

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

USINAGENS DE CAVIDADES EM FORMAS ARBITRÁRIAS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHA-
RIA

FRANCISCO ESTEVÃO GOTA



0.192.398-2

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS - SC

ABRIL/88

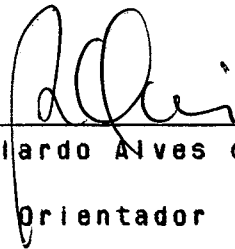
USINAGENS DE CAVIDADES EM FORMAS ARBITRÁRIAS

FRANCISCO ESTEVÃO COTA

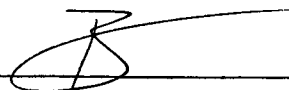
Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

"MESTRE EM ENGENHARIA"

Especialidade Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação

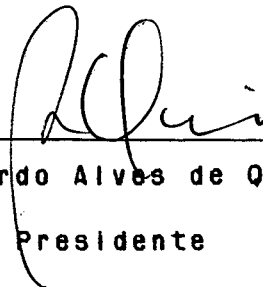


Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D
Orientador



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Programa

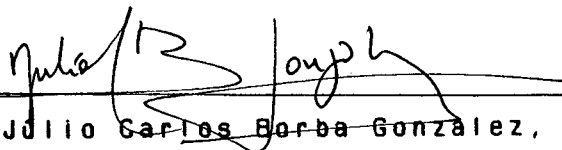
Banca examinadora



Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D
Presidente



Prof. Edison da Rosa, M.Eng.



Prof. Julio Carlos Borba Gonzalez, M.Eng.

RESUMO

Este trabalho apresenta um macro de auxílio ao programador em sua tarefa de confecção do programa CN, no que se refere este à parte geométrica do programa CN. O presente macro denominado "cavidade" tem a função de desbastar automaticamente uma área delimitada por um contorno externo fechado, dado por segmentos de reta e arcos de circunferência.

Nesta dissertação são apresentados os fundamentos matemáticos e computacionais deste processador geométrico. O software produzido tem opção de entrada própria ou através de um sistema CAD, no caso o CADTEC ou AUTOCAD. A saída de dados, que dá o caminho da ferramenta (fresa) é simulada no vídeo, tendo-se também a opção de gerar o programa CN na linguagem da norma DIN 86025, através de um pós-processamento. Como exemplo, foi desenvolvido um que pós processa para um Centro de Usinagem da Thyssen Huller NBH65 com Comando Numérico Siemens 7M, disponível na UFSC.

A solução teórica geométrica obtida é eficaz, isto significará a base de um CAM Auto-Programável a duas dimensões com a usinagem do interior para o exterior da cavidade.

ABSTRACT

In this work, a subroutine for aiding programmers to create the geometric parts of a NC program is presented. The subroutine call "cavidade", permits automate milling of an area enclosed by an external contour, formed by lines or circle arcs.

The theoretical and computational fundamentals of this geometric processor, are presented. The proposed software allows inputs, to be introduced by a CAD system (eg. CADTEC or AUTOCAD) and also provides a special input procedure for elements and contour. The tool's path, given as output, is simulated at the computer screen being also possible to create, by post-processing, a NC program in DIN 66025 language. As an example a post-processor for the available Machining Centre of Thyssen Hüller NBH65 with Numerical Control Siemens 7M, is developed.

The theoretical geometric solution obtained is efficacious, and therefore, give the bases for a two dimensions Auto-Programming CAM with milling from the inner to the outer of the pocket.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Considerações iniciais	1
1.2.	Origem do Trabalho	2
1.3.	Objetivo do Trabalho	3
1.4.	Estrutura do Trabalho	3

CAPÍTULO II

2.	PROGRAMAÇÃO	5
2.1.	Introdução	5
2.2.	Programação	5
2.3.1.	Características dos Métodos de Programação	5
2.3.2.	Programação Manual	5
2.3.3.	Programação Semi-Automática	6
2.3.4.	Programação Automática	6
2.3.5.	Auto-Programação	7
2.4.1.	Macros de Programação	7
2.4.2.	Contorno	8
2.4.3.	Cavidade (Pocket)	8

CAPÍTULO III

3. NOMENGLATURA UTILIZADA	10
3.1. Introdução	10
3.2.1. Circunferência	10
3.2.2. Esfera	10
3.3.1. Equidistante	10
3.3.2. Equidistante à reta	10
3.3.3. Equidistante à circunferência	11
3.4. Sentido de deslocamento	12
3.5.1. Contorno	12
3.5.2. Contorno fechado	12
3.5.3. Contorno inicial	12
3.5.4. Contorno de referência	13
3.5.5. Contorno derivado	13
3.5.6. Subcontorno	13
3.6. Conjunto convexo	14
3.7.1. Arco côncavo	14
3.7.2. Arco convexo	15
3.8. Elementos criados	15
3.9. Sub-elementos	16
3.10.1. Área da cavidade	16
3.10.2. Sub-área	16
3.10.3. Área côncava	17
3.11.1. Setor geométrico de referência de arco	17
3.11.2. Setor geométrico de ref. de segmento de reta	17
3.12. Cancelamento(s) de elemento(s)	18
3.13. Incentro	18

CAPÍTULO IV

4.	CAVIDADES	20
4.1.	Introdução	20
4.2.	Cavidade (Pocket)	20
4.3.	Métodos de desbaste de uma cavidade	20
4.4.	Cavidades (Pockets) Tipo I	22
4.5.	Cavidades (Pockets) Tipo II	26

CAPÍTULO V

5.	ELEMENTOS DO CONTORNO	29
5.1.	Introdução	29
5.2.	Forma-canônica dos elementos do Contorno	29
5.2.1.	Forma canônica da reta	29
5.2.2.	Forma canônica para a circunferência	31
5.3.	Deslocamento dos Elementos	31
5.4.	Uso de Seletores	32
5.5.	Processamento do contorno inicial	34

CAPÍTULO VI

6.	DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO	36
6.1.	Introdução	36
6.2.1.	Cálculo do Incentro do Triângulo	36
6.2.2.	Incentros dos Polígonos	39
6.2.3.	Incentros de Cavidades	42
6.2.4.	Cálculo de incentros em cavidades	43
6.3.	Divisão do Subcontorno	45
6.4.	Montagem da Árvore de Reconhecimento	49

CAPÍTULO VII

7.	ESTRUTURA DO SOFTWARE	54
7.1.	Introdução	54
7.2.	Entrada dos dados geométricos do contorno	55
7.3.	Processamento do contorno inicial	57
7.4.	Pré-processamento geométrico	57
7.5.	Entrada dos dados tecnológicos	59
7.6.1.	Saída dos dados	60
7.6.2.	Saída pelo vídeo	64
7.6.3.	Saída por pós-processamento	65

CAPÍTULO VIII

8.	CONCLUSÕES	67
8.1.	Introdução	67
8.2.	Limitações do Processador Geométrico	67
8.3.	Otimização	67
8.4.	Conclusões	68
8.5.	Extrapolações e sugestões	70

BIBLIOGRAFIA	73
--------------------	----

APÊNDICE A	76
------------------	----

APÊNDICE B	79
------------------	----

APÊNDICE C	87
------------------	----

APÊNDICE D	97
------------------	----

APÉNDICE E 118

APÉNDICE F 118

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

A necessidade crescente das indústrias racionalizarem os métodos de produção desencadeou um processo cada vez maior de mudanças dos sistemas tradicionais de produção para os processos automatizados. Esta automatização está vinculada diretamente aos avanços da microeletrônica, e se torna evidente quando se depara com a imensidão de aplicações do computador atualmente. Na fabricação o computador é utilizado no Planejamento e Controle da Produção, Controle de Qualidade, Controle de Processos e na Programação das Máquinas de Comando Numérico (CN), no próprio comando da máquina, entre outras aplicações.

O início do Comando Numérico na década de cinquenta se deu antes da difusão dos sistemas rígidos de produção (tipo linhas transfer), e com finalidade totalmente diferente: fabricação de peças complexas em pequena escala para o uso na indústria aeroespacial.

Sua utilização inicial foi para o fresamento onde a complexidade dos movimentos da ferramenta em geral é maior. Com os bons resultados obtidos, o CN passou a ser utilizado também em outros processos, tais como, furação, torneamento, dobramen-

to, eletroerosão, retífica, soldagem, robótica, etc.

Este processo gerou uma nova função: a do programador de peças (processista) de Comando Numérico. Lentamente surgiram linguagens e aplicativos que auxiliam os programadores nesta árdua tarefa. De acordo com /16/ existiam em 1970 cerca de trinta e três linguagens, e acredita-se que existam atualmente mais de cem linguagens diferentes/6/, levando-se em consideração as linguagens com aplicações específicas e facilidades de entrada e saída.

O trabalho que será dissertado refere-se à parte geométrica dos métodos de programação em Comando Numérico.

1.2. Origem do Trabalho

Como dito anteriormente a função do processista é nova, e é hoje um dos gargalos na fabricação, em função da falta de bons programadores. De acordo com /3/ e /8/: não existem bons processistas capazes de utilizar os avanços disponíveis na área de Comando Numérico (CN).

Este trabalho vai ao encontro da solução deste problema, ou seja, auxiliar o programador em suas tarefas: efetuando os cálculos com segurança, otimizando e simulando seus resultados, e é isto uma das bases da computação. A partir deste trabalho obter-se-a uma redução no custo da produção de Programas CN, que é significativo em relação ao custo da fabricação de uma peça unitária, isto torna-se verdade pois o CN, ainda hoje, é mais aplicado para lotes pequenos e médios.

1.3. Objetivo

O objetivo é tornar transparente o cerne de um processador geométrico em duas dimensões, e elaborar um programa que determine todo o percurso de usinagem de uma ferramenta (fresa) a partir da programação do contorno externo de uma cavidade, dado por segmentos de reta e arcos de circunferência. Do percurso determinado é gerado um programa-peça direcionado a um Centro de Usinagem ou uma Fresadora que utiliza Comando Numérico, tendo como consequência o desbaste interno ao contorno. O método das equidistantes, em vez de zigue zague de corte da cavidade, foi escolhido por ser uma solução otimizada para cavidades com planos de cortes paralelos. Uma característica adicional do trabalho é mostrar a necessidade de se fazer um levantamento inicial de todo o desmembrar da cavidade, como será visto adiante.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em oito capítulos e adicionado por seis apêndices que contém exemplos de entrada e saída dos resultados obtidos, cálculos matemáticos, e o programa.

No primeiro capítulo são apresentados a origem e objetivos do trabalho.

O segundo capítulo descreve sobre a Programação em Máquinas de CN.

O terceiro capítulo relaciona a nomenclatura utilizada

no trabalho.

O quarto capítulo, denominado "cavidades", discorre sobre os dois tipos de comportamento geométrico destas, e seus métodos de desbaste.

Na primeira parte do quinto capítulo é discutida a melhor forma de manuseio dos elementos do contorno, e a segunda parte nos dá a sequência de processamento do contorno inicial.

O capítulo sexto, intitulado Desenvolvimento Matemático, desenvolve a base matemática das idéias envolvidas no trabalho.

No sétimo capítulo é mostrada a organização do software construído.

O último capítulo apresenta os limites do processador geométrico, conclusões, extrapolações e sugestões.

CAPÍTULO II

2. PROGRAMAÇÃO

2.1. Introdução

Este capítulo refere-se à programação em Comando Numérico.

2.2. Programação

O que objetiva a Programação? Obter uma sequência de informações geométricas e tecnológicas codificadas em forma utilizável na unidade de controle da máquina ferramenta.

2.3.1. Características dos Métodos de Programação.

A preparação do programa CN por um processista pode ser obtida em três formas básicas /21/, /22/, /24/ que são: manual, semi-automática e automática.

2.3.2. Programação Manual

Na programação manual, o programa CN é preparado em forma de sentenças de programação pelas informações do desenho da peça com o mesmo formato das fitas perfuradas, isto é, no código de máquina CN, e tem as seguintes características:

- Utiliza máquina perfuradora de fita, calculadoras e tabelas matemáticas, não havendo então necessidade de sofisticação computacional.

- Grande número de usuários por ser a forma mais ele-

mentar, não exigindo grandes recursos.

- Demanda muito tempo na elaboração dos programas, variando diretamente à complexidade das peças.

- O programa é específico para determinado modelo de máquina ferramenta, necessitando pois, de conhecimentos e experiências específicas para cada máquina.

- A otimização é onerosa devido aos cálculos envolvidos.

- Responsabilidade da fabricação é do processista.

- Dificuldade de verificação do programa.

2.3.3. Programação Semi-Automática

Na programação semi-automática a geração do programa CN é efetuada de maneira um pouco mais confortável do que a programação manual, pois faz-se o uso de mini e microcomputadores e sistemas de apoio como:

- Apoio matemático, como intersecção e arredondamento entre os elementos.

- Auxílio na edição de programas.

- Auxílio com ajuda de macros.

- Simulação do programa no computador.

2.3.4. Programação Automática

Na programação automática o programador formula o programa CN não mais sentença a sentença, mas com declarações mais completas de uma linguagem orientada para a programação das peças, tendo as características como:

- Utiliza-se também computador de grande porte.

- Linguagem de alto nível com pós-processamento.

- Recursos mais poderosos facilitando a definições de elementos.

- Processador tecnológico intrínseco

2.3.5. Auto-Programação

Percebe-se que no processo evolutivo da programação há uma tendência do processista executar menos tarefas repetitivas, conseqüentemente os programas vão diminuindo de tamanho através da inserção de macros, diminuindo a quantidade de erros e o tempo de elaboração do programa.

No processo de desenvolvimento da programação cada etapa tende a incorporar os avanços anteriores. Sua evolução deve chegar a outro método de obtenção do programa CN: a Auto-Programação. Nele, o sistema gera o programa CN diretamente dos dados geométricos e tecnológicos, sem a necessidade de um programador.

2.4.1. Macros de Programação

São módulos de programação que auxiliam o trabalho do programador, facilitando a elaboração de trechos repetitivos de programas (Ex. contorno, cavidades).

É comum a existência de peças total ou parcialmente similares em suas características geométricas, neste caso não há a necessidade de se fazer todo um novo programa, pois o que muda são alguns parâmetros na programação. Especificamente no fresamento tem-se, por exemplo, os seguintes macros paramétricos:

- Fresamento de topo;
- Fresamento de cavidade circular;
- Fresamento de cavidades quadrangulares.

