças na sua forma final, ou seja, pronta para montagem.

As operações básicas estão apresentadas no quadro 19 . Estas operações repetem-se numa mesma carcaça, uma vez que inúmeros são os lugares onde devem-se executar operações de desbaste, faceamento, furação, roscamento ou retificação.

No quadro 20 , têm-se as operações pelas quais devem passar as diferentes carcaças e qual o processo de usinagem recomendado quando da fabricação com um grupo de máquinas convencionais ou grupo de máquinas CN com CDÜ.

149

CARÇAÇA →	2C1		3C1		4C1		5C1		6C1	
GRUPO DE MÁQUINAS OPERAÇÕES	CN ⁽¹⁾		CN	MC	CN	MC	CN	MC	CN	MC
		MC ⁽²⁾								
Desbaste cilíndrico interno face A			M	T ⁵	T	4	X		X	
Faceamento face A	FR ⁽⁵⁾	T ²	FR	T ¹⁵	T	4	FR	3	FR	4
Furação dos pontos da face A.		5		8		7		6		9
Roscamento dos pontos da face A	BR ⁽⁶⁾		BR		BR		BR		BR	
	R ⁽⁷⁾	11	R	13	R	11	R	8	R	7
Desbaste cilíndrico interno face B	M	T	M	T	X		M	11		X
Faceamento face B	FR	T	FR	T	X		FR	11		15
Furação dos pontos da face B.		BR		BR	X		BR	6		BR
Roscamento dos pontos da face B		R		R	X		R	8		R
Desbaste cilíndrico interno do lado 1	M	T ³	M	T ⁶	X		X		X	
Faceamento lado 1	F	T ³	F	T ²	X		FR	2		FR ⁶
Furação dos pontos do lado 1.	BR	6	BR	9	X		BR	7		BR ⁸
Roscamento dos pontos do lado 1		12		14	X		R	9		R ¹⁰
Desbaste cilíndrico interno lado 2	M	T	M	T	X		X		X	
Faceamento cilíndrico lado 2.	FR	T	FR	T	X		FR		FR	
Furação dos pontos lado 2	BR		BR		X		BR		BR	

Quadro 20 - Operações da família das carcaças e quais os processos recomendados para os diferentes grupos de peças .

Roscamento dos pontos lado 2.	R	R	X	R	R
Faceamento da base	FR 1 T	FR 1 T	T 1	FR 1	FR 1
Furação dos pontos da base	BR 8	BR 7	BR 5	BR 4	BR 2
Roscamento dos pontos da base	R 4	R 12	X	X	X
Alargamento dos pontos da base	X	X	X	FR 5	FR 3
Execução do furo horizontal	BR 9	BR 10	BR 15,8	BR 10	BR 13
Roscamento do furo horizontal	R 10	R 10	R 9	R 12	R 14
Execução do furo vertical	BR 7	BR 4	BR 13	X	BR 11
Acabamento do furo vertical	X	X	T 2	X	X
Roscamento do furo vertical	R 7	R 16	X	X	R 12
Retificação do furo vertical	X	X	RE 3	X	X
Faceamento do topo	X	X	T 2	X	X
Furação dos pontos do topo	X	X	BR 12	X	X
Roscamento dos pontos do topo	X	X	R 6	X	X

- (1) Grupo de máquinas CN (CDU)
- (2) Grupo de máquinas convencionais
- (3) Mandrilamento
- (4) Torneamento
- (5) Fresamento
- (6) Brocamento
- (7) Roscamento
- (8) N^o que indica a operação nos desenhos das peças.
- (9) Retificação

As operações de usinagem podem ser executadas em diferentes máquinas convencionais ou comandadas numericamente dependendo do arranjo físico, volume de produção e outros.

Continuação do quadro 20

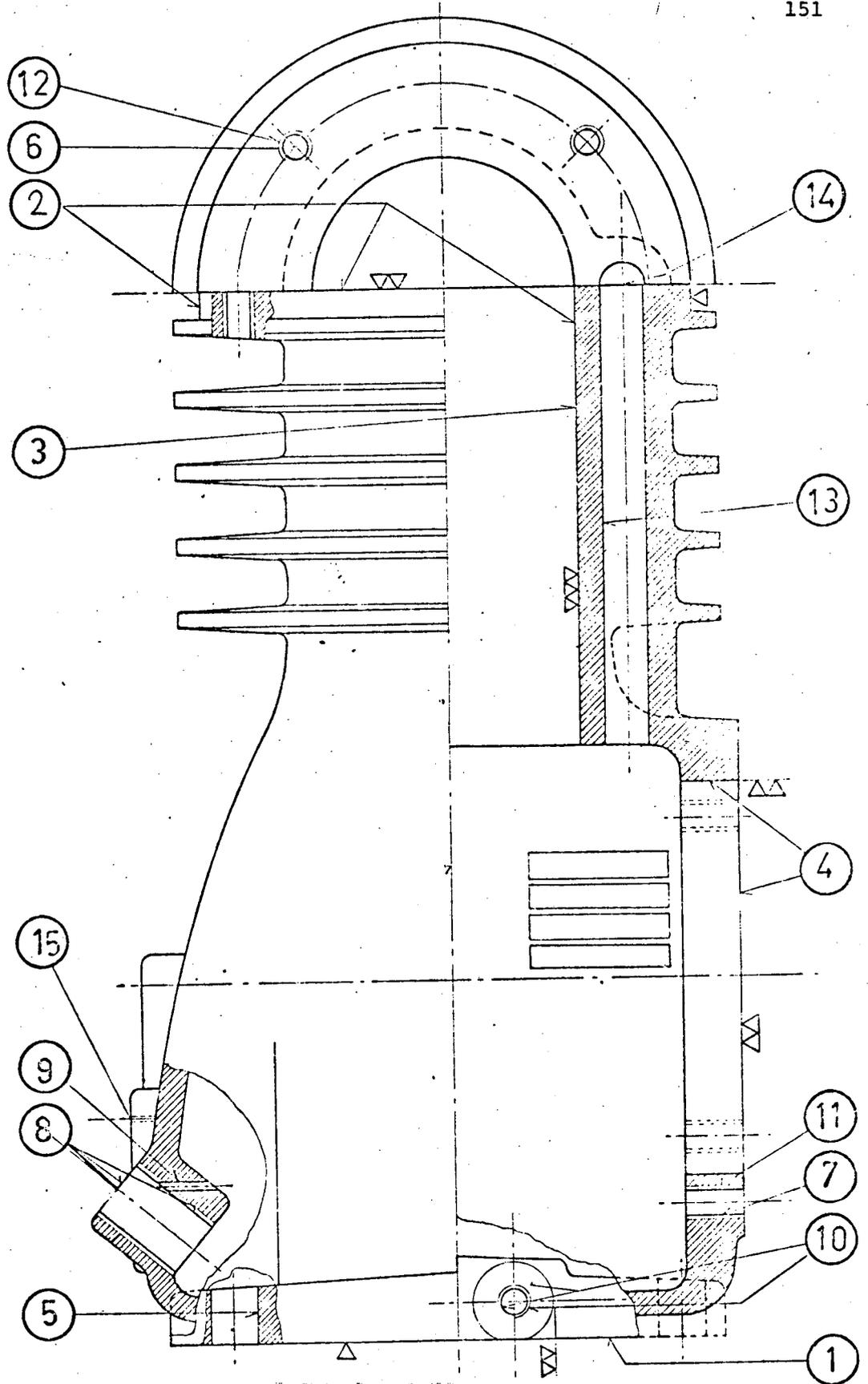


Figura 52 - Esboço da carcaça 4C1 ; enumeração das operações apresentadas no quadro 20

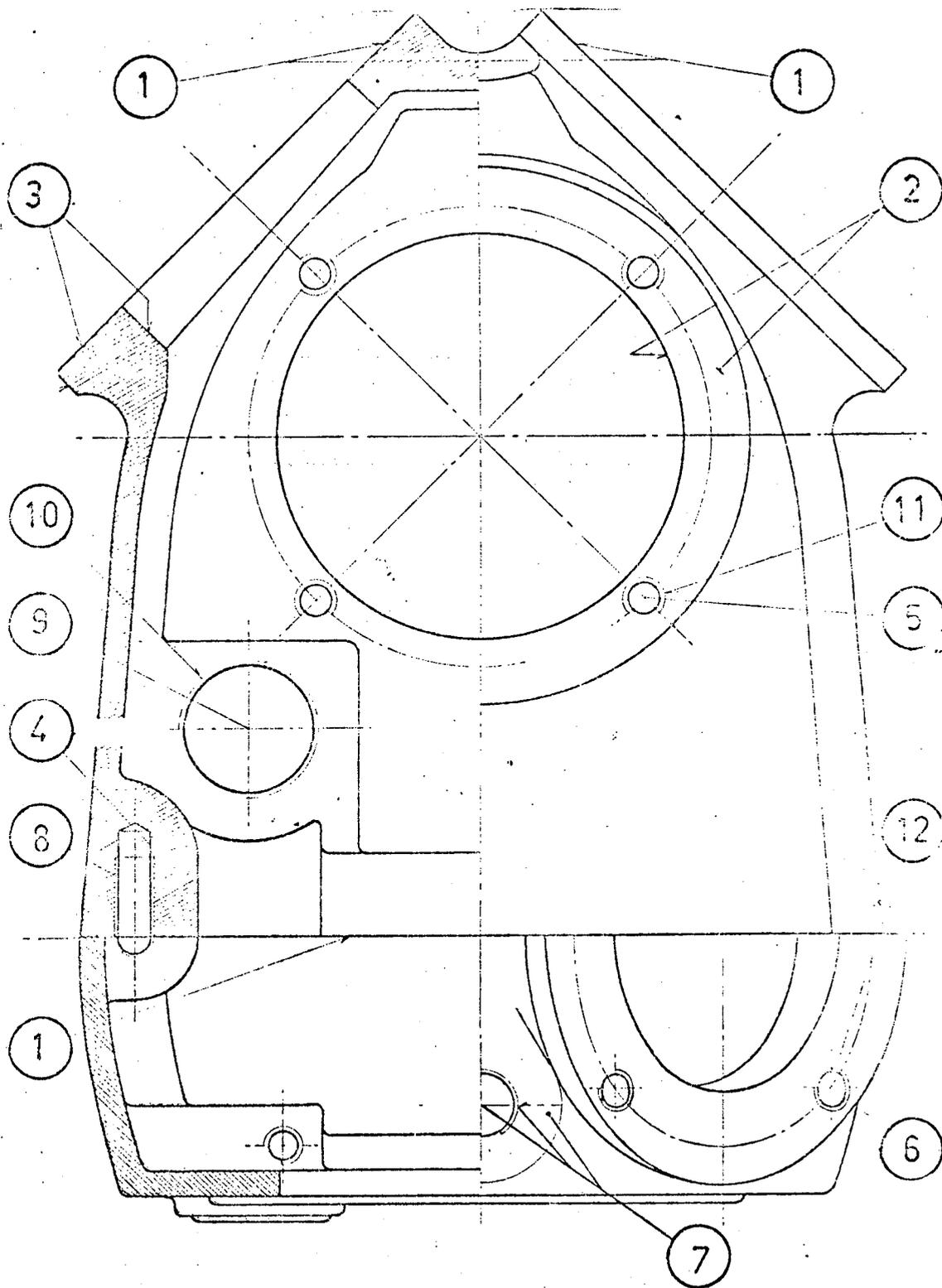


Figura 53 - Esboço da carcaça 2C1; enumeração das operações apresentadas no quadro 20