2.4.2. Contorno

O contorno é definido como uma sequência de elementos (segmentos de reta e arcos de circunferência) conectados, formando um perfil único contínuo.

O contorno é bastante utilizado nos sistemas de geração de programas GN (APT/1/, EXAPT/2/, COMPACT II/17/, NELAPT/16/) em funções como: geração de cortes equidistantes através de redução ou aumento desta sequência de elementos.

O contorno pode ser fechado ou aberto, e neste trabalho tratar-se-á apenas dos ciclos fechados, onde o último elemento intercepta o primeiro, formando um ciclo fechado.

2.4.3. Cavidade (Pocket)

Outro macro poderoso existente em vários softwares é o denominado "cavidade" (pocket). Este macro tem a seguinte função de desbastar automaticamente uma área delimitada por um contorno fechado. Para sua operação o processista insere o contorno externo de uma cavidade e o sistema gera o programa que efetua o desbaste interno a este contorno. Este trabalho desenvolve um macro para essa função cavidade.

O programa "cavidade" foi desenvolvido para operar no sistema DOS, em micro computadores do tipo compatível ao IBM-PC. Foi escrito em Basic e neste estágio atual ocupa 75 Kbytes de memória.

Há várias linguagens que utilizam o macro "pocket", por exemplo: COMPACT II, NELAPT e EXAPT oferecem "pockets" a base de linhas e arcos no entanto o APT na versão IV /1/ apresenta um "pocket" limitado a polígonos convexos com no máximo vinte

elementos. Pode-se manualmente subdividir uma cavidade complexa em "pockets" poligonais auxiliando o desbaste interno, neste caso o programador tem apenas que executar o passe externo da cavidade, caso seja necessário.

Pode-se também conceituar o "pocket" desenvolvido neste trabalho como processador geométrico, por apresentar as seguintes características:

- 1 - auxiliar o recebimento dos dados de entrada,
- 2 - efetuar cálculos geométricos e determinar o caminho da ferramenta,
- 3 - emitir um arquivo de saída que será o programa CN.

Com estes dados pode haver então uma aplicação específica na usinagem de matrizes.

Existem empresas que comercializam softwares CAD/CAM no Brasil, que incluem macros denominados "pockets", por exemplo: Multicad com sistema GALMA, Compugraf com sistema EUCLID, Sisgraf com sistema INTERGRAPH e Comicro com sistema para micro VersaCAD/SmartCAM.

CAPÍTULO III

3. NOMENCLATURA UTILIZADA

3.1. Introdução

Neste capítulo serão relacionados e explicados alguns termos utilizados frequentemente no desenrolar do trabalho, servindo assim como uma terminologia para o mesmo.

3.2.1. Circunferência: Lugar geométrico dos pontos num plano que equidistam de um ponto fixo.

3.2.2. Esfera: Lugar geométrico dos pontos que equidistam de um ponto fixo.

3.3.1. Equidistante (t): É um valor da distância entre elementos (segmentos de reta e arcos de circunferência), subsequentemente distância entre contornos.

3.3.2. Equidistante à reta: Lugar geométrico dos pontos que estão a uma distância constante (t) a uma determinada reta. Então seria toda reta paralela a uma reta de referência (fig.3.1), como consequência a inclinação de qualquer reta equidistante é a mesma da reta de referência.

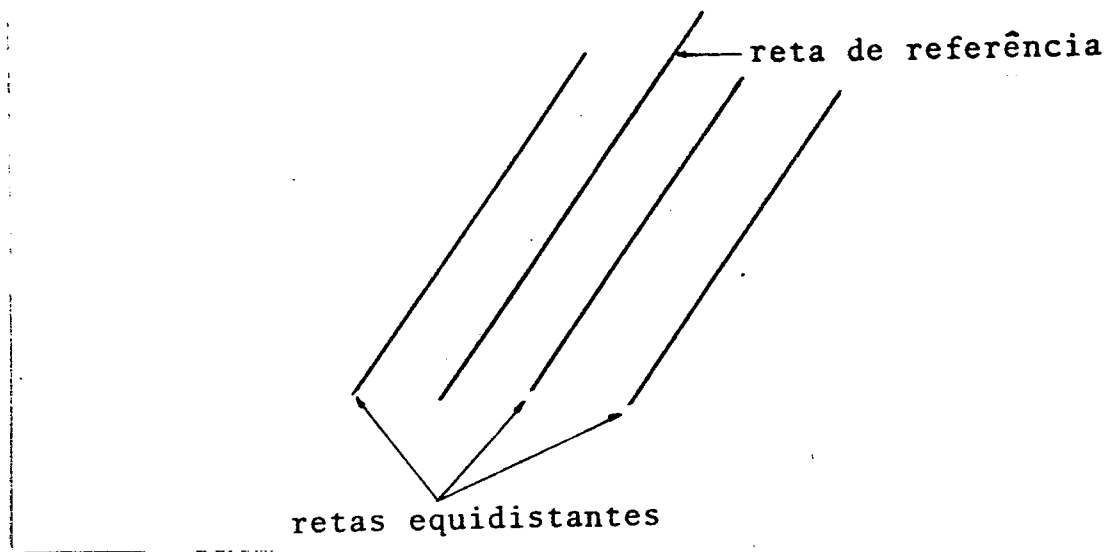


Figura 3.1 - Equidistantes à reta

3.3.3. Equidistante à circunferência: Lugar geométrico dos pontos que estão a uma distância constante de uma determinada circunferência (figura 3.2), isto nos dará como consequência circunferências concêntricas (mesmo centro). No trabalho se utilizará arcos de circunferência, naturalmente o mesmo raciocínio é válido.

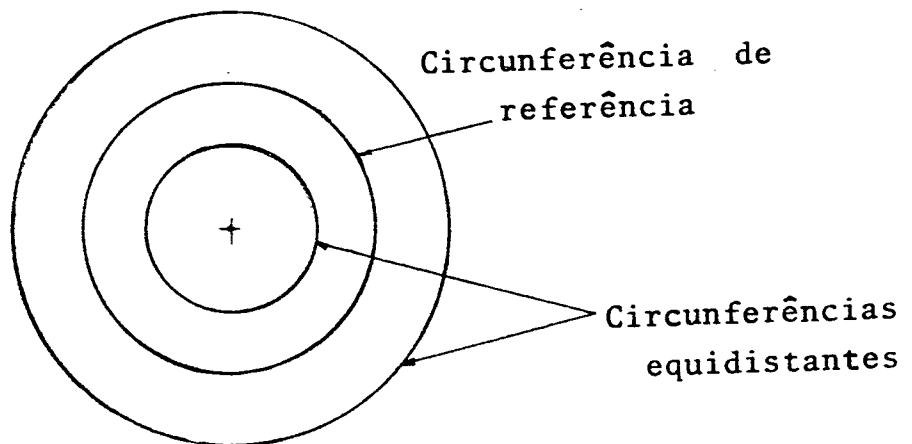
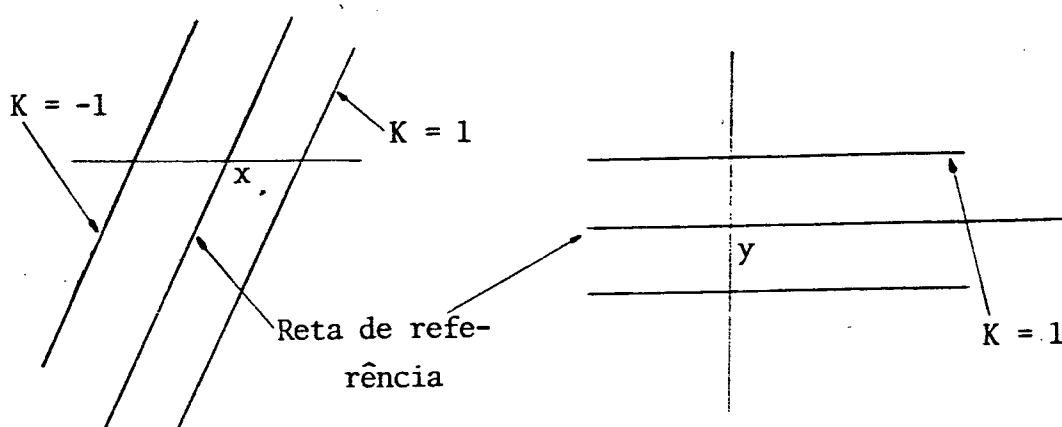


Figura 3.2 - Equidistantes à circunferência

3.4. Sentido de deslocamento ($k = 1$ ou -1): Sentido de deslocamento dos elementos. Para as retas adotou-se a abcissa como primeira opção de cálculo, então qualquer translação que envolva aumento da abcissa significa $k = 1$ e naturalmente para uma diminuição da abcissa $k = -1$ (figs.3.3a e 3.3b). No caso dos arcos, se este for côncavo, $k = 1$, conseqüentemente $k = -1$ para o arco convexo.



Figs. 3.3a e 3.3b - Sentido de deslocamento das retas

3.5.1. Contorno: É definido como uma seqüência de elementos (segmentos de reta e arcos de circunferência) conectados formando um perfil único contínuo.

3.5.2. Contorno fechado: É o contorno em que o último elemento intercepta o primeiro elemento formando conseqüentemente um ciclo fechado. Neste trabalho só serão manuseados contornos fechados.

3.5.3. Contorno inicial ($t = 0$): É o contorno formado pelos elementos (segmentos de reta e arcos de circunferência), estes são os dados de entrada inicial, conseqüentemente é o perfil externo

da cavidade.

3.5.4. Contorno de referência ($t = 0$): É o contorno formado pelos elementos de entrada, contudo acrescidos dos arcos côncavos de raio zero inseridos para o desenvolvimento dos contornos derivados, quando estes forem necessários. Também pode ser definido como o contorno derivado de deslocamento nulo ($t = 0$).

3.5.5. Contorno derivado ($t > 0$): Qualquer contorno fechado que equidista do contorno inicial. Neste trabalho só serão gerados contornos internos ao contorno inicial (fig 3.4).

3.5.6. Subcontorno ($t > 0$): Contorno que equidista do contorno de referência e que apresenta alguma modificação a este (fig 3.4). A mesma analogia é utilizada mesmo quando-se estiver gerando subcontorno de outro subcontorno. Então qualquer subcontorno será diferente de outro subcontorno. O primeiro subcontorno é considerado o próprio contorno de referência ($t=0$).

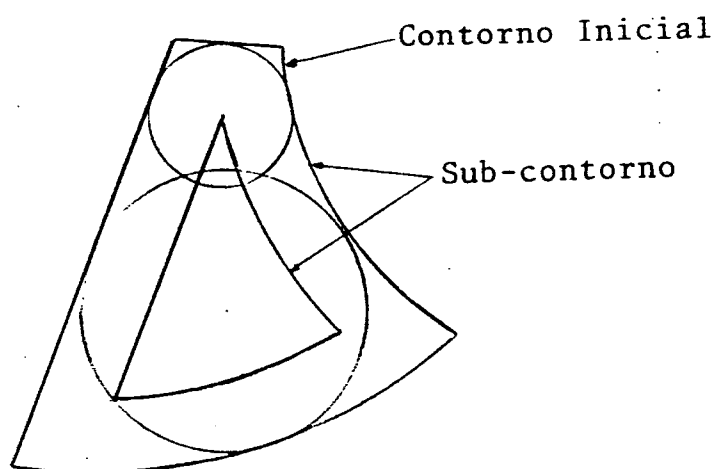


Figura 3.4 - Contornos da cavidade

3.6. **Conjunto convexo:** É aquele onde tomando-se quaisquer dois pontos pertencentes ao conjunto interno e, ligando-os por meio de uma reta tem-se os pontos deste segmento de reta pertencentes ao conjunto, caso contrário este conjunto é dito côncavo (fig.3.5). Para um sistema de duas dimensões matematicamente seria:

$$x = h * x_1 + (1 - h) * x_2$$

$$y = h * y_1 + (1 - h) * y_2$$

onde (x_1, y_1) e (x_2, y_2) são pontos pertencentes ao conjunto S e h é um número real pertencente ao intervalo $[0, 1]$, então constroi-se a reta composta pelos pontos (x, y) entre os pontos (x_1, y_1) e (x_2, y_2) determinada pela variação do parâmetro h.

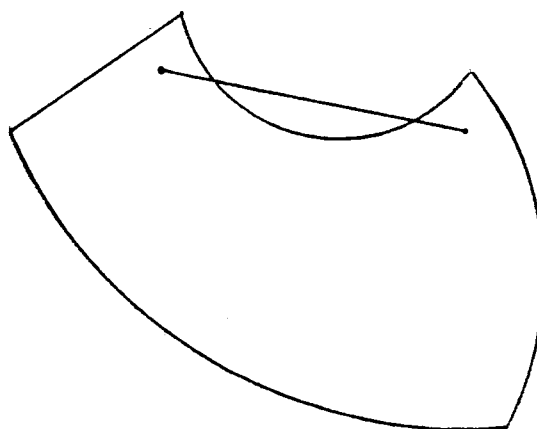


Figura 3.5 - Conjunto côncavo

3.7.1. **Arco côncavo:** É aquele que quando observado do exterior da cavidade para o interior (o centro do arco se posiciona ao lado do observador) se apresenta menos elevado ao centro (figura 3.8), como consequência no momento de se gerar equidistantes para o interior da cavidade o seu raio terá o valor aumentado.

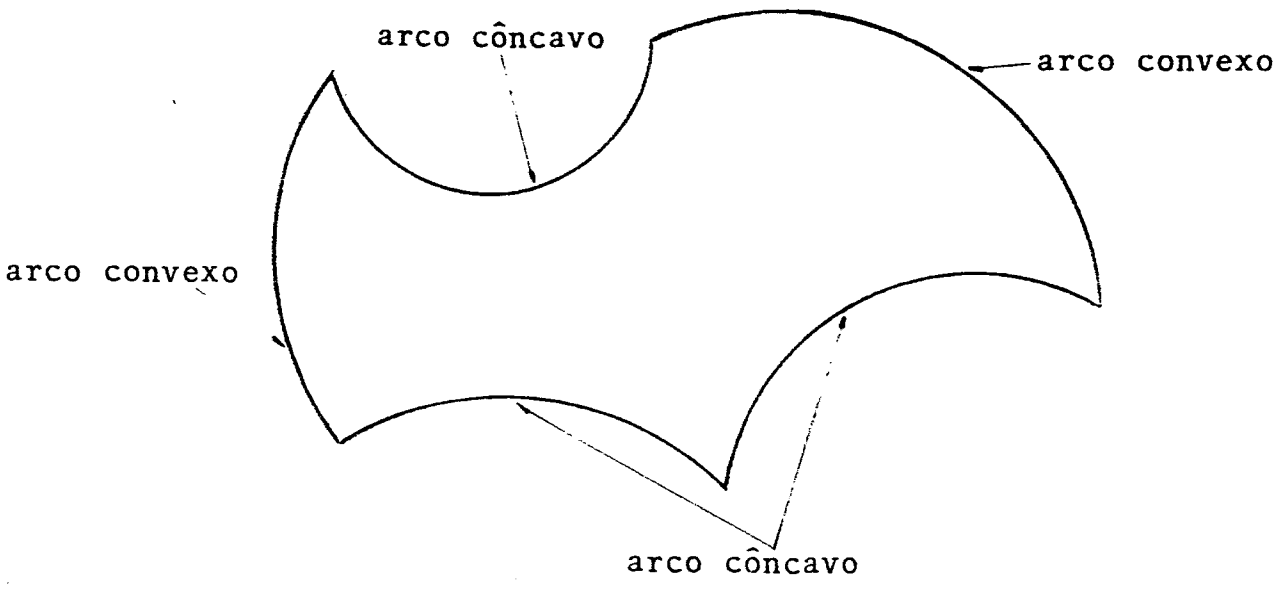


Figura 3.6 - Arco côncavo e convexo

3.7.2. Arco convexo: É aquele que quando observado de exterior da cavidade para o interior (o centro do arco se posiciona do lado oposto ao observador) se apresenta mais elevado ao centro, como consequência no momento de se gerar equidistantes para o interior da cavidade o seu raio terá o valor diminuído (fig.3.6).

3.8. Elementos criados: Para representar fielmente um contorno derivado é necessária a inserção de um arco côncavo quando o ângulo entre elementos adjacentes é maior do que 180 graus (figura 3.7). Naturalmente este procedimento só será efetuado após a entrada do contorno inicial.

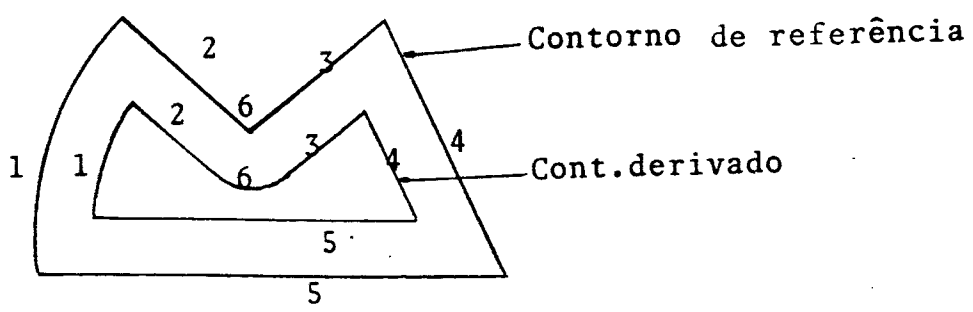


Figura 3.7 - Elemento criado {6}

3.9. Sub-elementos: A fim de representar todo contorno derivado, as vezes é necessária a subdivisão do contorno em outros (figura 3.8), neste caso se torna providencial a inserção de elementos {5 e 6} nos contornos derivados, e estes elementos acrescentados são denominados sub-elementos.

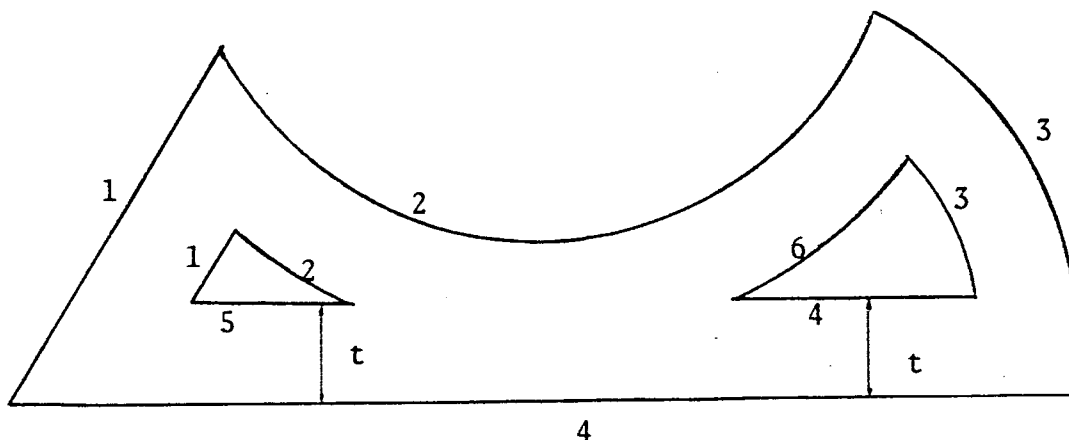


Figura 3.8 - Sub-elementos {5 e 6}

3.10.1. Área da cavidade: Neste trabalho será conceituado como toda a área interna ao contorno inicial.

3.10.2. Sub-área: Qualquer área contida em um contorno derivado (figura 3.9). Neste trabalho a área da cavidade será considerada também como uma sub-área (equidistante $t = 0$).

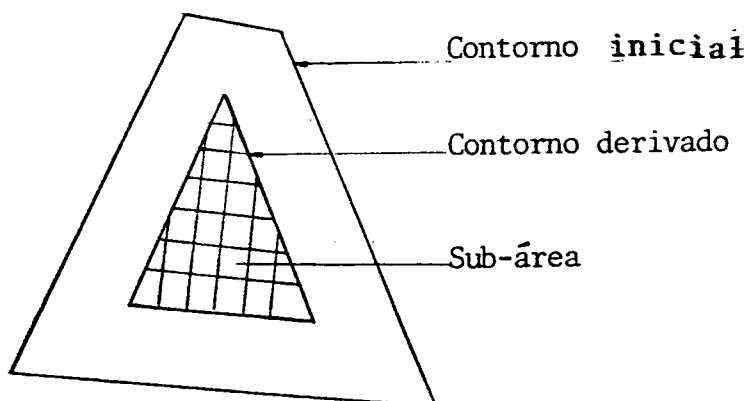


Figura 3.9 - Sub-área da cavidade

3.10.3. Área côncava: Qualquer área que contém pelo menos um arco côncavo, mesmo que este seja de raio zero, como poderá ocorrer na composição do contorno de referência.

3.11.1. Setor geométrico de referência de arco: É o setor geométrico delimitado por retas que passam pelo centro do arco e pelos extremos deste (fig 3.10). Este setor delimita a área em que o arco pode expandir ou decrescer.

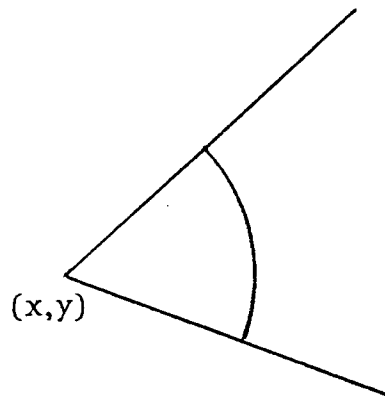


Fig. 3.10 - Setor geométrico de referência de arco

3.11.2. Setor geométrico de referência do segmento de reta: É a área delimitada pelas duas retas perpendiculares ao mesmo, que passam pelos seus extremos (fig.3.11).

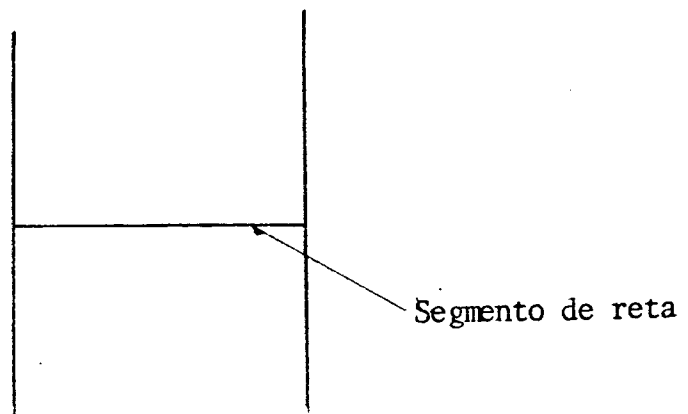


Fig.3.11 - Setor geométrico de referência do segmento de reta

3.12. Cancelamento(s) de elemento(s): Na geração de subcontorno observa-se que na representação fiel do contorno derivado não há mais a necessidade de alguns elementos, como na figura(3.12). Então o subcontorno sempre terá menor quantidade de elementos que o subcontorno anterior. Com este raciocínio o primeiro subcontorno ($t = 0$) é o próprio contorno de referência.

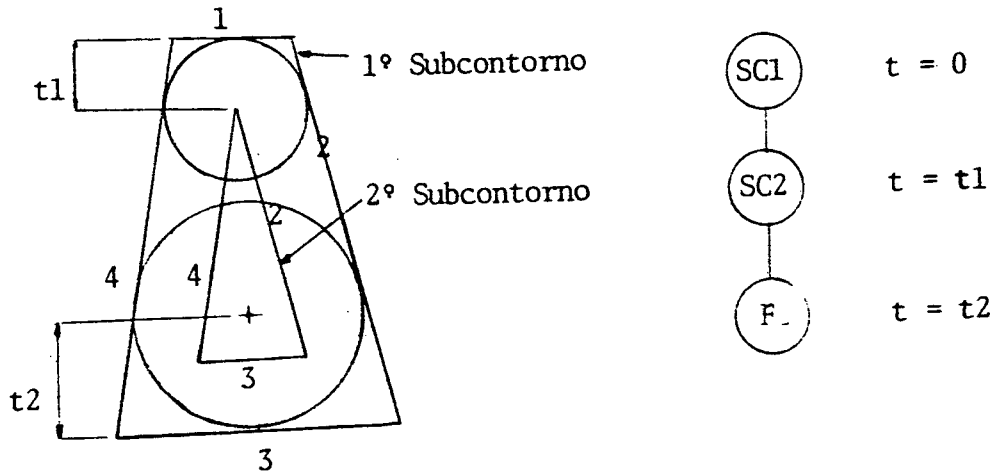


Figura 3.12 - Cancelamento do elemento [1]

3.13. Incentro: O incentro representa o ponto de encontro das bissetrizes de um triângulo (figura 3.13). Será também denominado incentro qualquer ponto que equidista a pelo menos três elementos do contorno de referência (figs.3.14, 4.6a e 4.6b).

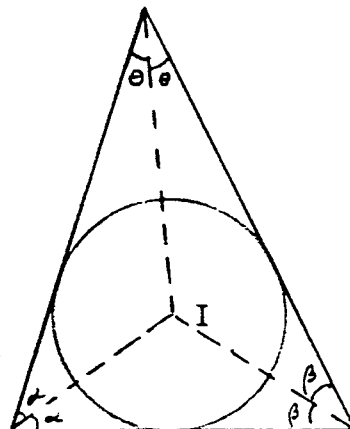


Figura 3.13 - Incentro do triângulo

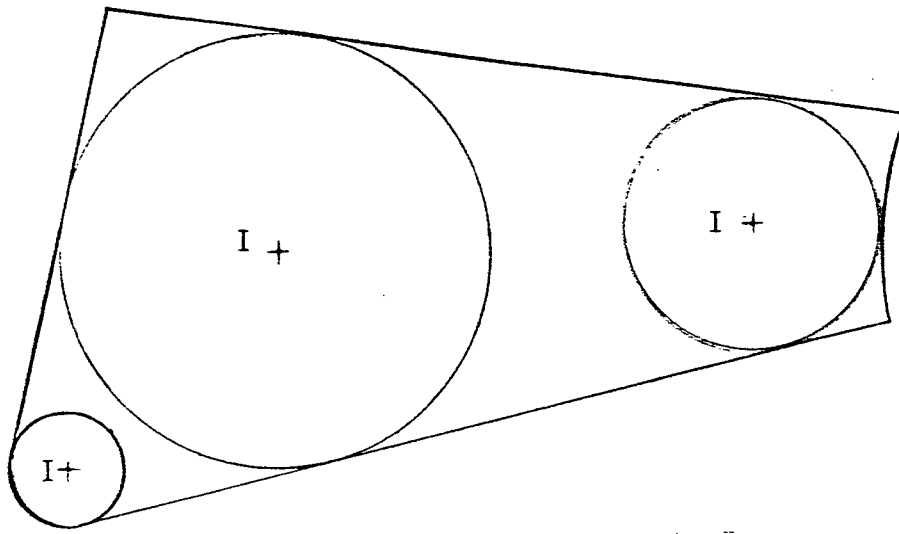


Figura 3.14 - Incentros em cavidades

CAPÍTULO IV

4. CAVIDADES

4.1. Introdução

Neste capítulo é dado o conceito de cavidade (pocket), seus métodos de desbaste e também a especificação de seus dois tipos, no que se refere ao comportamento geométrico.

4.2. Cavidade (Pocket)

O "pocket" é um poderoso macro existente em vários softwares e tem a seguinte função: Desbastar automaticamente uma área delimitada por um contorno fechado. Para sua operação o processista tem que inserir o contorno e o sistema gera todos os dados necessários para a confecção de um programa CN de desbaste da cavidade em questão.

4.3. Métodos de desbaste de uma cavidade

Método zigue zague : Neste método a usinagem é gerada paralelamente, zigue zagueando cortes dentro da área limitada pelo contorno, tornando-se assim útil para cavidades simples. Neste método há a necessidade de se fazer um corte extra para eliminar o dentilhado remanescente junto ao contorno de referência (figura 4.1). Este método foi usado inicialmente pela maioria dos sistemas de cavidades (pockets) justamente porque é o método clássico usado em fresadoras copiadoras de ferramenta.