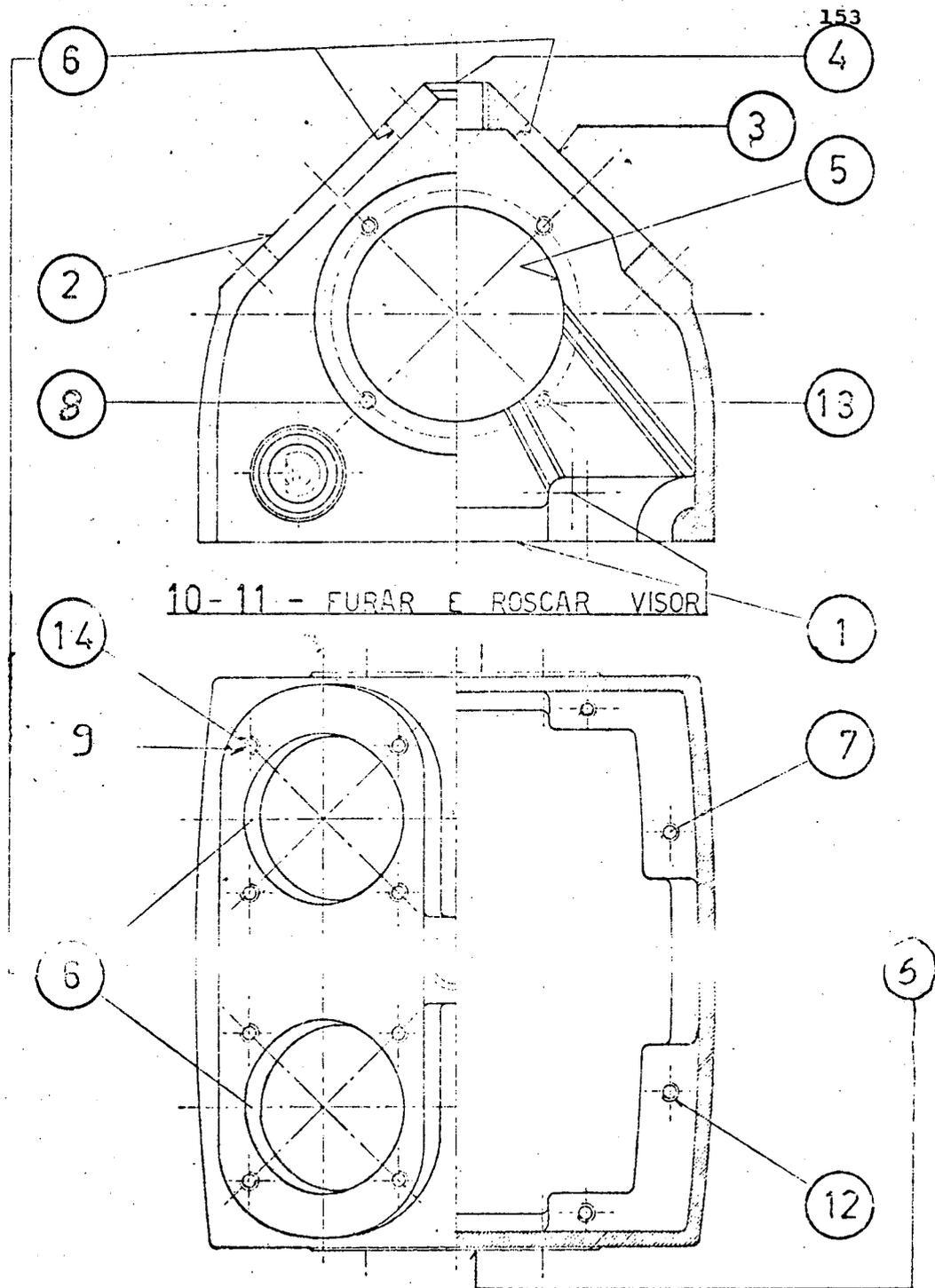


Figura 54 - Esboço da carcaça 3C1, enumeração das operações .
apresentadas no quadro 20

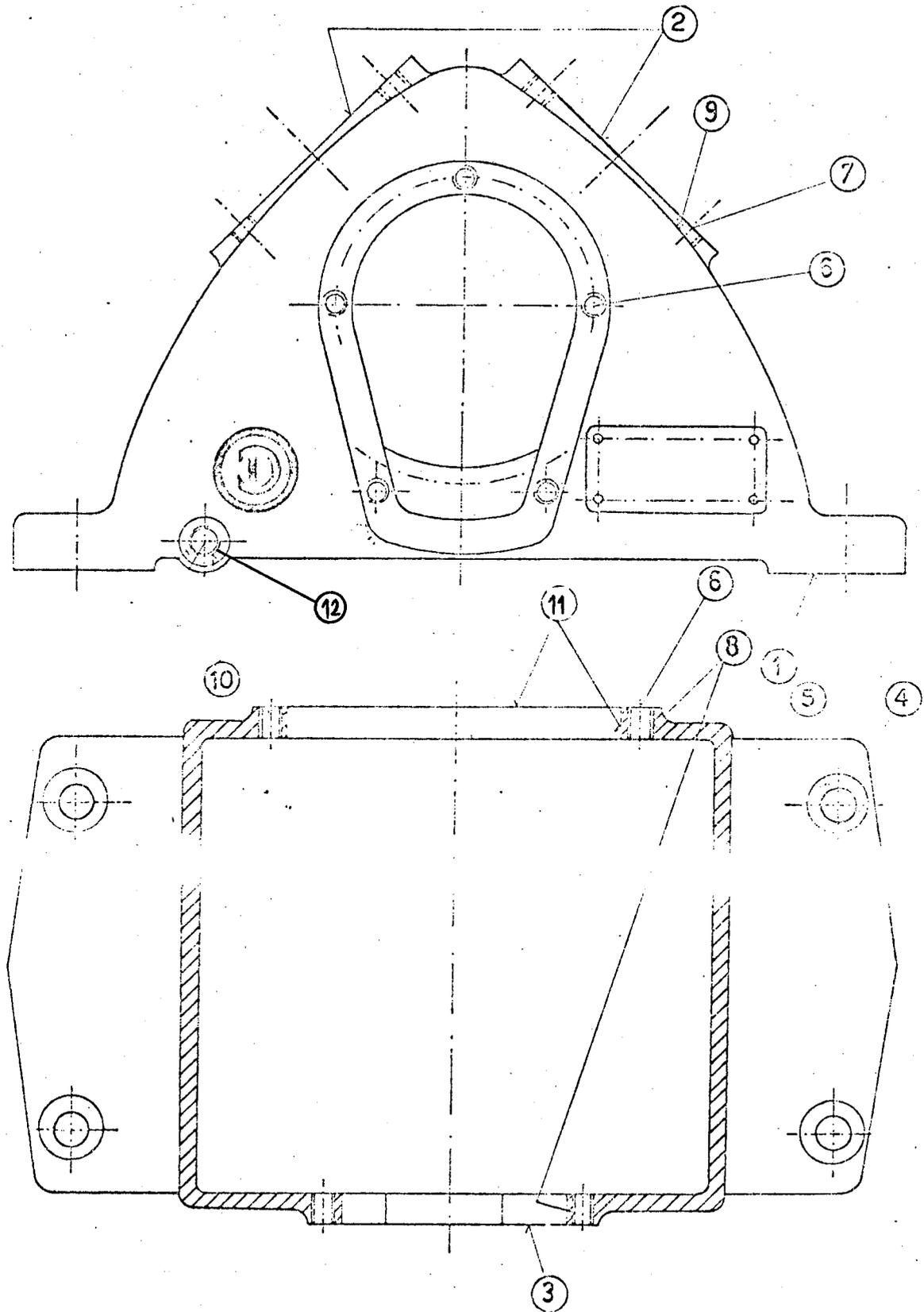


Figura 55 - Esboço da carcaça 5C1 ; enumeração das operações apresentadas no quadro 20

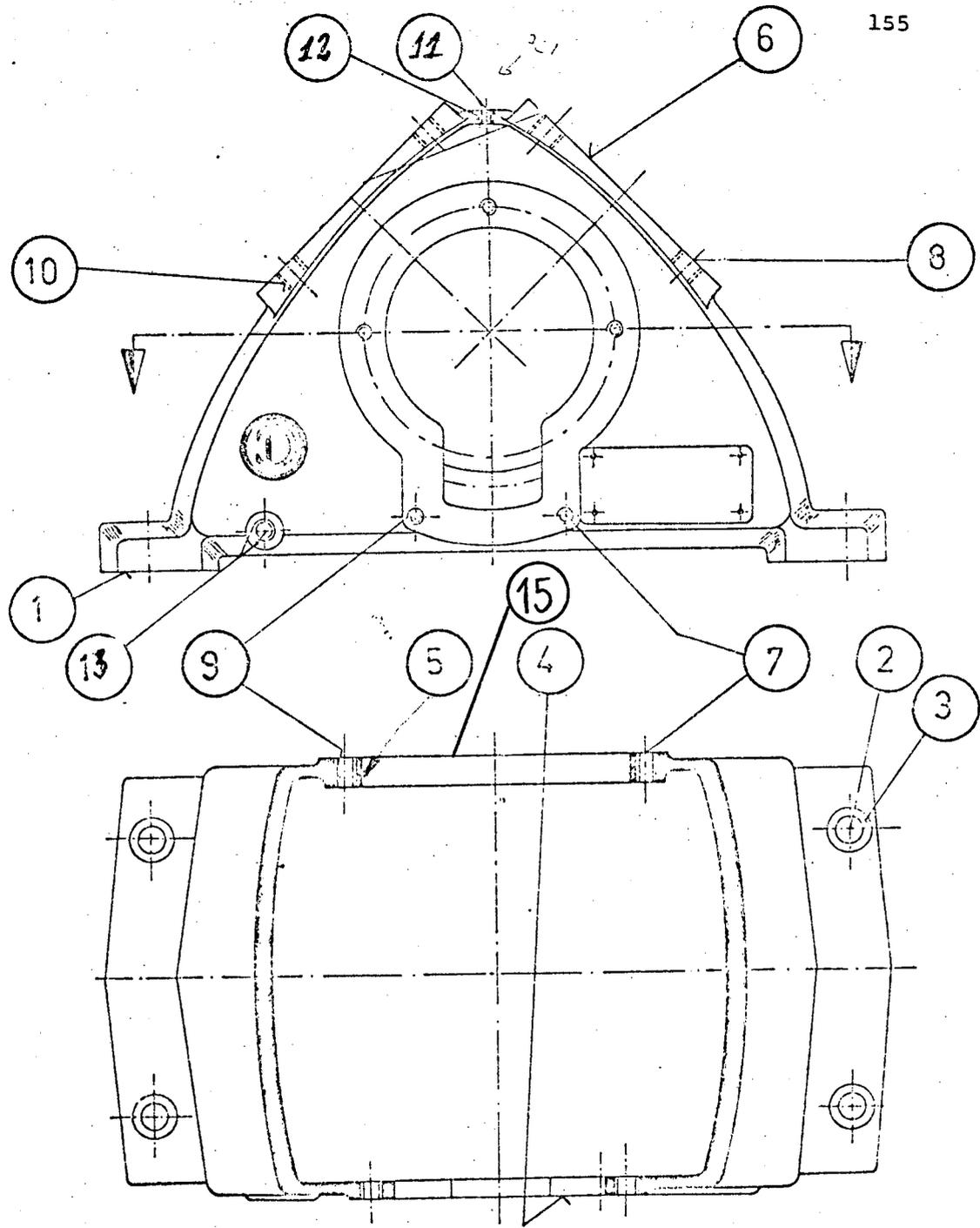


Figura 56 - Esboço da carcaça 6C1 enumeração das operações apresentadas no quadro 20

A P Ê N D I C E 6

1. PROGRAMAS de USINAGEM das CARÇAÇAS em LINGUAGEM "EXAPT"

1.1 - Subrotinas desenvolvidas

Os programas desenvolvidos para execução das peças estão baseadas na sequência de operações característica de cada uma das carcaças. Como as operações necessárias para a fabricação das carcaças são em sua maior parte semelhantes e repetitivas, criaram-se subrotinas que quando chamadas no programa principal, ou mesmo por outras subrotinas, executam estas operações.

No momento do chamamento das subrotinas definem-se os parâmetros de usinagem como velocidade, avanço, trajetória de ferramenta etc.