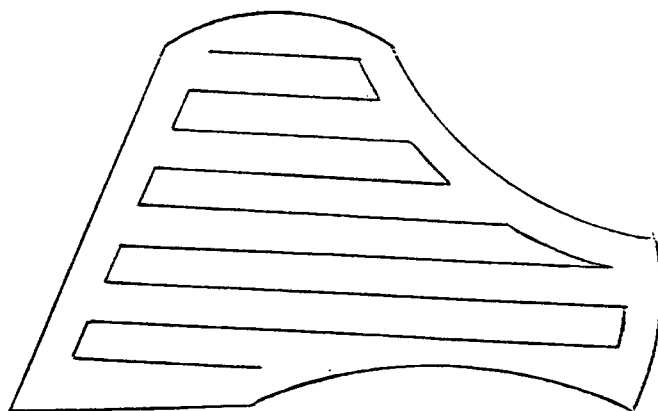


Figura 4.1 - Desbaste pelo método zigue-zague

Método das equidistantes: Neste método o movimento da ferramenta é determinado pela geração de contornos derivados, e este será o método aqui adotado.

Com a finalidade de não se ter o primeiro passe da ferramenta ao lado do contorno de referência (100% do diâmetro efetivo de corte) e conseqüentemente reduzir a quantidade de corte a cheio da ferramenta, os cortes de usinagem são efetuados do interior para o exterior da cavidade. Então os passes reais da ferramenta se farão de maneira progressiva do interior para as bordas da cavidade (figura 4.2)

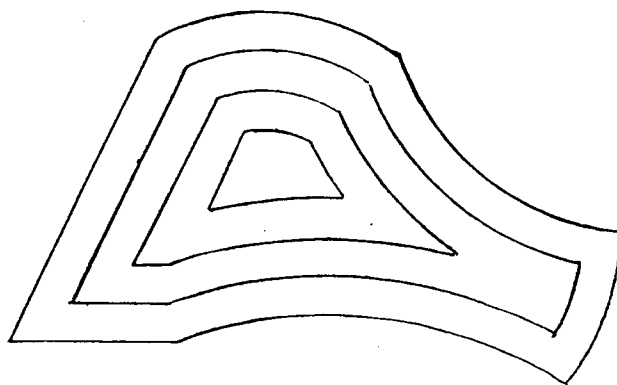


Figura 4.2 - Desbaste pelo método das equidistantes

4.4. Cavidades (Pockets) Tipo I

Cavidade tipo I : é aquela em que só há cancelamentos de elementos até o ponto mais interno da cavidade, conseqüentemente não há a necessidade de inserção de sub-elementos pois não há subdivisão da cavidade.

As cavidades do tipo I variam de simples cavidades quadrangulares e circulares /5/, /18/, /20/, neste caso a visualização geométrica das áreas é clara, tornando-se fácil a construção destes macros de usinagem por qualquer um dos métodos de desbaste, até os ditos tipo I /1/ e neste caso há a necessidade de conhecer um pouco mais de detalhes da geração dos subcontornos (cancelamentos de elementos).

Como mencionado na seção 4.3 o método utilizado será o das equidistantes. Sabendo-se que as únicas informações geométricas existentes são as do contorno inicial, não se tem condições de gerar contornos derivados do interior para o exterior, justamente porque não se sabe o limite da cavidade (o ponto mais interno), isto é, a equidistante limite correspondente ao primeiro corte (ponto de partida do corte).

A política de geração de contornos derivados adotada, e esta será mais detalhada na seção 7.6, é a seguinte: Gerar contornos derivados do exterior para o interior e efetuar posteriormente a inversão da seqüência de contornos derivados. Até a seção 7.8 todo comentário de geração de contornos derivados será como se fosse do exterior para o interior e só na devida seção é que se detalhará a inversão, quando discorrerá sobre a organização dos dados para a geração do programa CN.

A estratégia utilizada é a de se fazer um levantamento do desenrolar da cavidade até o seu ponto mais interno, via

cálculo dos incentros do contorno de referência, obtendo-se deste modo todas as modificações da cavidade através da geração dos sub-contornos até o ponto mais interno da cavidade.

Haverá, então, a necessidade de um reconhecimento das modificações (cancelamentos de elementos) da cavidade do seu contorno externo para o ponto mais interno, antes de se iniciar a geração dos contornos derivados.

Pelo conceito adotado para cavidade tipo I, pode-se concluir que nem sempre a existência de área côncava determina a subdivisão de uma sub-área em outras. Então existe apenas uma tendência em se subdividir, ou seja, algumas áreas analiticamente côncavas (há arco côncavo, e sua verificação é efetuada após a obtenção do contorno de referência) podem ser operadas como se fossem cavidades tipo I e neste caso só há cancelamentos de elementos até o ponto mais interno (figura 4.3).

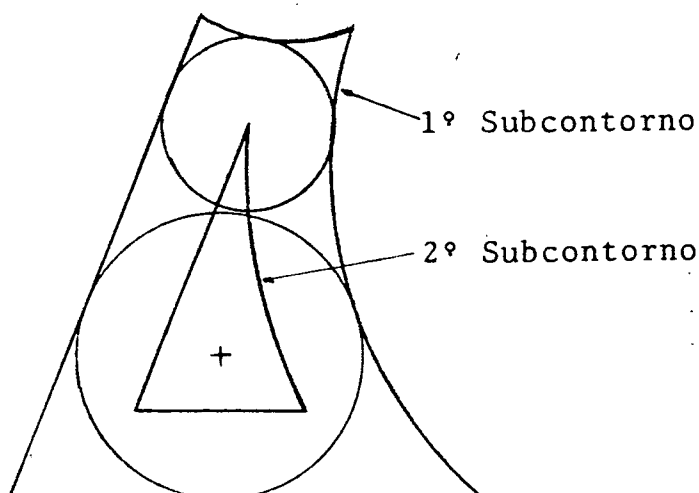


Fig. 4.3 - Cavidade tipo I, com área côncava

Como nos casos tipo I não há subdivisão, o decremento da cavidade se dará de forma harmônica sem a inserção de sub-elementos, havendo apenas o cancelamento de um ou mais elementos

(partes que tenham polígonos regulares ou mesmo coincidências, que posteriormente serão mais detalhada nos casos de incentros iguais) até chegar ao ponto mais interno da cavidade, que permitirá o cálculo da distância ao contorno de referência e como consequência a obtenção do limite máximo da fresa.

No exemplo mostrado na figura (4.4) onde tinha-se inicialmente quatro elementos até a equidistante t_1 chegando no ponto A, vê-se que o elemento {1} não mais faz parte do contorno interno, caracterizando assim um subcontorno, ou seja, neste caso o elemento {1} deverá ser cancelado permanecendo a partir deste momento apenas os três elementos restantes, chegando finalmente ao ponto mais interno. Este é formado pelos elementos {2,3,4}, e nele tem-se t_2 como o maior raio possível da fresa.

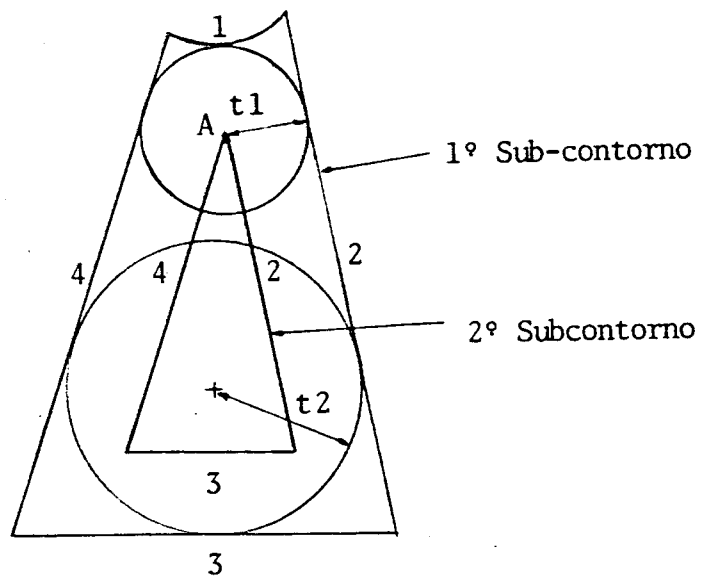


Figura 4.4 - Cancelamento do elemento {1}

Deve-se deixar como observação que o normal das cavidades é serem finalizadas com três elementos (similarmente ao triângulo), mas há os casos em que o final da cavidade se dará apenas com dois elementos como na figura (4.5). Nele, o incentro

t1 da cavidade de três elementos ainda não é o ponto mais inter-

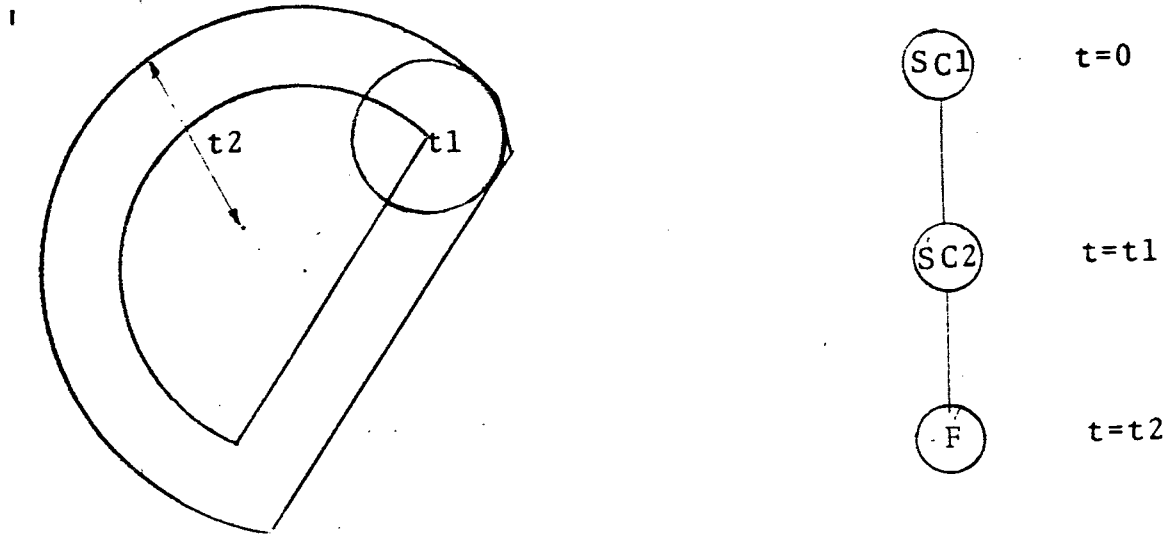


Fig. 4.5 - Final da cavidade com dois elementos

Existem também os casos em que o final de uma sub-área é formado por polígonos regulares ou constituído de elementos numa estrutura similar à polígonos regulares, e estes terão mais de três elementos no contorno derivado mais interno (figs.4.6a e 4.6b).

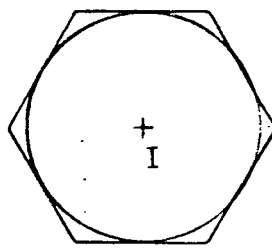


Fig. 4.6a - Final da cavidade com mais de três elementos

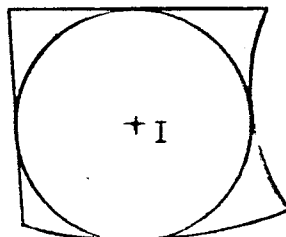


Fig. 4.6b - Final da cavidade com mais de três elementos

4.5. Cavidades (Pockets) Tipo II

Cavidade tipo II : é aquela que permite o aparecimento de dois ou mais incentros independentes, consequentemente ela leva ao surgimento de mais de um subcontorno para uma mesma equidistante, e naturalmente sub-áreas independentes.

Na cavidade tipo II a mesma analogia de reconhecimento anterior através da geração de subcontornos é efetuada.

Visualizando agora a geração de contornos derivados do exterior para o interior da cavidade tipo II, pode-se observar, que numa certa equidistante, há o aparecimento de subcontornos. Neste caso deve-se estabelecer uma estratégia de posicionamento da ferramenta nas várias sub-áreas, justamente porque neste tipo de cavidade há o surgimento de incentros independentes.

Assim, a partir de uma determinada equidistância em relação ao contorno externo há a divisão da sub-área em outras, como pode-se verificar no ponto A na figura (4.7).

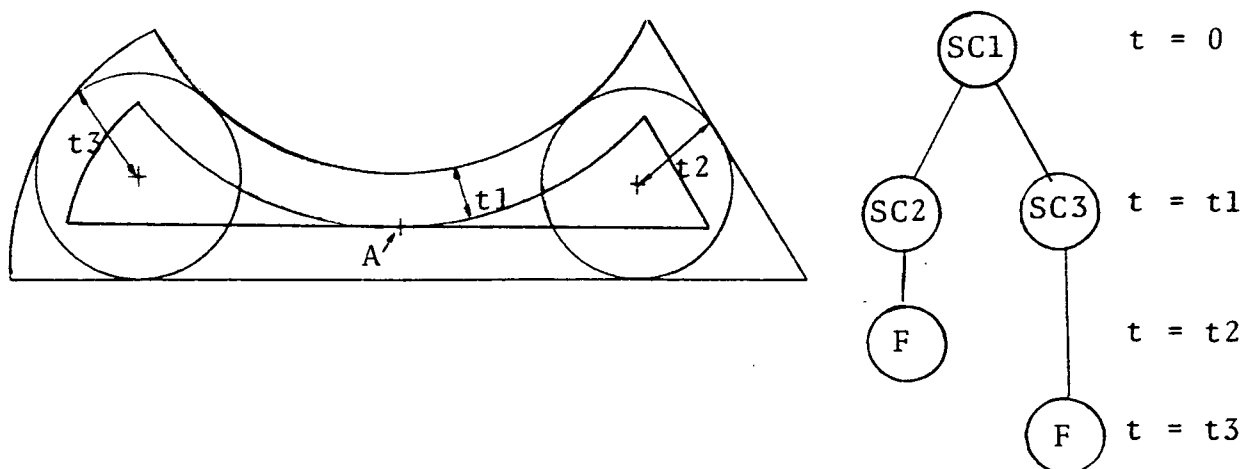


Figura 4.7 - Subdivisão da cavidade em A

A concavidade de uma área é obtida apenas sabendo-se se esta contém arco côncavo. A concavidade não implica em cavidade tipo II, justamente porque isto é apenas uma tendência em se subdividir, como foi dito anteriormente na seção 4.4.

Na cavidade tipo II além de cancelar elementos na geração dos contornos derivados pode haver a inserção de elementos adicionais determinada pela subdivisão e o conseqüente aparecimento de subcontornos.

A diferença de reconhecimento da cavidade tipo II para a cavidade tipo I está na geração de mais de um subcontorno para uma mesma equidistante, dividindo-se naturalmente em sub-áreas; daí a exigência de usinagem numa certa sub-área e um posterior posicionamento em outra. Com estas diferenças pode-se conjecturar a montagem da estrutura de programação em forma de árvore, onde cada nó da árvore representaria um subcontorno.

Considerando-se que nas áreas tipo I só há cancelamento de elemento até o seu interior, este então seria um sub-caso do mais genérico (tipo II).

Deve-se ressaltar que para o caso genérico aqui tratado efetuar-se-á a montagem de uma árvore. Obtido um conhecimento do desenrolar da cavidade até seus pontos mais internos, poder-se-a começar a usinagem propriamente dita. Percebe-se que existem dois casos relevantes e estas são as duas idéias básicas do trabalho:

Estas idéias então são:

1- Cancelamento(s) de elemento(s) do contorno: Cancela-se um ou mais elementos como se verificou no caso tipo I (figura 4.4).

2- Subdivisão da cavidade: Neste caso deve-se fazer um estudo dos arcos côncavos, e quando houver a exigência desta subdivisão há a necessidade de geração de sub-elementos; dois elementos adicionais para os casos como da fig.4.7, um elemento adicional para os casos como da figura 4.8, ou apenas uma divisão simples sem a inserção de nenhum elemento (figura 4.9).

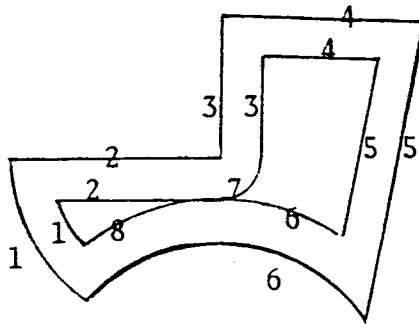


Figura 4.8 - Divisão com acréscimo de um sub-elemento

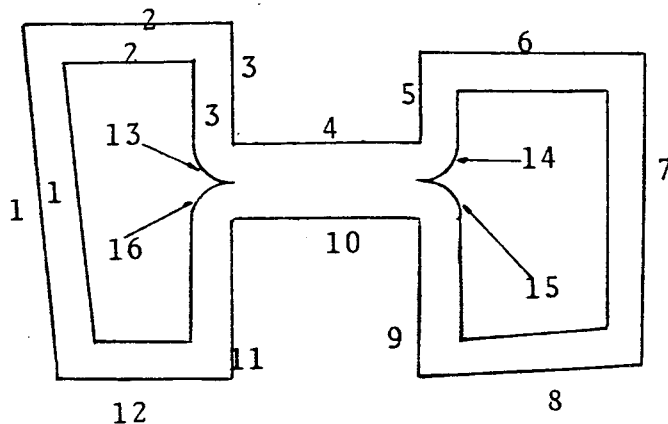


Figura 4.9 - Divisão sem acréscimo de sub-elemento

CAPÍTULO V

5. ELEMENTOS DO CONTORNO

5.1. Introdução

Neste capítulo é discutida a melhor forma analítica dos elementos a ser usada para compor os contornos, facilitando deste modo o desenvolvimento matemático subsequente. Também é dada a sequência de processamento do contorno inicial.

5.2. Forma canônica dos elementos do contorno

Como foi mencionado no cap. IV o contorno é a base geométrica em que se apóia a cavidade, e os elementos, segmentos de reta e arcos de circunferência são os itens que compõem o contorno. Com o intuito de simplificar a visualização analítica e os cálculos computacionais das equidistantes dos contornos optou-se pelas seguintes formas analíticas para os elementos geométricos:

5.2.1. Forma canônica da reta

$$A X + B Y = D \quad (1)$$

Onde A e B são $\sin(k)$ e $\cos(k)$ respectivamente, e D a distância da reta à origem

Esta equação modificada é obtida da seguinte maneira:

Da equação geral da reta (2)

$$a x + b y + c = 0 \quad (2)$$

Esta equação pode ser representada na forma particular para retas não paralelas ao eixo y (3)

$$y = (-a/b) x - c/b \quad (3)$$

Onde a/b é a inclinação da reta

$$a/b = \operatorname{tg}(k) = \operatorname{sen}(k)/\operatorname{cos}(k) \quad (4)$$

(4) em (3)

$$y = -\operatorname{sen}(k)/\operatorname{cos}(k) \cdot x - c/b \quad (5)$$

$$\operatorname{cos}(k) y + \operatorname{sen}(k) x + \operatorname{cos}(k) c/b = 0 \quad (6)$$

Do triângulo MÔN (fig.5.1)

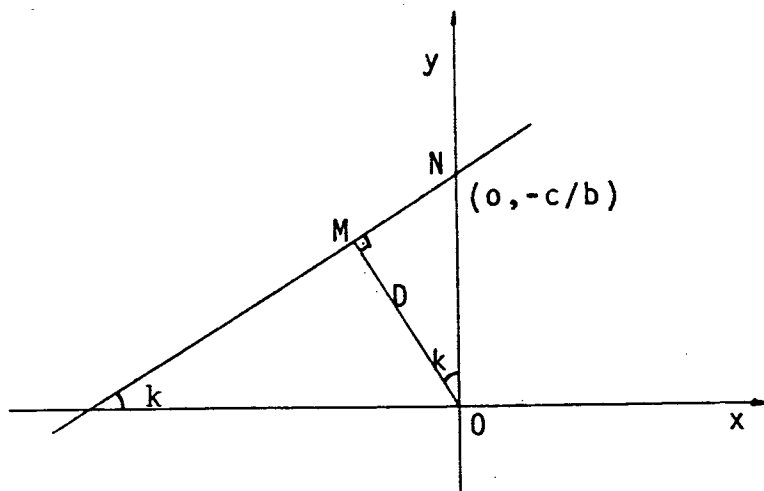


Figura 5.1 - Representação gráfica da reta

$$\operatorname{cos}(k) = D/(-c/b) = -D b/c \quad (7)$$

(7) em (6)

$$\text{sen}(k) x + \text{cos}(k) y - D = 0$$

Sendo $A = \text{sen}(k)$ e $B = \text{cos}(k)$ a representação da reta seria desta forma (1).

5.2.2. Forma canônica para a circunferência

$$(X - a)^2 + (Y - b)^2 = r^2 \quad (8)$$

onde (a, b) é o centro da circunferência e r é o raio.

5.3. Deslocamento dos elementos

Como foi comentado no cap. IV, haverão cálculos sistemáticos de equidistantes aos elementos, e estes sendo representados desta forma torna-se fácil a geração de suas equidistantes. Então para se calcular uma equidistante à reta é só alterar o valor de sua distância à origem no valor (t) e sentido (K) desejado (9).

$$A X + B Y = D + K t \quad (9)$$

O mesmo raciocínio é feito para os arcos de circunferência, onde a sua equidistância é alcançada via mudança no valor do raio conforme a equação (10).

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = (R + K t)^2 \quad (10)$$

A razão de se trabalhar com apenas estes elementos se justifica pois os controles das máquinas só operam com retas e circunferências.

No desenvolvimento do caminho da ferramenta, durante a usinagem da cavidade, o sistema faz a ferramenta acompanhar o

contorno seguindo o sentido horário. Em função disso o programador no sistema desenvolvido neste trabalho deve inserir os elementos que compõem o contorno inicial sempre no sentido horário.

5.4. Uso de Seletores

Quando existe a intersecção (entre circunferências ou uma reta e uma circunferência) há dupla solução matemática, pois a equação da circunferência é do segundo grau. Deverá então existir um seletor a fim de definir qual é a solução desejada.

O processador geométrico opera internamente com auxílio de seletores para identificação do ponto de intersecção nestes casos.

Foi adotado apenas um tipo de seletor para diferenciar as intersecções e este seria: S ou L para os casos Small e Large respectivamente. Procurou-se sempre que possível utilizar a abcissa (x) para diferenciá-los (figura 5.2), e só usar a ordenada (y) quando houver dupla solução em (x) (fig.5.3).

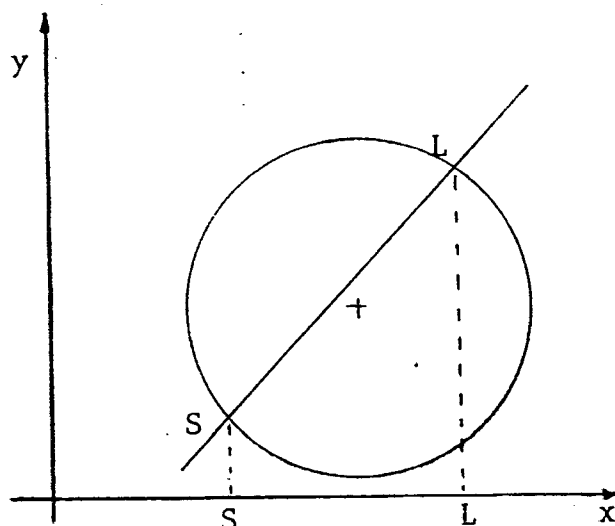


Fig. 5.2 - Diferenciação dos seletores pela abcissa

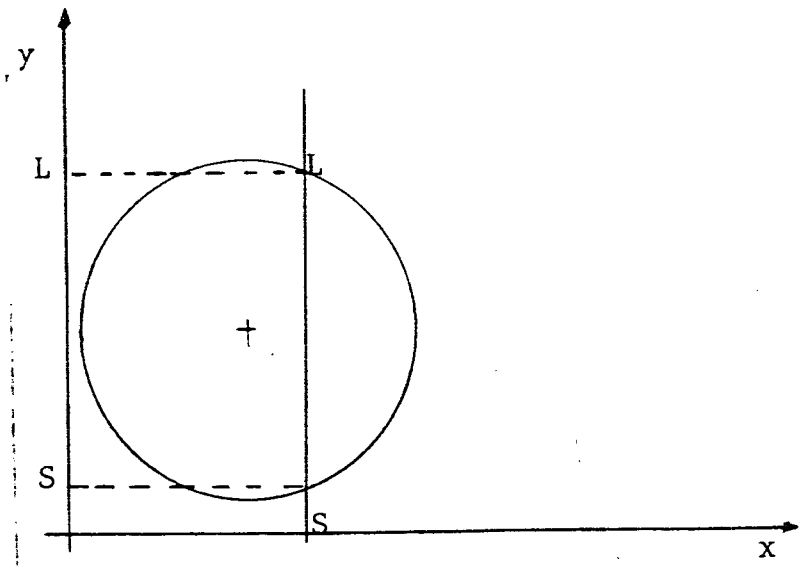


Fig. 5.3 - Diferenciação dos seletores pela ordenada

Também para os arcos de circunferência há a necessidade de especificar se a usinagem do arco será no sentido horário e anti-horário respectivamente G02 e G03 na norma DIN 66025.

Neste trabalho se estabeleceu que o contorno deve ser desenvolvido por uma sequência de elementos no sentido horário, portanto para este caso particular, obtém-se o sentido do arco da circunferência, horário e anti-horário relacionados com a sua concavidade (côncavo ou convexo) da seguinte maneira:

- G02 = Sentido horário = arco convexo (K = -1)
- G03 = Sentido anti-horário = arco côncavo (K = 1)

A figura 5.4 apresenta um contorno onde se identifica o sentido dos elementos com base em circunferência.

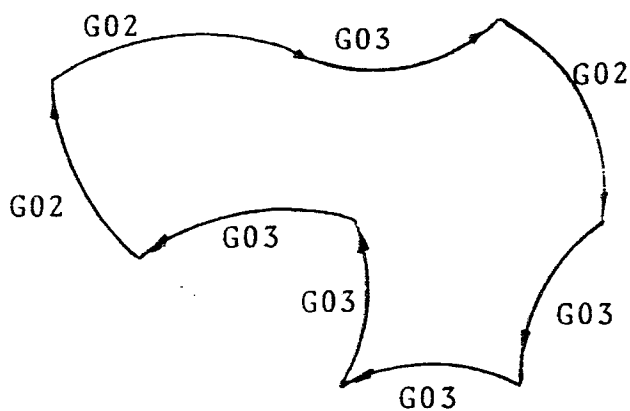
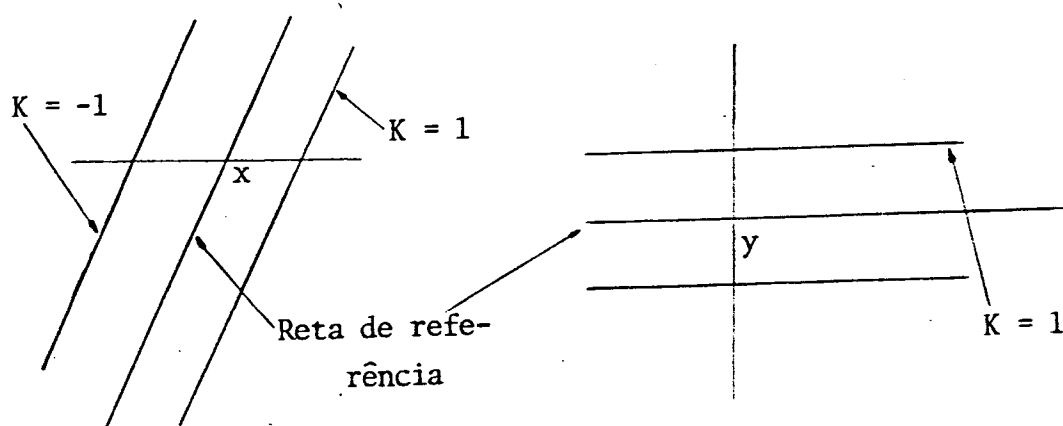


Fig.5.4 -Distinção entre (G03) e (G02)

5.5. Processamento do contorno inicial

Após o recebimento do contorno inicial na forma analítica, principia-se o processamento deste, que é executado na seguinte sequência:

- 1- Cálculo das intersecções dos elementos (serão considerados como pontos de posicionamento).
- 2- Cálculo das inclinações das retas.
- 3- Cálculo dos valores de sentido (K) para os segmentos de reta e arcos de circunferência. Para identificação do sentido de deslocamento das retas foi adotada a abcissa como primeira opção de cálculo, daí qualquer translação que envolva aumento da abcissa significa $k = 1$ e naturalmente para uma diminuição da abcissa $k = -1$ (figs.5.5a e 5.5b).