A seguir apresentar-se-ã as subrotinas definindo quais as operações executadas mediante o seu chamamento.

a) FFUR - subrotina responsável pela realização das roscas nos furos

FFUR=MACRO/PROF1,AVA1,VEL1

CSPEED/VEL1

DEFRAT/AVA1

GODLTA/-PROF1

RAPID

GODLTA/PROF1

TERMAC

b) RROSC - Subrotina responsável pela realização das roscas nos furos

RROSC=MACRO/PROF2,AVA2,VEL2

SPINDL/VEL2,CLW

DEFRAT/AVA2

```
GODLTA/-PROF2
SPINDL/VEL2, CCLW
GODLTA/PROF2
RAPID
TERMAC
```

- c) FACRET- Subrotina responsável pelo deslocamento reto entre e pontos de um mesmo plano. Utilizado no fresamento da base das carcaças 5C1, 6C1.

```
FACRET=MACRO/PI,PF,VEL=128,AVA=1.6,PROF=20
ZSURF/PROF
GOTO/PI
CSPEED/VEL
FEDRAT/AVA
ZSURF/0
GOTO/PF
GODLTA/PROF
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC
```

- d) FAC CIR- Subrotina utilizada no faceamento de círculos. Ela executa uma trajetória circular sobre um círculo definido. Utilizada para os faceamentos laterais e das faces A e B quando necessário faceamento de um círculo.

```
FAC CIR=MACRO/PUC1,CUC,VEL=140,AVA=0.6,RUC,PUC2$
,PROF=20
ZSURF/PROF
GOTO/PUC2
CSPEED/VEL
FEDRAT/AVA
```

```

GODLTA/-PROF
GO/ON,RUC
GORG/T/RUC,ON,CUC
GORG/T/CUC,ON,2,INTOF,RUC
RAPID
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- e) USICIR - Sub-rotina que possibilita o mandrilhamento e desbastes circulares internos

```

USICIR=MACRO/PUC1,PUC2,CUC,VEL=140,AVA=0.6,RUC$
,PROF=35,Z=20
ZSURF/Z
GOTO/PUC2
CSPEED/VEL
FEDRAT/AVA
GODLTA/-PROF
GO/ON,RUC
GORG/T/RUC,TO,CUC
GORG/T/CUC,ON,2,INTOF,RUC
GODLTA/PROF
RAPID
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- f) FACQUA - Subrotina que possibilita o faceamento das bases das carcaças 2C1 e 3C1 e outras operações

```

FACQUA=MACRO/L1,L2,L3,L4,VEL=140,AVA=0.6,PROF=20,$
P1
ZSURF/PROF

```

```

GOTO/P1
CSPEED/VEL
FEDRAT/AVA
GODLTA/--PROF
GO/TO,L1
GOLFT/L1,TO,L2
GOLFT/L3,TO,L4
GOLFT/L4,TO,L1
GODLTA/PROF
RAPID
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- g) FURCI - Define os pontos de um conjunto que devem ser furados. É utilizado para a definição dos pontos a serem furados, ela chama por sua vez a subrotina FFUR que executa os furos.

```

FURCIR=MACRO/VEL=100,AVA=0.12,PROF=20.NFUR=4,BUF
ZSURE/20
K=0
CON1)K=K+1
GOTO/BUF,RETAIN,K
CALL/FFUR,VEL1=VEL,AVAL=AVA,PROF1=PROF
IF(NFUR-k)PAR1,PAR1,CON1
PAR1)INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- h) FURGU - Subrotina responsável pela execução dos furos utilizados como referência na 3ª fixação das carcaças 2C1 e 3C1.

```

FURGUI=MACRO/VEL=100,AVA=0.12,P1,P2,Z=20,PROF=30
ZSURF/Z
CSPEED/VEL
FEDRAT/AVA
GOTO/P1
GODLTA/--PROF
RAPID
GOTO/P2
FEDRAT/AVA
GODLTA/--PROF
RAPID
GODLTA/PROF
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- i) ROSCIR - Subrotina que define os pontos dos conjuntos que são rosqueados, chama a subrotina RROSC que executa os furos.

```

ROSCIR=MACRO/VEL=200,PROF=30,AVA=1,NFUR=4,BUR
ZSURF/20
J=0
CON3) J=J+1
GOTO/BUR,RETAIN,J
CALL/RROSC,VEL2=VEL,AVA2=AVA,PROF2=PROF
IF (NFUR-J) PAR3,PAR3,CON3
PAR3) INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- j) RUNI - Subrotina que determina os pontos verticais ou horizontais e chama a subrotina RROSC que executa o roscamento.

```

RUNI=MACRO/PUL=P12F,VEL,PROF=25,Z=10
ZSURF/Z
GOTO/PUL
CALL/RROSC,VEL2=VEL,AVA2=AVA,PROF2=PROF
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- k) FUNI - Subrotina que determina os pontos verticais e horizontais e chama a subrotina FFUR que executa o furo.

```

FUNI=MACRO/PUL=P12F,VEL=100,PROF=25,Z=10$
,AVA=0.12
ZSURF/Z
GOTO/PUL
CALL/FFUR,VEL1=VEL,AVA1=AVA,PROF1=PROF
INSERT/G00 G53 Z600000
TERMAC

```

- l) FERRA - Subrotina chamada em todos os programas, define as características das ferramentas. Nesta subrotina são introduzidas todas as ferramentas necessárias para execução das diferentes operações.

```

NEWTL/201001,5,40,160,0,0
NEWTL/201002,5,25,145,5,0,0
NEWTL/201003,1,6.92,260,0,0
NEWTL/201004,1,8,260,0,0
NEWTL/201005,1,10.65,270,0,0
NEWTL/201006,1,12,280,0,0
NEWTL/201007,1,12,280,0,0
NEWTL/201008,1,8.65,260,0,0

```

NEWTL/201009,1,10,260,0,0
 NEWTL/201010,1,16.38,280,0,0
 NEWTL/201011,5,100,150,0,0
 NEWTL/201012,1,14,265,0,0

Os programas estão apresentados a seguir para observação.

1.2 - Programa das peças

A seguir estão apresentados os diferentes programas para a usinagem das carcaças em um CDU. Considera-se que o CDU utilizado para fabricação das carcaças possua comando dos eixos X,Y,Z e mesa rotacional (eixo B).

Os dispositivos de fixação considerados, bem como as ferramentas recomendadas estão descritas nos apêndices

a) Programa para usinagem da carcaça 2C1 -1ª fixação

```

PARTNO/G201F
UNITS/MM
P11F=POINT/0,0
P12F=POINT/0,-10
P13F=POINT/0,10
L11F=LINE/0,0,10,0
NEWTL/201011,5,100,150,0,0
READ/FACRE
MACHIN/NBH65
TRANS/125,203,157
PFUN/PALB,ON
ROTABL/180
TOOLNO/201011,11
CALL/FACRLT,PI=P12F,PF=P13F
TRANS/325,203,157
CALL/FACRET,PI=P12F,PF=P13F
ROTABL/0
PFUN/PALB,OFF
FINI
  
```

```

PARTNO/G2C2F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
P32F=POINT/0,10
C12F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,30
C22F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,43.5
L12F=LINE/0,0,10,0
P1B=POINT/-38,40
P2B=POINT/-64,0
P3B=POINT/-38,-40
MAFURB=PATERN/RANDOM,P1B,P2B,P3B
MBFURB=PATERN/MIRROR,(LINE/0,0,0,10),MAFURB
FURB=PATERN/RANDOM,MAFURB,MBFURB
CCI=PATERN/ARC,C22F,45,CLW,4
PG1B=POINT/58,40
PG2B=POINT/-58,-40
L12FB=LINE/0,-40,10,-40
L22FB=LINE/-64,0,-64,10
L32FB=LINE/0,40,10,40
L42FB=LINE/64,0,64,10
READ/FFUR,RRASC,FACRE,FACCI,USICI,FACQU,FURCI,FURGU
READ/ROSCIR,RUNI,FUNI,FERRA
MACHIN/NBH65
PPFUN/PALB,ON
TOOLNO/201005,5
TRANS/231.5,178,318
CALL/FUNI,PU1=P12F,VEL=100,AVA=0.12
TRANS/318.5,178,318
CALL/FUNI,PU1=P12F,VEL=100,AVA=0.12
TOOLNO/201006,6
CALL/RUNI,VEL=132,AVA=1.25,PU1=P12F
TRANS/231.5,178,318
CALL/RUNI,VEL=132,AVA=1.25,PU1=P12F
ROTABL/45
TRANS/318.5,145.5,337.715
TOOLNO/201011,11
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
TRANS/225,145.5,337.715
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
ROTABL/315
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
TRANS/131.5,145.5,337.715
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
TOOLNO/201002,2
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TRANS/225,145.5,337.715
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
ROTABL/INCR,-90
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TRANS/318.5,145.5,337.715
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
ROTABL/180
TRANS/318.5,145.5,150
TOOLNO/201001,1
CALL/FACQUA,L1=L12FB,L2=L42FB,L3=L32FB,L4=L22FB#,
,P1=P22F
TRANS/131.5,145.5,150
CALL/FACQUA,L1=L12FB,L2=L42FB,L3=L32FB,L4=L22FB#,
,P1=P22F
TOOLNO/201003,3
CALL/FURCIR,PROF=35,BUF=FURB,NFUR=6
CALL/FURGUI,P1=PG1B,P2=PG2B
TRANS/318.5,145.5,150
CALL/FURCIR,PROF=35,BUF=FURB,NFUR=6
CALL/FURGUI,P1=PG1B,P2=PG2B

```

```

ROTABL/45
TRANS/318.5,145.5,337.715
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TRANS/225,145.5,337.715
CALL/FURCIR,BUF=CCI
ROTABL/INCR,-90
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TRANS/131.5,145.5,337.715
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TOOLNO/201004,4
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
TRANS/225,145.5,337.715
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
ROTABL/315
TRANS/225,145.5,337.715
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
TRANS/131.5,145.5,337.715
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
ROTABL/180
TRANS/131.5,145.5,150
CALL/ROSCIR,BUR=FURB,NFUR=6
TRANS/318.5,145.5,150
CALL/ROSCIR,BUR=FURB,NFUR=6
PPFUN/PALB,OFF
FINI

```

c) Programa para usinagem da carcaça 2C1 - 3º fixação

```

PARTNO/GC23F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
P32F=POINT/0,10
C12F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,38
C22F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,43.5
L12F=LINE/0,0,10,0
PUN=PATERN/RANDOM,(POINT/269,34,47),(POINT#
/69,39,47)
CCI=PATERN/ARC,C22F,45,CLW,4
READ/RROSC,FFUR,FACRE,FURCI,USICI,FACCI
READ/ROSCIR,FERRA
MACHIN/NB65
PPFUN/PALB,ON
ROTABL/180
TRANS/325,187.5,147
TOOLNO/201011,11
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
TRANS/125,187.5,147
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
TOOLNO/201002,2
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TRANS/325,187.5,147
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
ROTABL/0
TRANS/125,187.5,250
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TRANS/325,187.5,250
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TOOLNO/201003,3
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TRANS/125,187.5,250
CALL/FURCIR,BUF=CCI
ROTABL/180

```

```

TRANS/125,187.5,250
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TRANS/325,187.5,147
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TOOLNO/201004,4
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
TRANS/125,187.5,147
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
ROTABL/180
TRANS/125,187.5,250
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
TRANS/325,187.5,250
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
TOOLNO/201010/10
TRANS/100,100,100
CALL/FURCIR,BUF=PUN,NFUR=2,PROF=35
TOOLNO/201007,7
CALL/ROSCIR,BUR=PUN,VEL=88,AVA=1.5,NFUR=2,PROF=35
ROTABL/0
PPFUN/PALB,OFF
FINI

```

d) Programa para usinagem da carcaça 3C1 - 1º fixação

```

PARTNO/G3C1F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
L12F=LINE/0,0,10,0
C12F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,43.5
NEWTL/201002,5,25,145.4,0,0
READ/USICI
MACHIN/NBH65
PPFUN/PALB,ON
TRANS/225,177,258
ROTABL/180
TOOLNO/201002,2
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
ROTABL/0
PPFUN/PALB,OFF
FINI

```