Figs. 5.5a e 5.5b - Sentido de deslocamento das retas

4 - Cálculo das duas tangentes de cada circunferência.

Derivando implicitamente a equação (8)

$$2x - 2a + 2y \left(\frac{dy}{dx}\right) - 2b \left(\frac{dy}{dx}\right) = 0$$

tem-se a inclinação da reta tangente:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right) = (a-x)/(y-b)$$

5 - Ângulo entre os elementos. O valor do ângulo é calculado nos passos a seguir:

$$\text{Ângulo} = \text{inclinação}(i+1) - \text{inclinação}(i)$$

$$\text{Se } k(i) * k(i+1) = 1 \text{ então } \text{ângulo} = \text{ângulo} + 180$$

$$\text{Se } \text{ângulo} < 0 \text{ então } \text{ângulo} = \text{ângulo} + 360$$

Neste momento se define pela necessidade ou não da criação de um arco côncavo (fig.3.5, inicialmente no contorno de referência terá raio zero) para os casos em que o ângulo entre os elementos adjacentes for maior do que 180 graus.

Um dado que se torna providencial é a inserção deste arco côncavo entre os dois elementos quando o ângulo for maior do que 180°, pois deste modo irá representar fielmente os contornos derivados.

No momento em que se obtém o contorno de referência pode-se concluir sobre a concavidade da área, e caso isto se confirme significará naturalmente a tendência de subdivisão da mesma. Diferentemente do COMPACT II /17/ onde a circunferência extra só é adicionada para ângulos acima de 270 graus e mesmo no "método das bissetrizes" (Person /19/) onde se insere um pequeno arco de circunferência havendo conseqüentemente um pequeno erro. Há também os que não se preocupam com este problema/14/, que como se observará adiante, é fundamental para representar realmente os contornos derivados.

CAPÍTULO VI

6. DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

6.1. Introdução

Neste capítulo é apresentada a base matemática dos princípios envolvidos no trabalho, utilizados na montagem da árvore de reconhecimento através da geração de subcontornos.

6.2.1. Cálculo do Incentro do Triângulo

O incentro como visto em 3.13 é conceituado como o ponto de intersecção das bissetrizes num triângulo. Outra informação adicional referente ao incentro é que deste ponto pode-se traçar a circunferência inscrita (maior circunferência interna ao triângulo), e este conceito é importante pois ele dará a distância ao mesmo tempo dos três elementos, ou seja, este ponto equidista dos três segmentos de reta (figura 6.1).

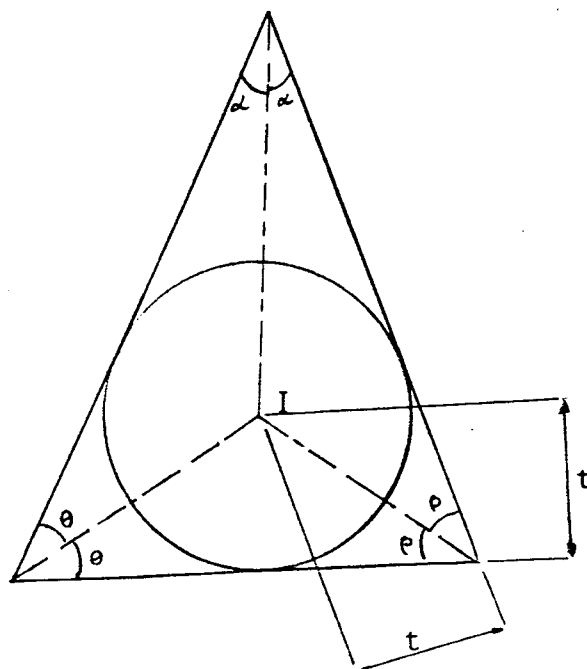


Figura 6.1 - Incentro do triângulo

Considere-se agora o exemplo da usinagem de uma cavidade triangular, à partir de contornos derivados do exterior para o interior (figura 6.2).

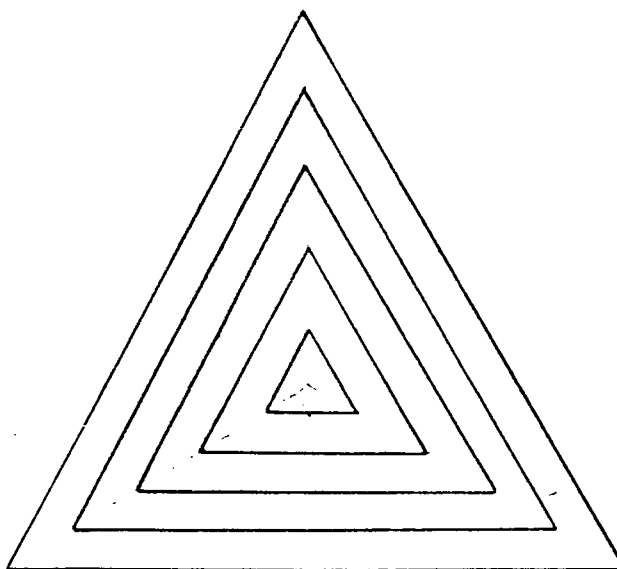


Figura 6.2 - Contornos derivados no triângulo

O limite possível de geração de contornos derivados é dado no ponto onde as três retas se encontram, ou seja, qualquer contorno gerado é concêntrico, e este ponto final é denominado de incentro, conforme definido anteriormente.

Com este valor do incentro (ti) pode-se programar automaticamente o desbaste interno à uma cavidade triangular, como é feito nos casos de macros paramétricos quadrangulares e circulares, pois tem-se o limite (ti) da geração de contornos derivados.

Para calcular analiticamente os valores dos incentros utiliza-se uma variável a mais na equação de cada reta, gerando conseqüentemente uma função com um grau de liberdade.

$$f(x,y,t) = 0$$

A variável adicionada (t = equidistante) representa o movimento da reta no espaço de duas dimensões.

A translação desta reta (figura.6.3) é obtida com um acréscimo do valor (t) na distância (D) da reta à origem no sentido desejado ($k = 1$ ou $k = -1$). O valor de (t) seria inicialmente zero para o contorno externo do triângulo e prossegue com o valor sempre crescente ($t \geq 0$) até o ponto mais interno.

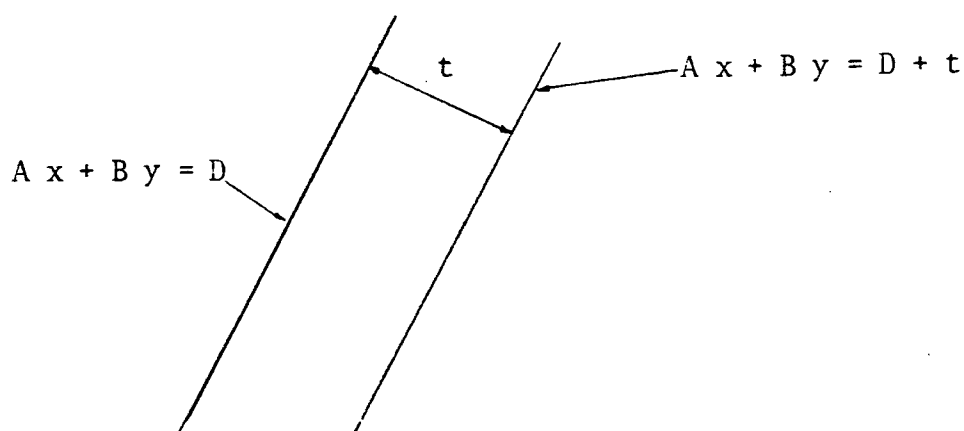


Figura 6.3 - Translação da reta

O valor do incentro (t_i) é obtido tomando-se as três equações das funções e resolvendo-se o sistema resultante de três equações a três incógnitas.

$$F_1(x, y, t) = 0$$

$$F_2(x, y, t) = 0$$

$$F_3(x, y, t) = 0$$

A interpretação da solução do sistema no espaço bidimensional (figura 6.4) é:

- o ponto (x, y) é onde se localiza o incentro
- (t) seria a distância do ponto (x, y) às retas.

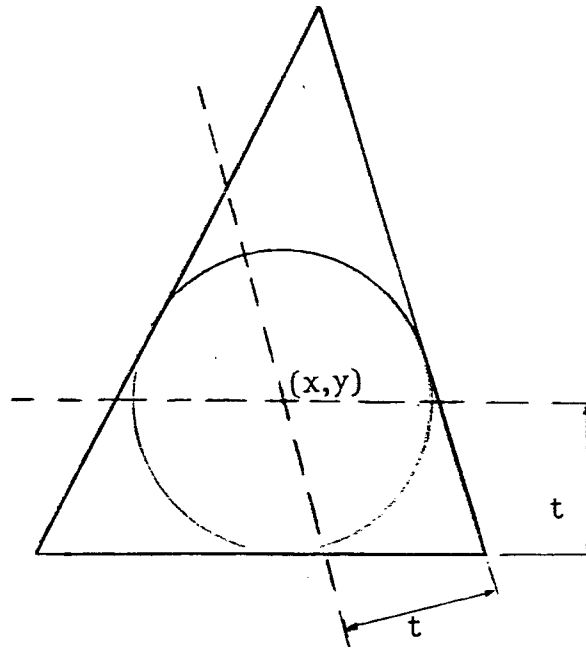


Figura 6.4 - Incentro no triângulo

Ainda sobre o cálculo do incentro pode-se verificar a sua consistência quando tomam-se duas funções por vez e explicitando-se o x e y em função de (t) tem-se a bissetriz de cada duas retas. O encontro das bissetrizes obtidas dar-se-á no incentro (Person/19/).

6.2.2. Incentros dos Polígonos

O raciocínio de deslocamento das retas pode ser utilizado para a determinação do incentro, mesmo que os três segmentos

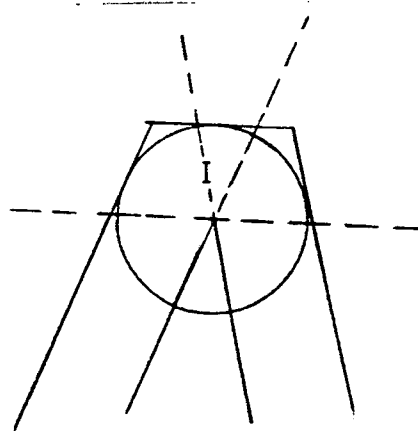


Figura 6.5 - Incentro no polígono

Tomando-se três a três as funções de deslocamento das retas na sequência do subcontorno, calcula-se o incentro de cada sistema. Obtém-se desta forma o valor equidistante em que cada reta entre duas adjacentes é cancelada.

O incentro da sequência de três {1,2,3} retas (figura 6.6) não formando uma estrutura fechada representa o ponto de cancelamento da reta {1}.

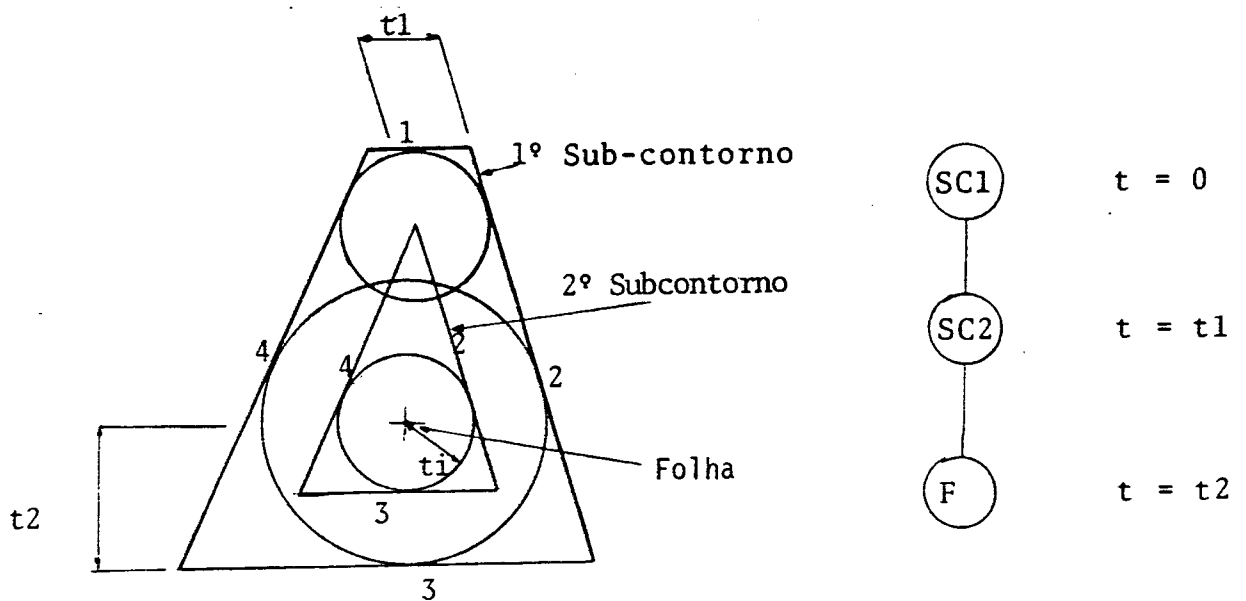


Figura 6.6 - Cancelamento da reta {1}

O valor do menor incentro determina a primeira alteração da cavidade, conseqüentemente nesta equidistante (t_1) aparece outro subcontorno. Este novo subcontorno, no exemplo da (fig.6.6) tem os elementos {2,3,4}.

Calculando-se novamente o incentro para o subcontorno remanescente, obtém-se a equidistante t_1 . Este ponto está a uma distância t_2 ($t_1 + t_1 = t_2$) do contorno de referência. Este incentro terminal será denominado de folha (Fig. 6.6).

Quando se estiver gerando contornos derivados no primeiro intervalo $[0, t_1)$, ou seja, entre o primeiro e segundo subcontorno estes terão a mesma sequência de elementos do primeiro subcontorno. O mesmo raciocínio é válido para os intervalos seguintes (figura 6.7), até o último subcontorno gerado. É possível desta forma a construção de um pocket convexo poligonal tipo APT/1/.

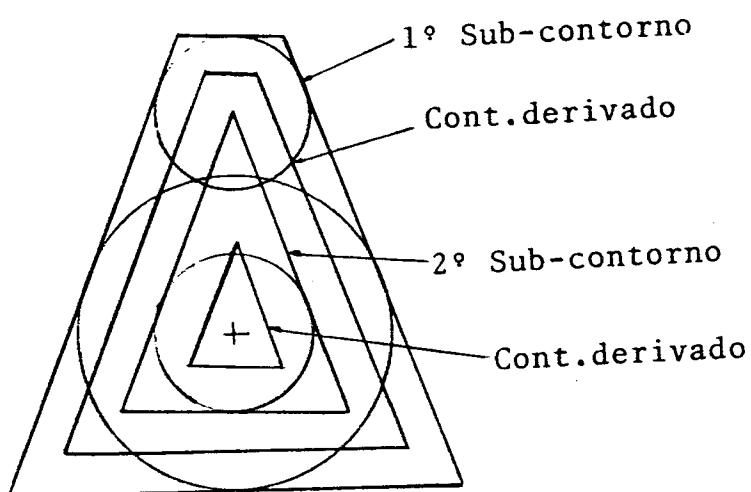


Figura 6.7 - Contornos derivados em polígonos

Nos casos onde há coincidência de incentros, ocorre o cancelamento de mais de um elemento (fig.6.8).

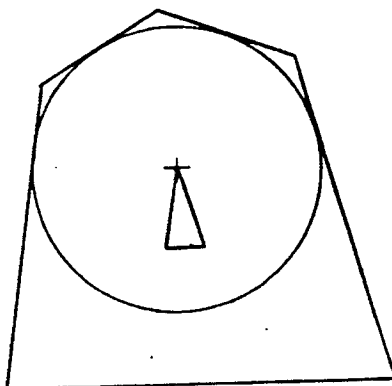


Figura 6.8 - Cancelamento de mais de um elemento

6.2.3. Incentros em Cavidades

O método de cálculo de incentro de triângulo que tem apenas segmentos de retas no subcontorno pode ser estendido para segmentos de reta e arcos de circunferência formando um contorno fechado (figura 6.9).

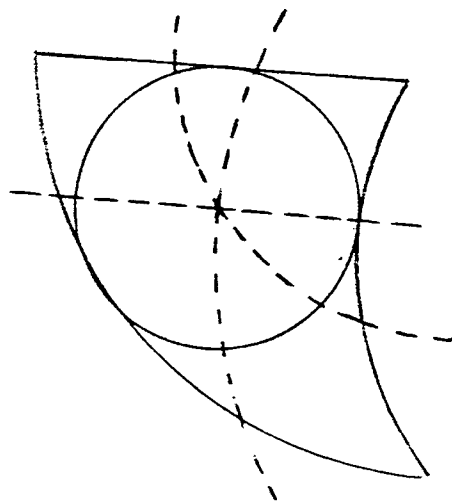


Figura 6.9 Incentro de cavidade com três elementos

Em uma cavidade formada por três elementos (segmentos de reta e arcos de circunferência) é possível a geração de contornos derivados de forma similar a fig.6.4, pois é possível determinar o ponto de encontro dos três elementos, que é o ponto mais interno. A exceção ficaria para o caso da fig.4.5, onde existe pelo menos um arco convexo, e o incentro (t_i) ainda não é o ponto mais interno.

De maneira similar este método é estendido para contornos abertos de segmentos de reta e arcos de circunferência como na figura 6.10. Da mesma forma que o caso do triângulo é estendido para a estrutura poligonal, o caso de contornos que incluem segmentos de reta e arcos de circunferência, pode ser

extendido para contornos com mais de três elementos.

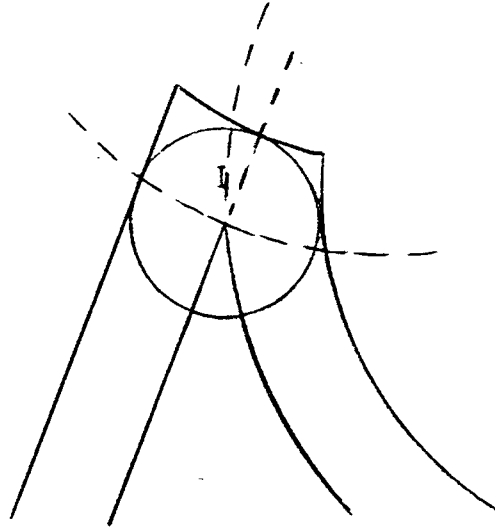


Figura 6.10 - Incentro em cavidade

A geração de contornos derivados para os casos de segmentos de reta e arcos de circunferência é similar ao exemplo de segmentos de reta.

6.2.4. Cálculo de incentros em cavidades

Tomando-se os elementos (retas e circunferências três a três tem-se oito formas possíveis (Reta-Reta-Reta, Reta-Reta-Circunferência, ...)

Para o caso CRR as equações são:

$$(x - A_1)^2 + (y - B_1)^2 = (R_1 + K t)^2$$

$$A_2 x + B_2 y = D_2 + K t$$

$$A_3 x + B_3 y = D_3 + K t$$

A solução deste sistema de equações fornece o valor do

Incentro denominado de "distância de cancelamento" que é o valor (t_i) equidistante aos três elementos.

Como os sistemas de equações que contém pelo menos uma circunferência terá duas soluções, deve-se verificar a autenticidade do ponto de intersecção, eliminando os valores ilimitados e negativos. No caso de dupla solução, como o exemplo na figura 6.11 a confirmação do incentro é feita pelo deslocamento dos elementos para estes incentros, e discernida pelos seletores.

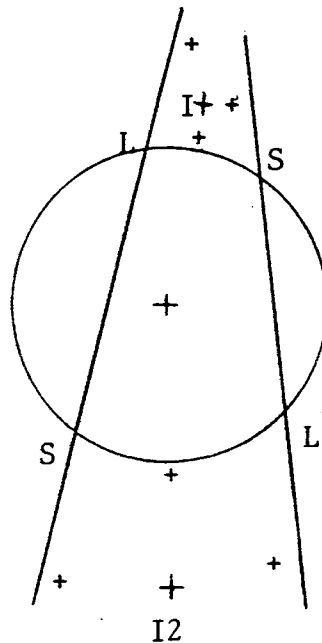


Figura 6.11 - Solução dupla de Incentros

Excluindo-se o caso RRR, os sete restantes são agrupados num único sistema pois, matematicamente os sistemas RCR e RRC são equivalentes ao CRR, e por eliminação os casos RCC, CRC, CCR e CCC podem ser reduzidos para o sistema CRR.

No apêndice A é apresentada a sequência de cálculos do Incentro para um sistema (circunferência-circunferência-reta).

É possível assim programação de um pocket tipo I

formado por segmentos de reta e arcos de circunferência.

8.3. Divisão do Subcontorno

Como apresentado no cap. IV outro problema primordial ocorre quando existe arco côncavo entre os elementos do subcontorno, sendo a sub-área côncava há a tendência desta se subdividir, neste caso determinam-se as menores distâncias entre os arcos côncavos e os outros elementos do subcontorno, com exceção dos elementos adjacentes (estes fazem parte dos cancelamentos). Com estes cálculos chega-se a uma sequência de valores, dos quais é necessário apenas o menor valor que irá ser confrontado com o menor valor do Incentro (distância de cancelamento).

Metade da distância de uma circunferência à uma reta (fig 8.12), é obtida a partir da seguinte equação:

$$t = \left(\frac{\text{Módulo}((A1 \cdot X2 + B1 \cdot Y2 - D1) / (A1 \cdot A1 + B1 \cdot B1)) - R2}{2} \right)$$

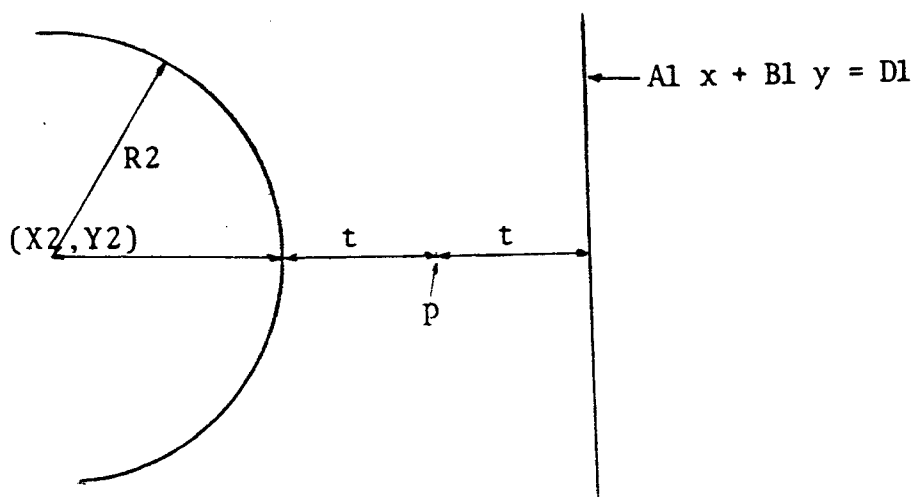


Figura 8.12 - Distância de divisão à reta

Metade da distância de uma circunferência à outra circunferência (representativa de um arco côncavo, figura 6.13), é obtida a partir da seguinte equação:

$$t = ((X1-X2)^2 + (Y1-Y2)^2)^{.5} - R2 - R1)/2$$

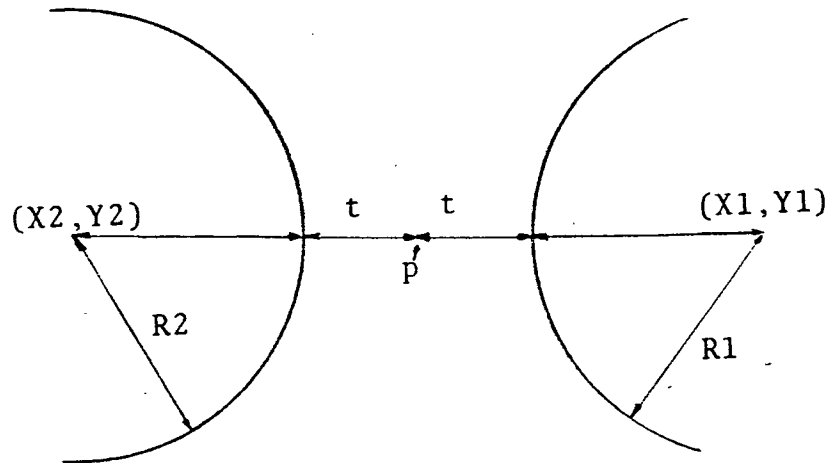


Figura 6.13 - Distância de divisão a um arco côncavo

Metade da distância de uma circunferência à outra circunferência (representativa de um arco convexo figura 6.14), é obtida a partir da seguinte equação:

$$t = (R2-R1 - ((X1-X2)^2 + (Y1-Y2)^2)^{.5})/2$$

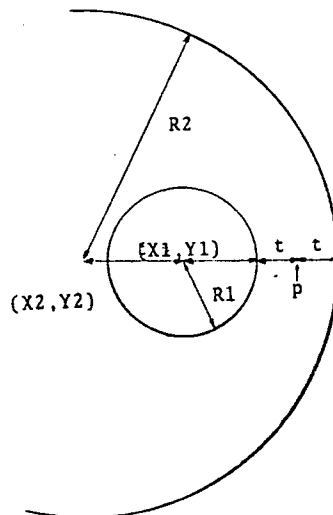


Figura 6.14 - Distância de divisão a um arco convexo

O ponto de divisão ($-p-$ onde representa a mínima distância entre um arco côncavo e qualquer outro elemento do subcontorno) deve estar dentro do setor geométrico de referência de cada elemento que participa da subdivisão.

O procedimento para os cálculos da divisão do subcontorno é efetuado nos passos seguintes:

- 1 - Extrair elemento do subcontorno, ir ao passo 2.
- 2 - Se todos os elementos do subcontorno já foram pesquisados: fim dos cálculos.
- 3 - Identificar o elemento. Se for arco côncavo vá ao passo 4 senão retornar ao passo 1.
- 4 - Extrair o próximo elemento ao arco côncavo (é calculado a distância do arco côncavo identificado aos elementos do subcontorno, com excessão dos elementos adjacentes), ir ao passo de número 5.
- 5 - Se o elemento que participaria da subdivisão for anterior ao arco côncavo identificado no passo 3 retorne ao passo de número 1.
- 6 - Atualizar as distâncias e elementos da subdivisão e ir ao passo 7.
- 7 - Extrair o próximo elemento e retornar ao passo 4.

A figura 6.15 apresenta o fluxo de cálculo das subdivisões.