```

PARTNO/G3C2F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-50
P32F=POINT/0,10
P42F=POINT/0,-60
PGB1=POINT/58,-76
PGB2=POINT/-58,76
C12FA=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,30
C22FA=CIRCLE/CENTER,P22F,RADIUS,30
C12FB=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,40
C22FB=CIRCLE/CENTER,P22F,RADIUS,40
P12FA=POINT/0,-10
P22FA=POINT/0,-60
L12FA=LINE/0,0,10,0
L22FA=LINE/0,-50,10,-50
LA2FL=LINE/0,25,10,25
LB2FL=LINE/-25,0,-25,10
LC2FL=LINE/0,-125,10,-125
LD2FL=LINE/25,0,25,10
LA2FB=LINE/0,-105,10,-105
LB2FB=LINE/-110,0,-110,10
LC2FB=LINE/0,105,10,105
LD2FB=LINE/110,0,110,10
P1B=POINT/77,46
P2B=POINT/41,88
P3B=POINT/-41,88
P4B=POINT/-77,46
MAFURB=PATERN/RANDOM,P1B,P2B,P3B,P4B
MBFURB=PATERN/MIRROR,(LINE/0,0,0,10),MAFURB
FURB=PATERN/RANDOM,MAFURB,MBFURB
CCI2=PATERN/ARC,C22FB,45,CLW,4
CCI1=PATERN/ARC,C12FB,45,CLW,4
READ/RROSC,FFUR,FURCI,FACQU,FURGU
READ/ROSCIR,FACRE,FUNI,RUNI,FERRA
MACHIN/NBH65
PPFUN/PALB,ON
TOOLNO/201001,1
TRANS/225,196,230
ROTABL/180
CALL/FACQUA,L1=LA2FB,L2=LD2FB,L3=LC2FB,L4=LB2FB$,
,P1=P22F
ROTABL/315
TOOLNO/201011,11
TRANS/225,246,215.5
CALL/FACRET,PI=P32F,PF=P42F
ROTABL/45
TRANS/225,246,215.5
CALL/FACRET,PI=P32F,PF=P42F
TRANS/225,246,215.5
TOOLNO/201003,3
CALL/FURCIR,BUF=CCI1
CALL/FURCIR,BUF=CCI2
ROTABL/315
CALL/FURCIR,BUF=CCI1
CALL/FURCIR,BUF=CCI2
ROTABL/180
TRANS/225,196,230
CALL/FURCIR,PROF=35,BUF=FURB,NFUR=8
CALL/FURGUI,P1=PGB1,P2=PGB2
ROTABL/45
TRANS/225,246,215.5
CALL/ROSCIR,BUR=CCI1
CALL/ROSCIR,BUR=CCI2
ROTABL/315

```

```

CALL/ROSCIR,BUR=CCI1
CALL/ROSCIR,BUR=CCI2
ROTABL/180
TRANS/225,196,230
CALL/ROSCIR,PROF=35,BUR=FURB,NFUR=8
ROTABL/0
TRANS/225,196,231
TOOLNO/201005,5
CALL/FUNI,VEL=100,AVA=0.12
TOOLNO/201006,6
CALL/RUNI,VEL=132,AVA=1.25
PPFUN/PALB,OFF
FINI

```

f) Programa para usinagem da carcaça 3Cl - 3º fixação.

```

PARTNO/G303F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
P32F=POINT/0,10
L12F=LINE/0,0,10,0
C12F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,38
C22F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,43.5
CCI=PATTERN/ARC,C22F,45,CLW,4
READ/RROSC,FFUR,FACCI,USICI,FURCI
READ/FACRE,ROSCIR,FERRA
MACHIN/NBH65
PPFUN/PALB,ON
ROTABL/180
TRANS/225,174,254
TOOLNO/201011,11
CALL/FACRET,PI=P22F,PF=P32F
TOOLNO/201002,2
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
ROTABL/0
TRANS/225,174,250
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TOOLNO/201003,3
CALL/FURCIR,BUF=CCI
ROTABL/180
TRANS/225,174,254
CALL/FURCIR,BUF=CCI
TOOLNO/201004,4
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
ROTABL/0
CALL/ROSCIR,BUR=CCI
PPFUN/PALB,OFF
FINI

```

g) Programa para usinagem da carcaça 5C1 - 1ª fixação

```

PARTNO/G5C1F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
C12F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,51
P2EF=POINT/-33,-74
P2DF=POINT/33,-74
L1E1F=LINE/P2EF,LEFT,TANTO,C12F
L2D1F=LINE/P2DF,RIGHT,TANTO,C12F
L3B1F=LINE/P2EF,P2DF
L12F=LINE/0,0,10,0
NEWTL/201001,5,40,160,0,0
MACHIN/NBH65
TRANS/225,206,252.5
PPFUN/PALB,ON
ROTABL/180
TOOLNO/201001,1
ZSURF/20
RAPID
GOTO/P22F
GO/ON,L12F
CSPEED/120
FEDRAT/0.6
GODLTA/-20
GORGTL12F,ON,C12F
GOLFT/C12F,ON,L1E1F
GOFWD/L1E1F,TO,L3B1F
GOLFT/L3B1F,ON,L2D1F
GOLFT/L2D1F,ON,C12F
GOFWD/C12F,PAST,L12F
GODLTA/20
RAPID
GODLTA/174
ROTABL/0
PPFUN/PALB,OFF
PRINT/3,ALL
FINI

```

h) Programa para usinagem da carcaça 5C1 - 2ª fixação

```

PARTNO/G5C2F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
PC1=POINT/-130,-35
PC2=POINT/-130,35
PC3=POINT/130,-35
PC4=POINT/130,35
P1L=POINT/40,-40
P2L=POINT/40,40
P3L=POINT/-40,40
P4L=POINT/-40,-40
FURLAT=PATERN/RANDOM,P1L,P2L,P3L,P4L

```

```
L1L=LINE/P1L,P2L
L2L=LINE/P2L,P3L
L3L=LINE/P3L,P4L
L4L=LINE/P4L,P1L
P1B=POINT/-151,-65
P2B=POINT/-151,65
P3B=POINT/151,-65
P4B=POINT/151,65
FURBA=PATERN/RANDOM,P1B,P2B,P3B,P4B
READ/FACRE,FACQU,FURCI,ROSCIR,FUNI,FERRA
READ/FFUR,RROSC
MACHIN/NBH65
PPFUN/PALB,ON
TRANS/225,189,235
TOOLNO/201011,11
ROTABL/45
CUTTER/10
CALL/FACQUA,L1=L1L,L2=L2L,L3=L3L,L4=L4L,P1=P22F
ROTABL/180
TRANS/225,199,257
CUTTER/100
CALL/FACRET,PI=PC1,PF=PC2
CALL/FACRET,PI=PC3,PF=PC4
ROTABL/315
TRANS/225,199,235
CUTTER/10
CALL/FACQUA,L1=L1L,L2=L2L,L3=L3L,L4=L4L,P1=P22F
TOOLNO/201005,5
CALL/FURCIR,BUF=FURLAT,NFUR=4,PROF=35
ROTABL/45
TRANS/225,189,235
CALL/FURCIR,BUF=FURLAT,NFUR=4,PROF=35
ROTABL/180
TOOLNO/201012,12
TRANS/225,199,257
CALL/FURCIR,BUF=FURBA,NFUR=4,PROF=35
TOOLNO/201006,6
CALL/ROSCIR,AVA=1.25,VEL=132,BUR=FURLAT,NFUR=4
ROTABL/315
TRANS/225,199,235
CALL/ROSCIR,AVA=1.25,VEL=132,BUR=FURLAT,NFUR=4
ROTABL/0
TOOLNO/201002,2
TRANS/225,199,43
CALL/FUNI,PU1=P1B,VEL=140,AVA=0.6,PROF=12,Z=30
CALL/FUNI,PU1=P2B,VEL=140,AVA=0.6,PROF=12,Z=30
INSERT/G00 G53 Z600000
CALL/FUNI,PU1=P3B,VEL=140,AVA=0.6,PROF=12,Z=30
CALL/FUNI,PU1=P4B,VEL=140,AVA=0.6,PROF=12,Z=30
PPFUN/PALB,OFF
FINI
```

i) Programa para usinagem da carcaça 5C1 - 3º fixação

```
PARTNO/G5C3F
P12F=POINT/0,0
P22F=POINT/0,-10
P1P=POINT/51,0
P2P=POINT/0,51
P3P=POINT/-51,0
P4P=POINT/-33,-74
P5P=POINT/33,-74
CPP=PATERN/RANDOM,P1P,P2P,P3P,P4P,P5P
L12F=LINE/0,0,10,0
C12F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,70
C22F=CIRCLE/CENTER,P12F,RADIUS,62.5
CCI=PATERN/ARC,C22F,0,CLM,6
READ/FFUR,RROSC,USICI,FURCI,FACCI,FACCI
READ/ROSCIR,FUNI,RUNI,FERRA
MACHIN/NBH65
TRANS/250,201,225
PPFUN/PALB,ON
TOOLNO/201011,11
CALL/FACCIR,PUC1=P12F,CUC=C22F,RUC=L12F,PUC2=P22F
CALL/USICIR,PUC1=P12F,CUC=C12F,RUC=L12F,PUC2=P22F
TOOLNO/201008,8
CALL/FURCIR,VEL=90,NFUR=6,BUF=CCI,AVA=0.1
ROTABL/180
TRANS/225,201,250
CALL/FURCIR,PROF=30,BUF=CPP,NFUR=5
TOOLNO/201009,9
CALL/ROSCIR,PROF=30,VEL=160,AVA=1.25,BUR=CPP,NFUR=5
ROTABL/0
TRANS/225,201,250
CALL/ROSCIR,VEL=166,AVA=249,NFUR=6,BUR=CCI
ROTABL/180
TOOLNO/201005,5
TRANS/125,101,250
CALL/FUNI,AVA=0.12,VEL=100
TOOLNO/201006,6
CALL/RUNI,AVA=1.25,VEL=132
ROTABL/0
PPFUN/PALB,OFF
FINI
```

A P Ê N D I C E 7

1. DISPOSITIVOS de FIXAÇÃO e FERRAMENTAS

1.1 - Dispositivo de fixação do CDU

Para usinagem das carcaças são necessárias basicamente 3 fixações diferentes:

- a) FIXAÇÃO 1 - fixa-se a peça e usina-se a face que servirá como face de referência para a segunda e terceira fixação. Em todas as peças a face usinada inicialmente é a face A.
- b) FIXAÇÃO 2 - a peça é fixada e são executadas todas as operações exceto nas faces "A" e "B", o furo e roscamento horizontais.
- c) FIXAÇÃO 3 - são executados nesta fixação todas as operações de faceamento desbaste interno, furos, roscas, das faces A e B e o furo e roscamento horizontais.

Como todas as peças pertencentes ao grupo de peças pertence a mesma família de peças, os dispositivos possuem características idênticas variando apenas as dimensões, função do tamanho CDU e da própria carcaça.

1.1.1 - Dispositivos da 1^a e 3^a fixação:

Possuem um aspecto de "L", sendo que a base (1) tem a função de apoiar e fixar a peça, o que é feito pelos parafusos (2) e a trave (3), existe ainda um dispositivo para auxiliar a fixação (4).

Durante a 3^a fixação a face A não atua também como superfície de referência junto com os pinos guia (5) existentes na superfície B. A peça é basicamente fixa como observa-se na figura 57.

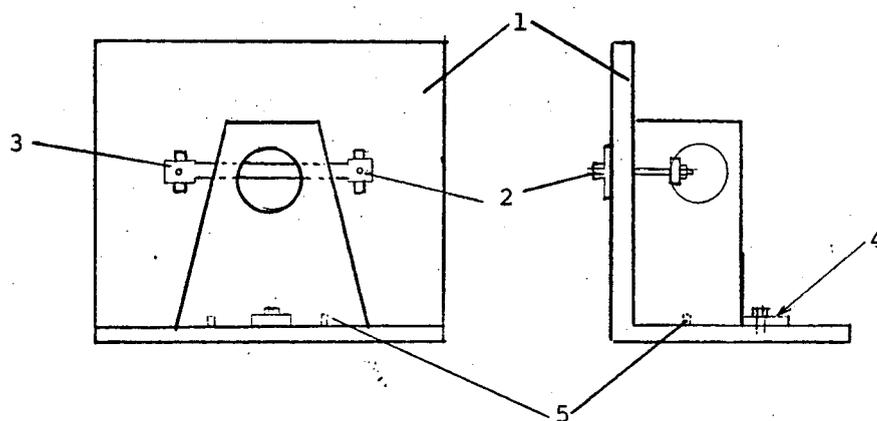


Figura 57 - Esboço dos dispositivos da 1^a e 3^a fixação

1.1.2 - Dispositivos da 2^a fixação

Consiste numa placa (1) que serve de apoio ou a carga é fixa por meio de um parafuso central (2) e 2 pinos de referência laterais (3). A peça é basicamente fixa como observa-se na figura 58 .

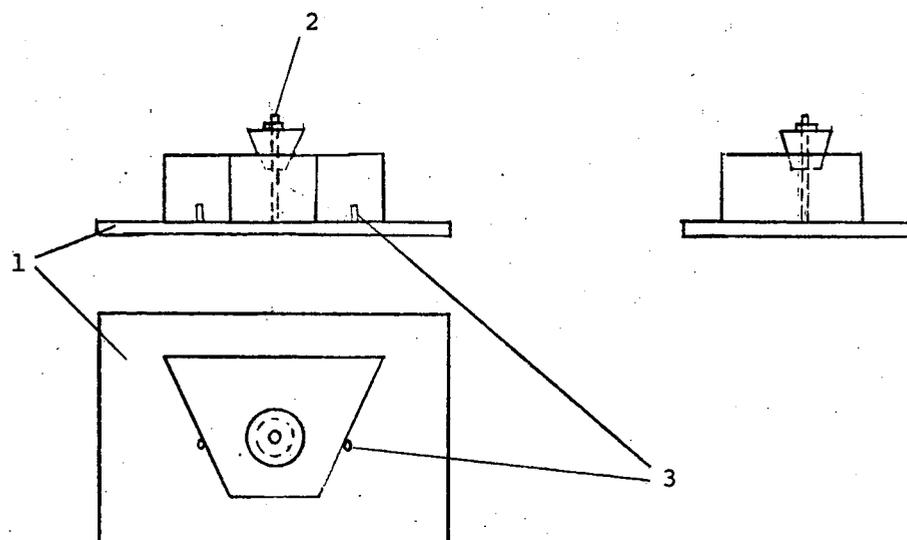


Figura 58 - Esboço dos dispositivos da 2ª fixação

Cabe ressaltar a possibilidade de fixar-se 2 cargas durante a fixação, dependendo basicamente das dimensões do CDU. No presente trabalho, as carcaças 2C1 são usinadas de 2 em 2.

1.2 - Dispositivos de fixação das máquinas convencionais

Os dispositivos utilizados na fixação das peças quando da fabricação com máquinas convencionais são basicamente 1 para cada operação a ser executada, exceção aos casos de furação e roscamento quando existe a possibilidade de utilizar-se o mesmo dispositivo de fixação. A necessidade de vários dispositivos de fixação é devido a pouca versatilidade e flexibilidade dos equipamentos convencionais. A utilização de inúmeros dispositivos de fixação traz um considerável aumento nos tempos de preparação das máquinas.

2. Ferramentas

2.1 - Ferramentas do centro de usinagem

Como viu-se no apêndice 1, as ferramentas têm um papel importante na usinagem de peças com máquinas comandadas numericamente.

As ferramentas que são propostas no presente trabalho para a fabricação das carcaças no CDU são padronizadas. Utilizam-se ferramentas encontradas a venda no comércio e que possibilitam um real aproveitamento da versatilidade do CDU aumentando sua flexibilidade, e podem também ser utilizadas em outras máquinas operatrizes.

Na programação com auxílio do computador existe a necessidade da definição das características da ferramenta apenas antes do processamento do programa. Esta definição obedece a uma determinada codificação.

NEWTL /	XXXXXX,	X,	XX,	XXX,	X,	X
	nome ou					
	nº da fer					
	ramenta					
				diâmetro de ferramenta (mm)		
					ΔZ	ΔY
					ΔX	

Com a existência de um arquivo de ferramentas na empresa, devido a versatilidade da máquina e de o programa estar escrito em linguagem de alto nível é possível utilizar-se diferentes ferramentas para realizar mesmas operações, bastando para isto substituir-se a definição das características da ferramenta

nó programa.

Durante o programa a ferramenta é chamada pelo código:

```

TOOLNO / XXXXXX, X
           |
           | n° ou n° do magazine onde está fixa
           | nome
           | da fer
           | ramenta

```

No quadro 21, descreve-se as diferentes ferramentas e suas velocidades de corte e avanço. Utiliza-se os catálogos da empresa SANDVIK para escolher as ferramentas mais apropriadas bem como definir as velocidades de corte e avanço. O diâmetro das ferramentas e comprimento da aresta de corte das pastilhas foram definidos em base que houvesse o melhor aproveitamento das ferramentas para diferentes operações.

Recomenda-se a utilização de ferramentas que possibilitem a troca de pastilhas exceto no caso da broca canhão, exclusivas da Sandvik utilizadas por possuírem uma alta capacidade de remoção de cavaco.

2.2 - Ferramentas convencionais

Nas ferramentas utilizadas durante a fabricação das peças com máquinas convencionais estão descritas no quadro 22. Utiliza-se ferramentas de metal duro.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DIÂMETRO (mm)	MAQ.
F-1	Fresa de topo	150	FR
T-1	Ferramenta de facear	-	T
T-2	Ferramenta de tornar internamente	-	T
B-6	Broca	6,92	FU
B-8	Broca	8,65	FU
B-10	Broca	10,65	FU
B-14	Broca	14	FU
B-16	Broca	16,38	FU
B-25	Broca	25	FU
M-8	Macho	8	FU
M-10	Macho	10	FU
M-12	Macho	12	FU
M-18	Macho	18	FU
M-60	Broca	60	FU

Quadro 21 : Ferramentas utilizadas nas máquinas convencionais.

CARACTERÍSTICAS Nº	CÓDIGO	AVANÇO REVOLUÇÃO	VELOCIDADE M/MIN. rpm	TIPO DA FERRAMENTA; DIÂMETRO (mm)	DETALHES
1	201001,5,40,160,0,0	0,6	140	Fresa de topo; 40	C/3 pastilhas de de metal duro Classe P 25 Fresa de Topo Modelo T-MAX
2	201002,5,25,145.4;0;0	0,6	140	Fresa de topo; 25	C/3 pastilhas de de metal duro Classe P 25. Fresa de Mod. T-MAX
3	201003,1,6.92,260,0,0	0,12	100	Broca; 6.92	Broca canhão coromante
4	201004,1,260,0,0	1	200	Malho; 8	
5	201005,1,10.65,270,0,0	0,12	100	Broca; 10.65	Broca canhão
6	201006,1,12,280,0,0	1,25	132	Malho; 12	
7	201007,1,18,280,0,0	1,5	88	Malho; 18	
8	201008,1,8.65,260,0,0	0,12	100	Broca; 8.65	Broca canhão
9	201009,1,10,260,0,0	1,25	160	Malho; 10	
10	201010,1,16.38,280,0,0	0,2	100	Broca; 16.38	
11	201011,5,100,150,0,0	1,6	120	Fresa de Facear; 100	Ferramenta modelo: 8 pastilhas de metal duro Classe P 25
12	201012,1,14,265,0,0	0,2	100	Broca; 14	Broca canhão

Quadro 22 - Ferramentas utilizadas no CDU .

A P Ê N D I C E 8

1. GRUPOS de MAQUINAS

1.1 - Generalidades.

O grupo de máquinas é o conjunto de máquinas definido para a fabricação de um grupo de peças.

No presente trabalho têm-se 2 grupos de máquinas basicamente distintos devido às características de comando das máquinas: grupo de máquinas comandado numericamente e grupo de máquinas convencionais.

Determinou-se, com base nos dados das famílias de peças, um grupo de tecnologia, o grupo das carcaças. Estas peças necessitam para sua fabricação operações de faceamento, desbaste interno, roscamento e furação. O grupo de máquinas a ser definido deve possibilitar a fabricação completa do grupo de peças.

1.2 - Grupo de máquinas CN

As operações necessárias para a fabricação das carcaças são executadas por um centro de usinagem.

Estabeleceu-se uma sequência de operações para que menor número de fixação fosse necessário.

O centro de usinagem onde obteve-se os tempos simulados não pode ser utilizado na fabricação do grupo de peças porque a carcaça 6C1 não cabe no espaço de usinagem. Dentre os centros de usinagem no Brasil, optou-se pelo centro de usinagem fabricado pela MONARCH, modelo HMC 100 por possuir movimentação em 3 eixos, mais duas mesas rotacionais segundo catalogo do fabricante .

1.2.1 - Características do equipamento

Marca	: Monarch
Modelo	: HMC 100
Curso de trabalho	: eixo x - 1830 mm eixo y - 910 mm eixo z - 455 mm
Área de fixação de peça sobre a mesa:	560 x 560 mm
peso máximo sobre a mesa indexável	: 1135 kg
Avanço rápido	: 6350 mm/min
Velocidade da máquina	: 40 a 4500 rpm
Porta ferramentas	: 30 ferramentas
Motor principal	: 11 kW
Peso	: 12700 kg
Preço	: Cr\$ 34.798.083,00
Área	: 23,3 m ²

1.2.2 - Arranjo físico

O grupo de máquinas C N tem um arranjo físico simplificado uma vez que todas as operações são realizadas em uma máquina apenas. Caso haja necessidade de aumentar a capacidade de máquinas coloca-se mais uma máquina.

1.2.3 - Plano de operação

Com base nos tempos de operação e fabricação das diferentes peças, apresentados no capítulo III, estabeleceu-se o seguinte plano de produção:

MESA A

MESA B

Operação da primeira fixação da	Operação da segunda fixação da
carcaça 5C1	carcaça 5C1

Operações da primeira fixação da carcaça 6C1	Operações da segunda fixação da carcaça 6C1
Operações da terceira fixação da carcaça 5C1	Operações da primeira fixação da carcaça 3C1
Operações da terceira fixação da carcaça 3C1	Operações da primeira fixação da carcaça 2C1
Operações da segunda fixação da carcaça 3C1	Operações da segunda fixação da carcaça 2C1
Operações da terceira fixação da carcaça 2C1	Operações da terceira fixação da carcaça 3C1

1.3 - Grupo de máquinas convencionais

Para fabricação do grupo de peças das carcaças, estabeleceu-se uma sequência de operações em três máquinas distintas: torno, fresadora, furadeira. A sequência de operações é tal que a peça só é transportada à outra máquina quando forem executadas todas as operações.

A sequência de operações está apresentada no quadro

1.3.1 - Características da máquina

a) Torno

Marca	: Romi
Modelo	: ES-40
Diâmetro admissível sobre barramento	: 510 mm
Diâmetro admissível no caso transversal:	305 mm
Diâmetro do furo da árvore	: 65 mm
Distância entre pontas	: 1000/5000 mm
Largura do barramento	: 380 mm

Número de velocidade : 18
Gama de velocidades : 31,5/2360rpm
Potência : 15 CV
Preço : Cr\$4.800.000,00

b) Fresadora

Marca : Romi
Modelo : Fresadora Uni
versal V-30
Dimensão da mesa : 300x1375 mm
Curso longitudinal automático : 890 mm
Curso transversal automático : 215 mm
Curso vertical automático : 350 mm
Nariz da árvore : AS
Número de velocidades : 12
Gama de velocidades : 45/2000 rpm
Potência motor principal : 6 CV
Potência motor avanço : 1,5 CV
Preço : Cr\$3.290.000,00

c) Furadeira

Marca : Kone
Modelo : furadeira ra
dial KR-40
Capacidade de furação em aço : 40 mm
Capacidade de furação em ferro fundido : 45 mm
Curso de mandril : 300 mm
Cone morse : nº 4
Número de velocidades do mandril : 3 CV
Deslocamento horizontal útil : 1100 mm
Raio máximo de furação : 1225 mm

Raio mínimo de furação	: 350 mm
Curso horizontal do cabeçote	: 875 mm
Curso vertical do aço	: 600 mm
Diâmetro da coluna	: 250 mm
Preço	: Cr\$1.415.000,00

1.3.2 - Arranjo físico

A determinação do arranjo físico do grupo de máquinas convencionais é simples, uma vez que existe uma sequência de operações em diferentes máquinas a ser seguida.

Arranja-se as máquinas de forma que haja o menor deslocamento possível de peças e em uma ordem constante (figura 59).

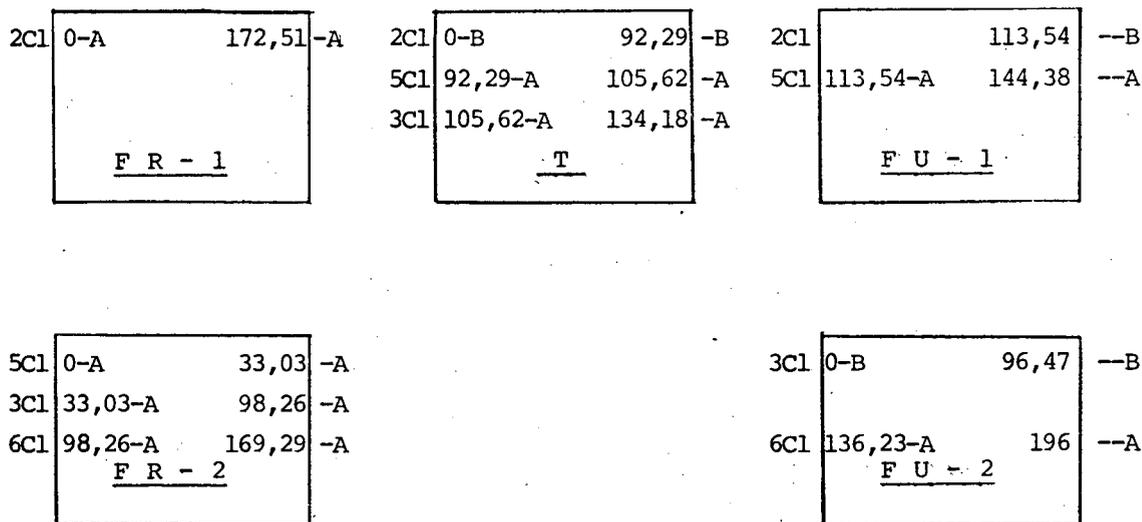


Figura 59 - Arranjo do grupo de máquinas convencionais; e sequência de operações conforme plano de produção (seção 1.3.3) e carga de máquinas para volume de produção no índice 1.

1.3.3 - Plano de produção

Com base nos tempos de preparação e fabricação das diferentes peças, apresentadas nos quadros 3 e 4, estabeleceu-se o seguinte plano de produção:

FR 1 : execução das operações de fresamento da carcaça 2C1

FR 2 : 1 - execução das operações de fresamento da carcaça 5C1

2 - execução das operações de fresamento da carcaça 3C1

3 - execução das operações de fresamento da carcaça 6C1

T : 1 - execução das operações de torneamento da carcaça 2C1

(estas peças foram processadas na FR-1 no período anterior)

2 - execução das operações de torneamento da carcaça 5C1

3 - execução das operações de torneamento da carcaça 3C1

FU-1 : 1 - operação, furação e roscamento da carcaça 3C1

2 - operação de furação e roscamento da carcaça 5C1

FU-2 : 1 - operação de furação e roscamento da carcaça 3C1

(estas peças foram processadas na FR-2 e T no período anterior)

2 - operação de furação e roscamento da carcaça 6C1

Nesta sequência de operações estabelecida foi buscado um espaço entre as operações que possibilita-se a inclusão de uma nova peça ou aumento da carga de produção.

A P E N D I C E 9

1. - CARACTERISTICAS das MAQUINAS e CALCULOS

1.1 - Característica e dados

A seguir são apresentados os cálculos dos custos de produção dos diferentes grupos de máquinas, com base nos seguintes valores:

QU _i - CDU	= 23,2 m ²
torno	= 10 m ²
fresadora	= 10 m ²
furadeira	= 8 m ²
CMQ	- Cr\$ 83,3/mês
TR	- 1 turno de trabalho = 0,15/12
	2 turnos de trabalho = 0,20/12
TD	- 1 turno de trabalho = 0,1
	2 turnos de trabalho = 0,15
TIR	- 0,3
OP	- 1 por máquina/turno
S _i	- CDU = Cr\$ 45.000,00
	torno e fresadeira = Cr\$ 35.000,00
	furadeira = Cr\$ 25.000,00
ES _i	- 0,6 x S _i
I	- 0,07
CMA	- carcaça 2Cl = Cr\$ 394,8
	carcaça 3Cl = Cr\$ 726,5
	carcaça 5Cl = Cr\$ 1.240,00
	carcaça 6Cl = Cr\$ 3.104,00

1.2 - Cálculo dos custos de produção do grupo de máquinas C N.

1.2.1 - Custos fixos

$$a) CEF_i = QU_i \times CMQ$$

$$CEF_1 = 23,2 \cdot 83,3 = \text{Cr\$ } 1.932,56/\text{mês}$$

$$b) CCA_i = VE_i \times TR$$

$$CCA_{1(1t)}^* = 34798083 \cdot 0,15/12 = \text{Cr\$ } 434.976,05$$

$$CCA_{1(2t)}^{**} = 34798083 \cdot 0,2/12 = \text{Cr\$ } 579.968,05$$

$$c) CF_i = VE_i \times TD \times T_i R$$

$$CF_{1(1t)} = -34798083 \cdot 0,1/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 86.995,2$$

$$CF_{1(2t)} = -34798083 \cdot 0,15/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 130.492,8$$

$$d) CMO_i = Op_i (S_i + ES_i)$$

$$CMO_{1(1t)} = 1 \cdot (45.000 + 0,6 \cdot 45.000) = \text{Cr\$ } 72.000,00$$

$$CMO_{1(2t)} = 2 \cdot (45.000 + 0,6 \cdot 45.000) = \text{Cr\$ } 144.000,00$$

Observando-se a figura 9, vê-se que para os volumes de produção superiores a 0,773 é necessário operar em 2 turnos com o CDU.

$$CFCN_n = \sum_{i=1}^1 (CEF_i + CMO_i + CCA_i + CF_i) \quad n = 1,2,3$$

* O índice (1t) significa operação em 1 turno

** o índice (2t) significa operação em 2 turnos

$$CFCM_n = (CEF_1 + CMO_{1(1t)} + CCA_{1(1t)} + CF_{1(1t)})$$

$$CFCM_1 = 1.932,56 + 72.000,00 + 434.976,05 + (-86.995,2) = \\ = \text{Cr\$ } 421.913,00$$

$$CFCN_2 = (CEF_1 + CMO_{1(2t)} + CCA_{1(2t)} + CF_{1(2t)})$$

$$CFCN_2 = 1.932,56 + 144.000,00 + 579.968,05 + (-130.492,00) = \\ = \text{Cr\$ } 595.408,61$$

$$CFCN_3 = (CEF_1 + CMO_{1(2t)} + CCA_{1(2t)} + CF_{1(2t)})$$

$$CFCN_3 = 1.932,56 + 144.000,00 + 579.968,05 + (-130.492,00) = \\ = \text{Cr\$ } 595.408,61$$

1.2.2 - Custos variáveis

$$CO_{nk} = -IL_k (CHF_i \cdot HO_{in})$$

a) Volume de produção 1 (mínimo)

$$CO_{1k} = -IL_k (421.913,41/192 \cdot (192-174,5)) = -IL_k (38.455,65)$$

$$CO_{11} = -1 (38.455,65) = -\text{Cr\$ } 38.455,65$$

$$CO_{12} = 0,5 (38.455,65) = -\text{Cr\$ } 19.227,82$$

$$CO_{13} = 0 (38.455,65) = \text{Cr\$ } 0,00$$

b) Volume de produção 2 (médio)

$$CO_{2k} = -IL_k (595.408,61/362 \cdot (362-246,42)) = -IL_k (190.103,08)$$

$$CO_{21} = -1 \cdot (190.103,08) = -\text{Cr\$ } 190.103,08$$

$$CO_{22} = -0,5 \cdot (190.103,08) = -\text{Cr\$ } 95.051,54$$

$$CO_{32} = -0 \cdot (190.103,08) = \text{Cr\$ } 0,000$$

c) Volume de produção 3 (máximo)

$$CO_{3k} = -IL_k (595.408,61/362 \cdot (362-344,04)) = -IL_k (29.540,07)$$

$$CO_{31} = -1 (29.540,07) = \text{Cr\$ } -29.540,07$$

$$CO_{32} = -05(29.540,07) = \text{Cr\$ } -14.770,03$$

$$CO_{33} = 0 (29.540,07) = \text{Cr\$ } 0,00$$

1.2.3 - Custo de produção C N (mensal)

$$CPCN_{nk} = CFCN_n + CVCN_{nk}$$

a) Volume de produção 1 (mínimo)

$$CPCN_{11} = 421.913,41 - 38.455,65 = \text{Cr\$ } 383.457,76$$

$$CPCN_{12} = 421.913,41 - 19.227,82 = \text{Cr\$ } 402.685,59$$

$$CPCN_{13} = 421.913,41 - 0 = \text{Cr\$ } 421.913,41$$

b) Volume de produção 2 (médio)

$$CPCN_{21} = 595.408,61 - 190.103,08 = \text{Cr\$ } 405.305,53$$

$$CPCN_{22} = 595.408,61 - 95.051,54 = \text{Cr\$ } 500.357,07$$

$$CPCN_{23} = 595.408,61 - 0 = \text{Cr\$ } 595.408,61$$

c) Volume de produção 3 (máximo)

$$CPCN_{31} = 595.408,61 - 29.540,07 = \text{Cr\$ } 565.868,54$$

$$CPCN_{32} = 595.408,61 - 14.770,03 = \text{Cr\$ } 580.638,58$$

$$CPCN_{33} = 595.408,61 - 0 = \text{Cr\$ } 595.408,61$$

1.3 - Cálculo dos custos de produção do grupo convencional

1.3.1 - Custos fixos

Inicialmente calcular-se-ã os custos fixos para as diferentes máquinas operando em 1 ou 2 turnos. No item "d" calcular-se-ã os custos fixos de produção para os diferentes volumes de produção analisados. Para a determinação de quantas máquinas, e em quantos turnos devem operar, basear-se-ã na figura 60, onde estão caracterizados os limites de carga das diferentes máquinas.

a) Torno

$$CEF = QU_i \cdot CMQ$$

$$CEF_T^* = 10 \cdot 83,3 = \text{Cr\$ } 833,3$$

$$CCA_{T(1t)} = VE_i \cdot TR$$

$$CCA_{T(1t)} = 4.800.000 \cdot 0,15/12 = \text{Cr\$ } 60.000,00$$

$$CCA_{T(2t)} = 4.800.000 \cdot 0,2/12 = \text{Cr\$ } 80.000,00$$

$$CF_i = -VE_i \cdot TD/12 \cdot TIR$$

$$CF_{T(1t)} = -4.800.000 \cdot 0,1/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 12.000,00$$

$$CF_{T(2t)} = -4.800.000 \cdot 0,15/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 18.000,00$$

$$CMO_i = Op_i \cdot (S_i + ES_i)$$

$$CMO_{T(1t)} = 1(35.000 + 35.000 \cdot 0,6) = \text{Cr\$ } 56.000,00$$

$$CMO_{T(2t)} = 2(35.000 + 35.000 \cdot 0,6) = \text{Cr\$ } 112.000,00$$

* Representa a máquina: torno(T), Fresadora(FR), Furadeira(FU)

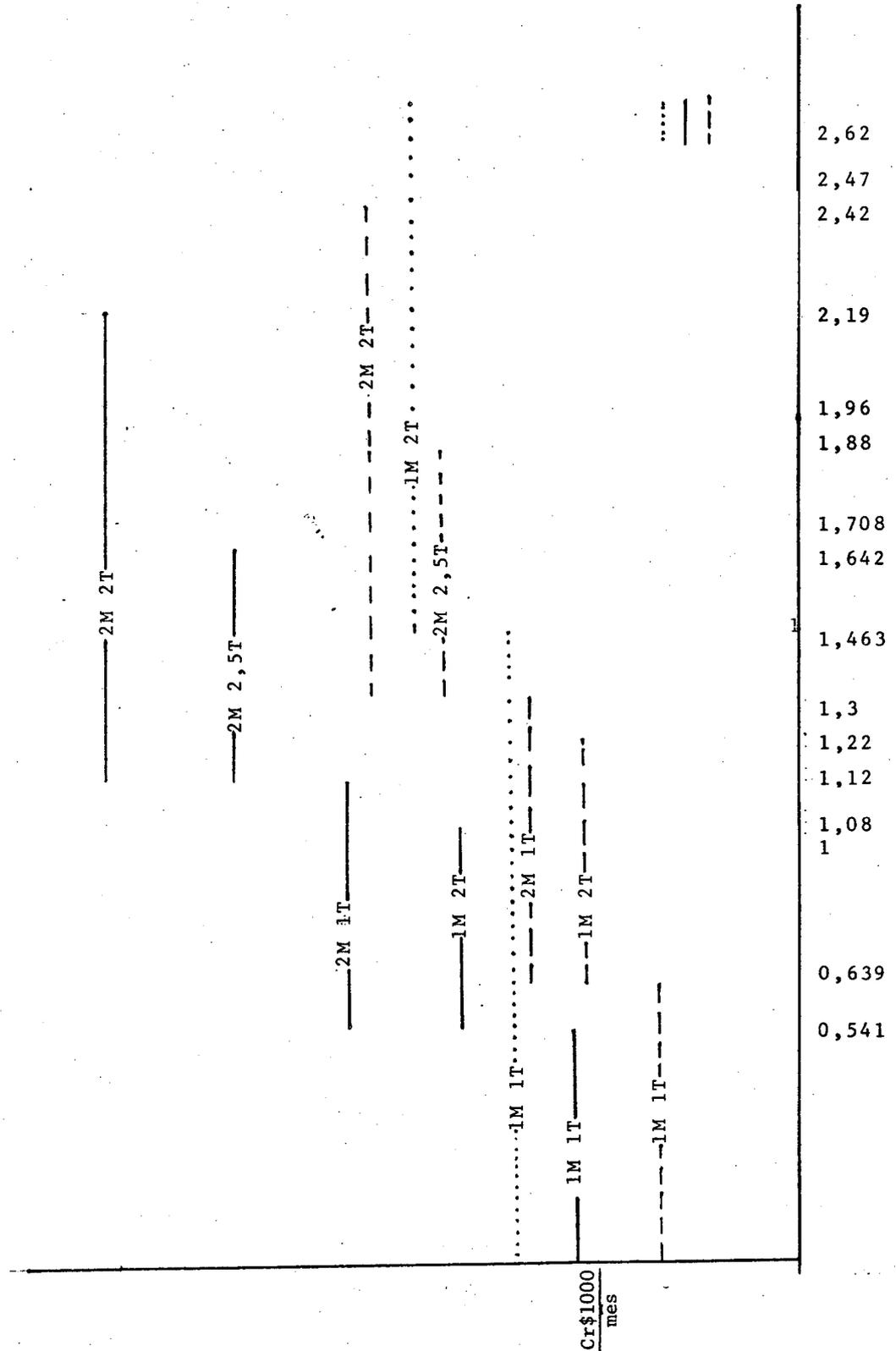


Figura 60 - Limite de carregamento das maquinas convencionais para operação de diversas combinações .

$$CFT_{(1t)}^* = CEF_T + CCA_{T(1t)} + CF_{T(1t)} = \text{Cr\$ } 104.833,33$$

$$CFT_{(2t)} = CEF_T + CCA_{T(2t)} + CF_{T(2t)} + CMO_{T(2t)} = \text{Cr\$ } 174.833,33$$

$$CFT_{(P)}^{**} = CEF_T + CCA_{T(1t)} + CF_{T(1t)} = \text{Cr\$ } 48.833,3$$

b) Fresadora

$$CEF_i = QU_i \cdot CMQ$$

$$CEF_{FR} = 10 \cdot 83,3 = \text{Cr\$ } 833,3$$

$$CCA_i = VE_i \cdot TR$$

$$CCA_{FR(1t)} = 3.290.000 \cdot 0,15/12 = \text{Cr\$ } 41.125,00$$

$$CCA_{FR(2t)} = 3.290.000 \cdot 0,2/12 = \text{Cr\$ } 54.833,3$$

$$CF_i = -VE_i \cdot TD/12 \cdot TIR$$

$$CF_{FR(1t)} = -3.290.000 \cdot 0,1/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 8.225,00$$

$$CF_{FR(2t)} = -3.290.000 \cdot 0,15/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 12.337,5$$

$$CMO_i = Op_i \cdot (S_i + ES_i)$$

$$CMO_{FR(1t)} = 1 (35.000 + 35.000 \cdot 0,6) = \text{Cr\$ } 56.000,00$$

$$CMO_{FR(2t)} = 2 (35.000 + 35.000 \cdot 0,6) = \text{Cr\$ } 112.000,00$$

$$CFFR_{(1t)}^{***} = CEF_{FR} + CCA_{FR(1t)} + CF_{FR(2t)} + CMO_{FR(1t)} = \text{Cr\$ } 89.733,3$$

$$CFFR_{(2t)} = CEF_{FR} + CCA_{FR(2t)} + CF_{FR(2t)} + CMO_{FR(2t)} = \text{Cr\$ } 155.329,1$$

* CFT = custo fixo do torno

** Significa que a máquina está parada

*** CFFR = custo fixo da fresadora

$$CFFR_{(P)} = CEF_{FR} + CCA_{FR(1t)} + CF_{FR(1t)} = \text{Cr\$ } 33.733,3$$

c) Furadeira

$$CEF_i = QU_i \cdot CMQ$$

$$CEF_{FU} = 8 \times 83,3 = \text{Cr\$ } 664,4$$

$$CCA_i = VE_i \cdot TR$$

$$CCA_{FU(1T)} = 1.415.000 \cdot 0,15/12 = \text{Cr\$ } 17.687,5$$

$$CCA_{FU(2T)} = 1.415.000 \cdot 0,2/12 = \text{Cr\$ } 23.583,33$$

$$CF_i = -VE_i \cdot TD \cdot TIR$$

$$CF_{FU(1T)} = -1.415.000 \cdot 0,1/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 3.537,5$$

$$CF_{FU(2T)} = -1.415.000 \cdot 0,15/12 \cdot 0,3 = -\text{Cr\$ } 5.306,25$$

$$CMO_i = Op_i \cdot (S_i + ES_i)$$

$$CMO_{FU(1T)} = 1(25.000 + 25.000 \cdot 0,6) = \text{Cr\$ } 40.000,00$$

$$CMO_{FU(2T)} = 2(25.000 + 25.000 \cdot 0,6) = \text{Cr\$ } 80.000,00$$

$$CFFU_{(1T)}^* = CEF_{FU} + CCA_{FU(1T)} + CF_{FU(1T)} + CMO_{FU(1T)} = \text{Cr\$ } 54.814,4$$

$$CFFU_{(2T)} = CEF_{FU} + CCA_{FU(2T)} + CF_{FU(2T)} + CMO_{FU(2T)} = \text{Cr\$ } 98.343,45$$

$$CFFU_{(P)} = CEF_{FU} + CCA_{FU(1T)} + CF_{FU(P)} = \text{Cr\$ } \text{Cr\$ } 14.814,00$$

* CFFU = custo fixo da furadeira

c) Custo fixo do grupo de máquinas convencionais

$$CFMC_n = \sum_{i=1}^m (CEF_i + CMO_i + CCA_i + CF_i)$$

$$CFMC_1 = 104.833,3 + 2(89.733,3) + 2(54.814,4) = \text{Cr\$ } 393928,7$$

$$CFMC_2 = 104.833,3 + 2(89.733,3) + 2(54.814,4) = \text{Cr\$ } 393928,7$$

$$CFMC_3 = 104.833,3 + (89.733,3 + 155.329,1) + 54.814,4 + 89.343,45 = \text{Cr\$ } 503.053,55$$

1.3.2 - Custos variáveis

a) Custo de refugo

$$CRE_{jn} = (CMA + CM_j) NF_{jn}$$

$$CRE_{2Cl_n} = (394,8 + 213,17) \cdot (0,05 \cdot LP_{2Cl}) = 30,39 LP_{2Cl_n}$$

$$CRE_{3Cl_n} = (726,5 + 169,69) \cdot (0,05 \cdot LP_{3Cl}) = 44,81 LP_{3Cl_n}$$

$$CRE_{4Cl_n} = (1240 + 290,47) \cdot (0,05 \cdot LP_{5Cl}) = 76,26 LP_{5Cl_n}$$

$$CRE_{6Cl_n} = 3104 + 393,61) \cdot (0,05 \cdot LP_{6Cl}) = 174,88 LP_{6Cl_n}$$

b) Custo de estocagem intermediária

$$CEI_{jn} = (CMA + CMF) LP_{jI}$$

$$CEI_{2Cl_n} = (394,8 + 213,17) \cdot 0,07 \cdot LP_{2Cl} = 42,55 LP_{2Cl_n}$$

$$CEI_{3Cl_n} = (726,5 + 169,69) \cdot 0,07 \cdot LP_{3Cl} = 62,73 LP_{3Cl_n}$$

c) Custo de ociosidade

$$CO_{nk} = -\Pi_k (97,21 \cdot 546 + 140,41 \cdot 467,36 + 168,56 \cdot 285,5) = -\Pi_k (166822,55)$$

- volume de produção 1 (mínimo)

$$CO_{1k} = -IL_k (97,21 \cdot 546 + 140,41 \cdot 467,36 + 168,56 \cdot 285,5) = -IL_k (166.822,55)$$

$$CO_{11} = -1 \cdot (166.822,55) = -Cr\$ 166.822,55$$

$$CO_{12} = 0,5 (166.822,55) = -Cr\$ 83.411,27$$

$$CO_{13} = 0 (166.822,55) = Cr\$ 0,00$$

- volume de produção 2 (médio)

$$CO_{2k} = -IL_k (59,55 \cdot 546 + 42,64 \cdot 467,36 + 80,36 \cdot 285,5) = -IL_k (75.385,31)$$

$$CO_{21} = -(75.385,31) = -Cr\$ 75.385,31$$

$$CO_{22} = 0,5 (75.385,31) = -Cr\$ 37.692,65$$

$$CO_{23} = 0 \cdot (75.385,31) = Cr\$ 0,00$$

- volume de produção 3 (máximo)

$$CO_{3k} = -IL_k (8,78 \cdot 546,07 \cdot 467,36 + 130,65 \cdot 285,5) = -IL_k (79.515,97)$$

$$CO_{31} = -1 (79.515,97) = -Cr\$ 79.515,97$$

$$CO_{32} = -0,5 (79.515,97) = -Cr\$ 39.757,98$$

$$CO_{33} = 0 (79.515,97) = Cr\$ 0,00$$

d) Custo variável do grupo de máquinas convencional

$$CVMC_{nk} = CO_{nk} + \sum_{j=1}^4 (CRE_{nj} + CEI_{nj})$$

- volume de produção 1 (mínimo)

$$\text{CVMC}_{n1} = -166.822,55 + (30,39 + 42,55) \cdot 251 + (144,81 + 62,73) \cdot 140 + 76,26 \cdot 33 + 174,88 \cdot 41$$

$$\text{CVMC}_{11} = \text{Cr\$ } -123.763,85$$

$$\text{CVMC}_{12} = -83.411,27 + 43.058,78 = \text{Cr\$ } -40.352,57$$

$$\text{CVMC}_{13} = -0 + 43.058,78 = \text{Cr\$ } 43.058,78$$

- volume de produção 2 (médio)

$$\text{CVMC}_{21} = -75.385,31 + (30,39 + 42,55) \cdot 358 + (44,81 + 62,73) \cdot 199 + 76,26 \cdot 47 + 174,88 \cdot 58$$

$$\text{CVMC}_{21} = \text{Cr\$ } -14.132,85$$

$$\text{CVMC}_{22} = -37.692,65 + 61.252,46 = \text{Cr\$ } 23.559,8$$

$$\text{CVMC}_{23} = 0 + 61.252,46 = \text{Cr\$ } 61.252,46$$

- volume de produção 3 (máximo)

$$\text{CVMC}_{31} = -79.515,97 + (30,39 + 42,55) \cdot 502 + (44,81 + 62,73) \cdot 279 + 76,26 \cdot 66 + 174,88 \cdot 82$$

$$\text{CVMC}_{31} = \text{Cr\$ } 6.494,05$$

$$\text{CVMC}_{32} = -39.757,98 + 86.010,02 = \text{Cr\$ } 46.252,03$$

$$\text{CVMC}_{33} = 0 + 86.010,02 = \text{Cr\$ } 86.010,02$$

1.3.3 - Custos de produção convencional (mensal)

$$\text{CPMC}_{nk} = \text{CFMC}_n + \text{CVMC}_{nk}$$

a) volume de produção 1 (mínimo)

$$\text{CPMC}_{11} = 393.928,7 + (-123.763,85) = \text{Cr\$ } 270.164,85$$

$$\text{CPMC}_{12} = 393.928,7 + (-40.352,57) = \text{Cr\$ } 353.576,13$$

$$\text{CPMC}_{13} = 393.928,7 + 43.058,7 = \text{Cr\$ } 436.987,4$$

b) volume de produção 2 (médio)

$$\text{CPMC}_{21} = 393.928,7 + (-14.132,85) = \text{Cr\$ } 379.725,85$$

$$\text{CPMC}_{22} = 393.928,7 + 23.559,8 = \text{Cr\$ } 417.488,5$$

$$\text{CPMC}_{23} = 393.928,7 + 61.252,46 = \text{Cr\$ } 455.181,16$$

c) volume de produção 3 (médio)

$$\text{CPMC}_{31} = 503.053,55 + 6.494,05 = \text{Cr\$ } 509.547,6$$

$$\text{CPMC}_{32} = 503.053,55 + 49.252,03 = \text{Cr\$ } 549.305,58$$

$$\text{CPMC}_{33} = 503.053,55 + 86.010,02 = \text{Cr\$ } 589.063,57$$

A P E N D I C E 10

1. SISTEMAS CAD/CAM

Devido a grande capacidade dos computadores de armazenar dados, processá-los segundo determinados programas e a redução de seus preços, tornou-se possível desenvolver programas que auxiliassem nas diversas fases da vida de um produto desde o projeto até a fabricação e seu gerenciamento.

Surgindo os sistemas CAD (computer aided design) e CAM (computer aided manufacturing) (fig. 61).

a) CAD - Durante o projeto pode estabelecer-se três fases distintas: concepção, dimensionamento e desenho.

Buscou-se inicialmente o auxílio do computador nas operações repetitivas, mas com desenvolvimento de novos programas e técnicas, os programas foram tornando-se mais abrangentes auxiliando também nos casos complexos como elaboração de desenhos, cálculos de estruturas complexas, seleção de materiais etc.

b) CAM - Inicialmente buscou-se apenas o auxílio do computador na execução dos programas de usinagem reduzindo-se com isto os problemas decorrentes da programação manual, partiu-se posteriormente para o desenvolvimento de programas que auxiliassem durante as outras fases da fabricação desde a definição da peça bruta passando pela escolha de equipamentos e ferramentas até o gerenciamento e carregamento das máquinas.

Os sistemas CAD e CAM estão sendo desenvolvidos em módulos para que atendam determinadas fases do projeto e fabricação. Certas áreas estão consideravelmente desenvolvidas mas em outras é necessário ainda muito esforço. Neste desenvolvimento dos sistemas CAD e CAM e no seu inter-relacionamento deve-se ob

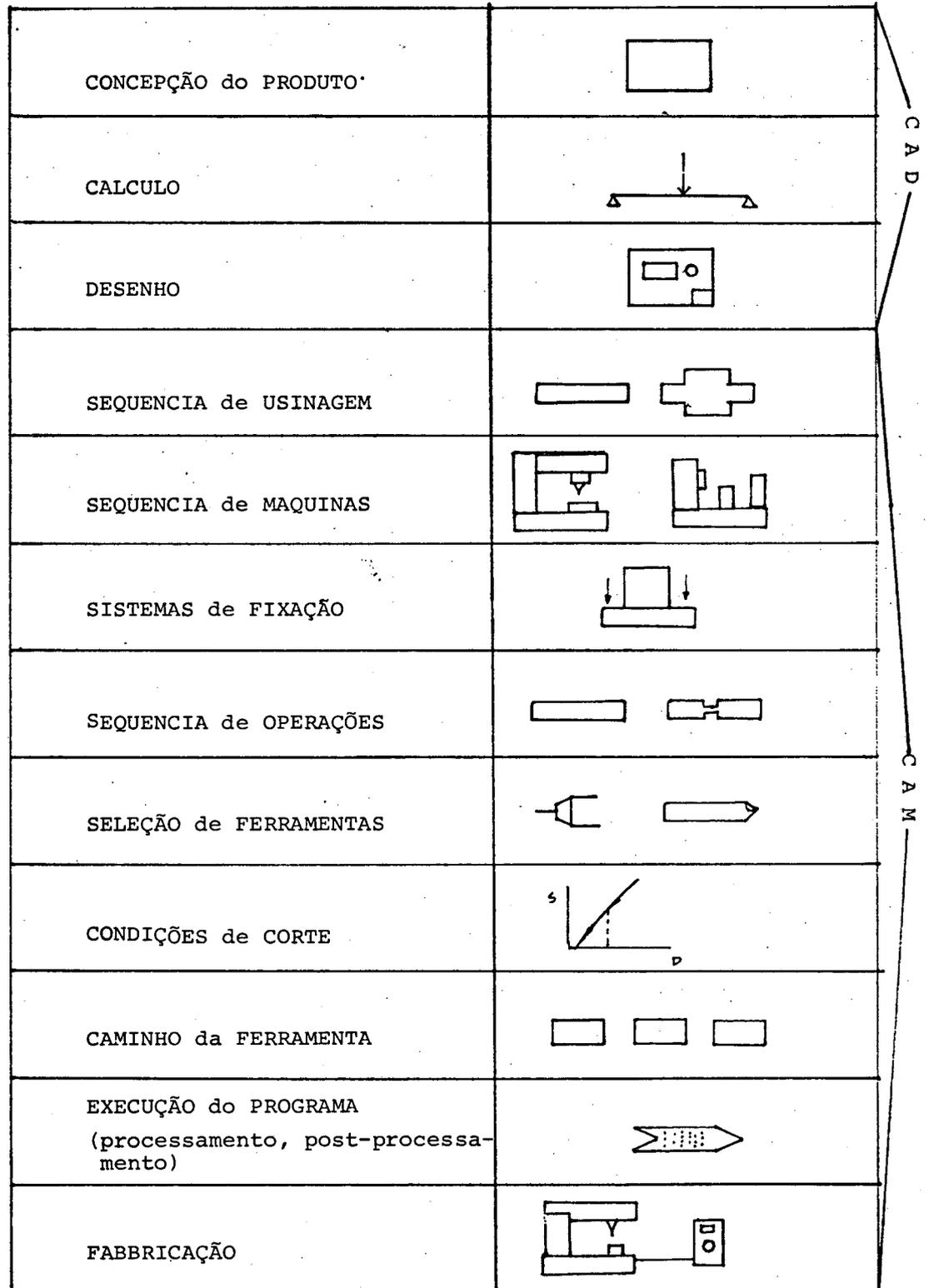


Figura 61 - CAD-CAM e as diferentes fases de projeto e fabricação

servar que haja uma boa interface entre os sistemas de software, a saída de um módulo deve servir como entrada de outro.

Como exemplos de sistemas (softwares) CAD e CAM de ve-se citar:

- IPAD (integrated programs for aerospace-vehicle design) sendo desenvolvido pela Boeing com apoio da NASA. Devendo na fase mais avançada da integração reduzir em 30% o tempo de fabricação e 20% o pessoal necessário atualmente para projeto, desenvolvimento e fabricação.

- CADAM (computer-graphics argueded design and manufacturing) utilizado pela Cockheed na execução de desenhos em escala no projeto de ferramentas, execução de ferramentas e programação C N.

Inúmeros sistemas CAD e CAM estão sendo desenvolvidos adequando-se os mais diversos produtos devendo o usuário quando da adoção de um sistema CAD ou CAM observar que:

- O modelo seja compatível com algum modelo já existentes na empresa;

- O programa atenda as reais necessidades da indústria e que melhorias e modificações possam ser introduzidas e mantidas .

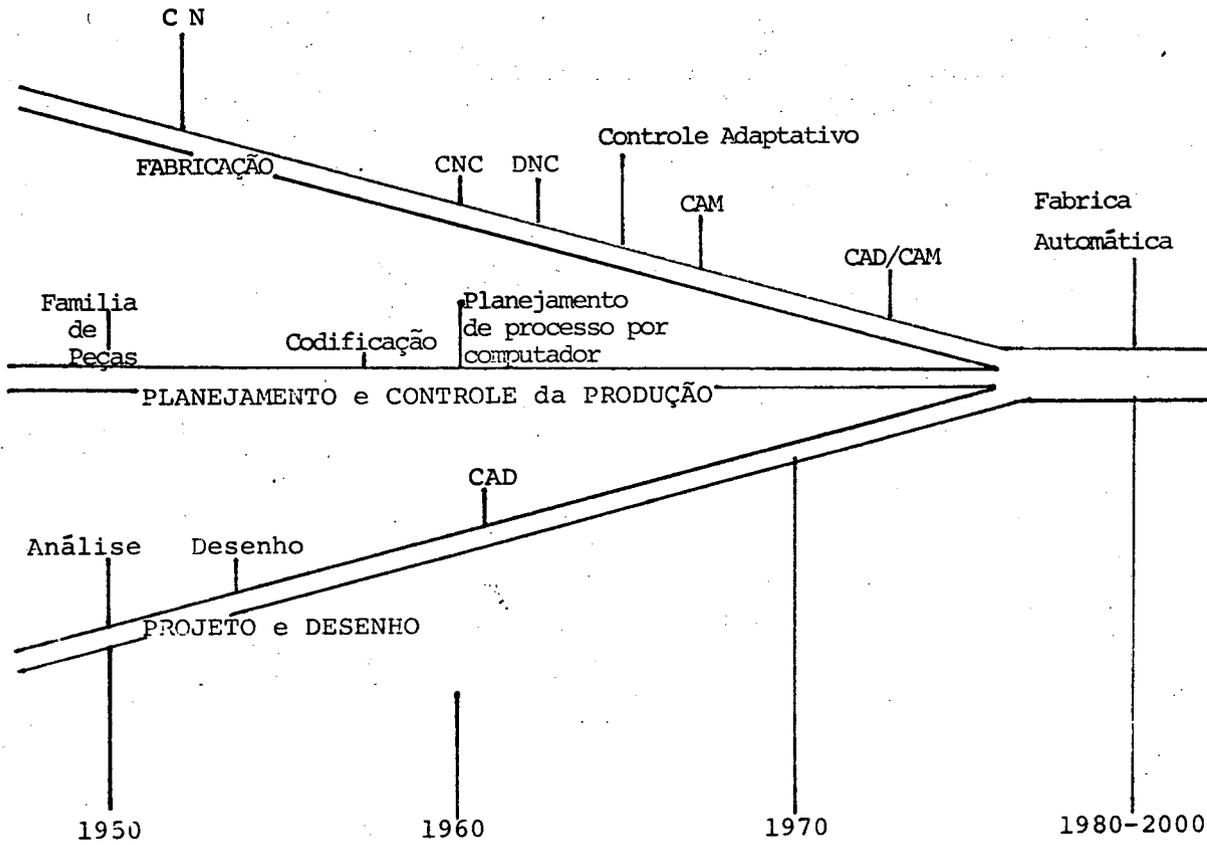


Figura 62 - As fases de projeto (o que é produzido), de planejamento (como, onde e quando) e de controle da produção encaminham-se aceleradamente para a automatização

A P Ê N D I C E 11

1. MODIFICAÇÕES de PROJETO

1.1 - Generalidades

Para a determinação de sequência de operações a seleção dos processos é necessária uma análise do projeto da peça. Durante esta análise podem ser encontrados elementos que necessitam ou permitem uma modificação, resultando em facilidades e melhorias para o projeto em si, ou simplificações consideráveis para a fabricação.

No projeto das carcaças foram recomendadas modificações relativamente simples uma vez que a grande maioria das modificações sugeridas são a normalização das roscas. Apenas duas modificações na carcaça 2C1 trazem benefícios reais para a fabricação.

1.2 - Normalizações

- Normalização das roscas de medidas em polegadas para medidas métricas

Atual	anterior
8 mm	6,92 mm
12 mm	10,65 mm
18 mm	16,38 mm

1.3 - Modificações

- Modificações do plano de furação do furo vertical da carcaça 2C1 (figura 63).

Devido a inclinação existente no topo da carcaça 2C1, o furo vertical é inclinado em relação a base da carcaça.