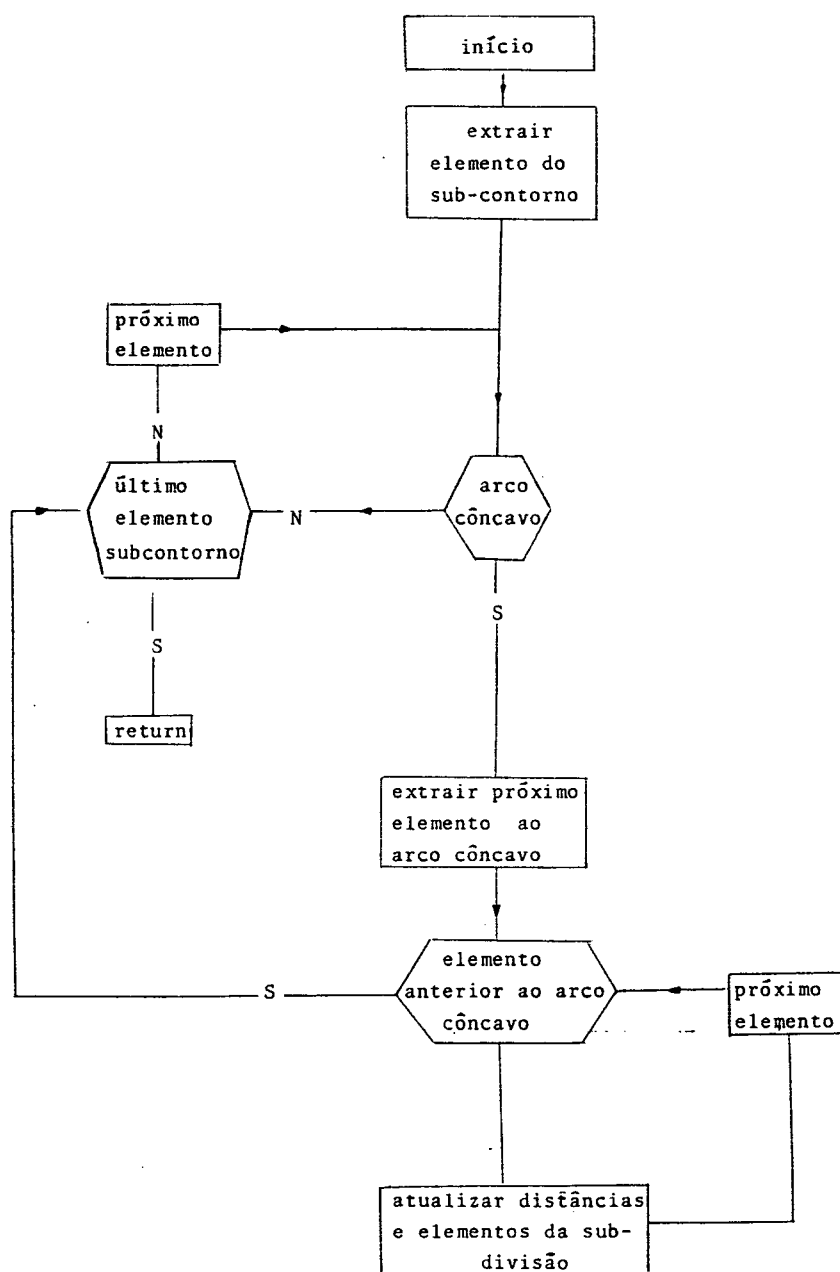


Figura 6.15 - Divisão do subcontorno

Se for o caso do menor valor desta distância ser o menor em relação aos cancelamentos recal-se nos casos de subdivisão da sub-área, e isso traz como consequência imediata a

necessidade de inserção de sub-elementos, e estes elementos são similares aos elementos que se encontram (fig.6.16).

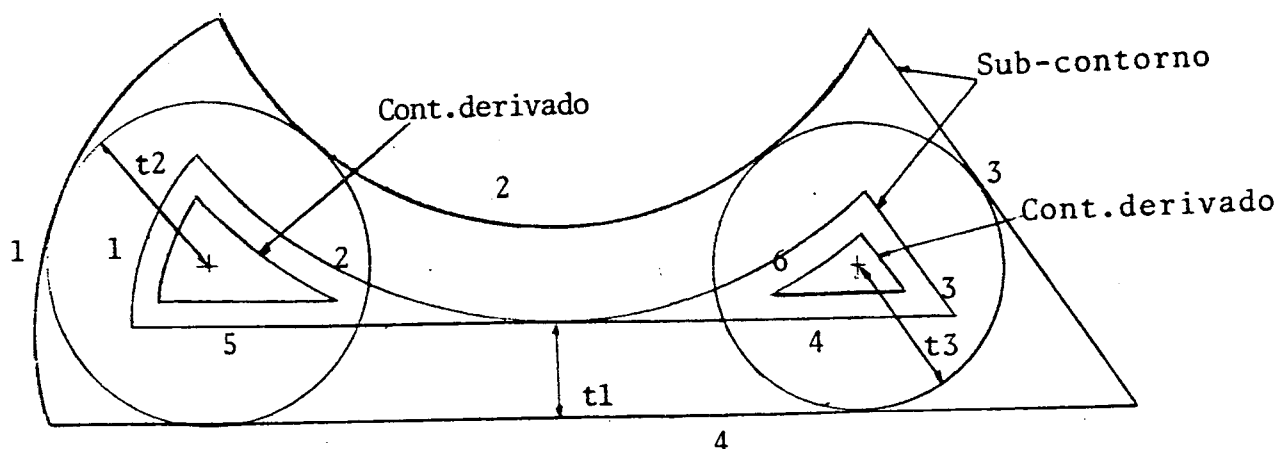


Figura 6.16 - Contornos derivados em cavidades

A geração de contornos de derivados é determinada pelos intervalos $[0, t_1)$, $[t_1, t_2)$ e $[t_1, t_3)$. Como pode ser observado os contornos derivados acima da equidistante t_1 são originados de sub-áreas independentes, conseqüentemente há o posicionamento em uma sub-área e posteriormente em outra.

O limite máximo da fresa é o valor dado pela primeira subdivisão, caso a usinagem da cavidade seja feita com apenas uma ferramenta.

8.4. Montagem da Árvore de Reconhecimento

O objetivo da árvore de reconhecimento é gerar sub-

contornos que represente as mudanças destes em direção ao centro da cavidade.

Cada nó da árvore de reconhecimento representa um subcontorno. A raiz é o primeiro subcontorno (contorno de referência $t = 0$) e cada filho um subcontorno equidistante ao subcontorno que o gerou, sendo que os últimos nós (folhas) são pontos terminais não representando subcontorno.

Na montagem da árvore confronta-se a cada subcontorno, o valor da menor distância de cancelamento com a menor distância da subdivisão, a partir daí, conclui-se, haverá cancelamento de elementos, bipartição ou ambos (caso haja coincidência entre estes, figura 6.17).

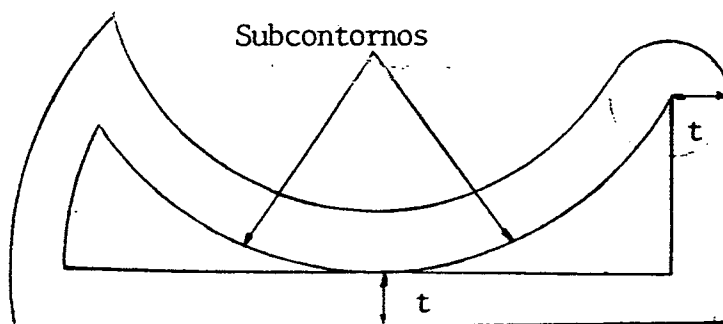


Figura 6.17 - Coincidência da distância de cancelamento com a distância de subdivisão

O fluxo de montagem da árvore de reconhecimento é con-

forme a figura 6.18.

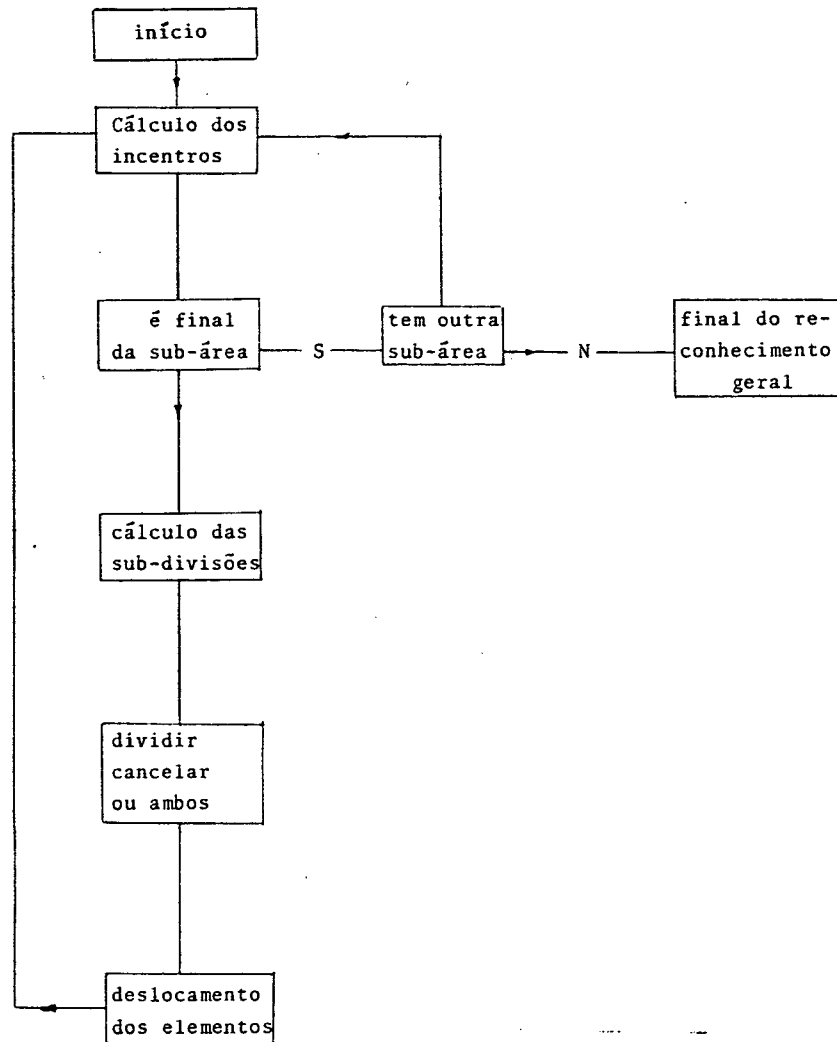


Fig 6.18 - Fluxograma da árvore de reconhecimento

Como os nós terminais (pontos mais internos) equidistam do último subcontorno, e os subcontornos são sempre equidistantes, pode-se a partir deste dado extrair o raio da maior fresa a ser inserida nesta sub-área.

No caso da cavidade ser tipo I a folha é única e naturalmente tem-se o raio da maior fresa, subseqüentemente o furo máximo na cavidade.

No apêndice C é mostrado exemplos de formação da árvore de reconhecimento onde se verificam os cancelamentos e subdivisões.

Na geração dos subcontornos é feita a atualização dos seletores dos elementos a serem conectados. Para o cancelamento é calculado o seletor para os elementos adjacentes (fig. 6.20, exceto para o caso RR), nos passos seguintes:

- Deslocam-se os elementos adjacentes para a equidistante de cancelamento (equidistante do Incentro).
- Calculam-se as intersecções destes elementos.
- Extraí-se o seletor do ponto coincidente com o Incentro.

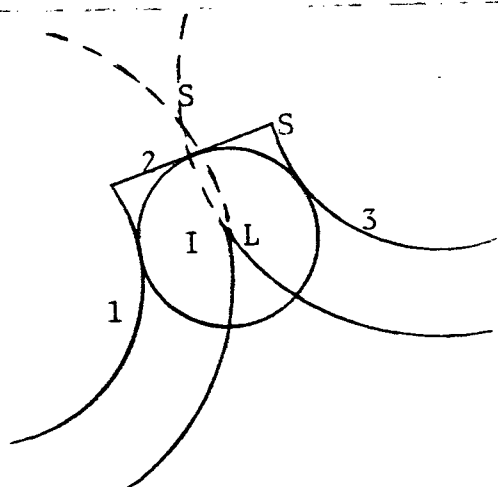


Figura 6.19 - Atualização do seletor

Na subdivisão opta-se por uma sub-área, calcula-se o seletor entre os elementos da subdivisão e o seletor da outra sub-área será o seletor oposto.

Computacionalmente não são gravados todos os dados do subcontorno pois as únicas informações necessárias são as alterações deste, armazenando-se apenas os próximos elementos

ligantes (elementos vizinhos quando houver cancelamento) e o seletor destes elementos vizinhos. O mesmo raciocínio é feito para o caso da subdivisão do subcontorno, pois o que deve ser armazenado são elementos que participam da subdivisão e o seletor de um subcontorno gerado (o outro seletor como já foi dito é o oposto).

CAPÍTULO VII

7. ESTRUTURA DO SOFTWARE

7.1. Introdução

Este capítulo apresenta a estrutura geral do software, comentando-se sobre cada parte em separado, e com mais profundidade nos tópicos não mencionados anteriormente. O software está estruturado na sequência da figura 7.1:

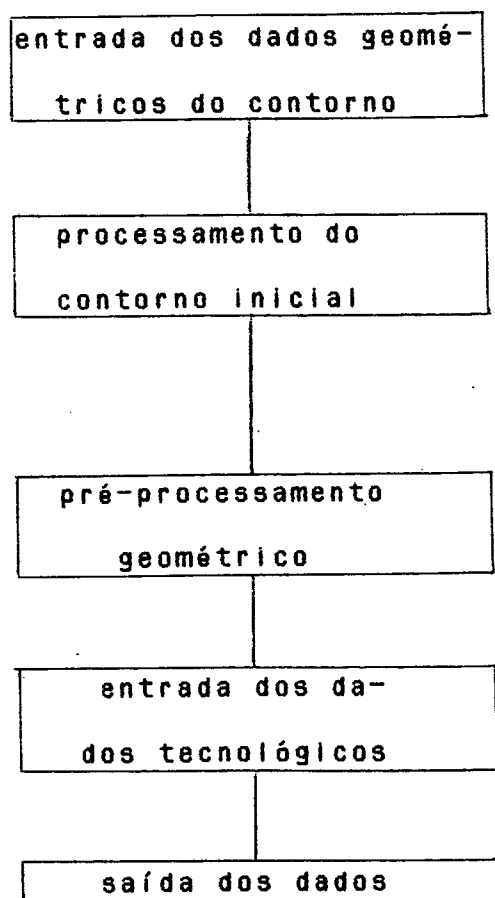


Figura 7.1 - Organização básica do software cavidade

7.2. Entrada dos dados geométricos do contorno

A entrada de dados poderá ser feita nas seguintes maneiras:

1 - Entrar elemento a elemento, como se o operador estivesse efetuando um perfilamento na linguagem da norma DIN 66025, tendo pois [1] para o segmento de reta, [2] para arco convexo e [3] para o arco côncavo, a forma canônica de cada elemento e o seletor, caso necessário.

2 - Ler um arquivo de todo o contorno inicial, que poderá ser preparado em qualquer editor de texto. No apêndice B são mostrados exemplos de como estes deverão ser armazenados para a leitura pelo software.

3 - Via CAD, como exemplo foi utilizado o CADTEC e AUTOCAD, neste caso não há necessidade de explicitar os sentidos dos arcos e a existência dos seletores, pois o sistema efetua a transferência dos elementos para a forma canônica, bem como a inserção dos seletores.

Para simplicidade de processamento interno optou-se pelo uso de apenas um tipo de seletor (S ou L). Diferentemente do processamento da entrada dos elementos que, no intuito de facilitar a visualização do operador, utilizam-se vários tipos de seletores (UP, DW, OUT, IN, XS, XL, YS, YL, LEFT, RIGHT).

A figura 7.2 apresenta um desenho de uma peça que contém uma cavidade, este foi preparado via CADTEC. Na tabela 7.1 é mostrado o contorno inicial desta cavidade.

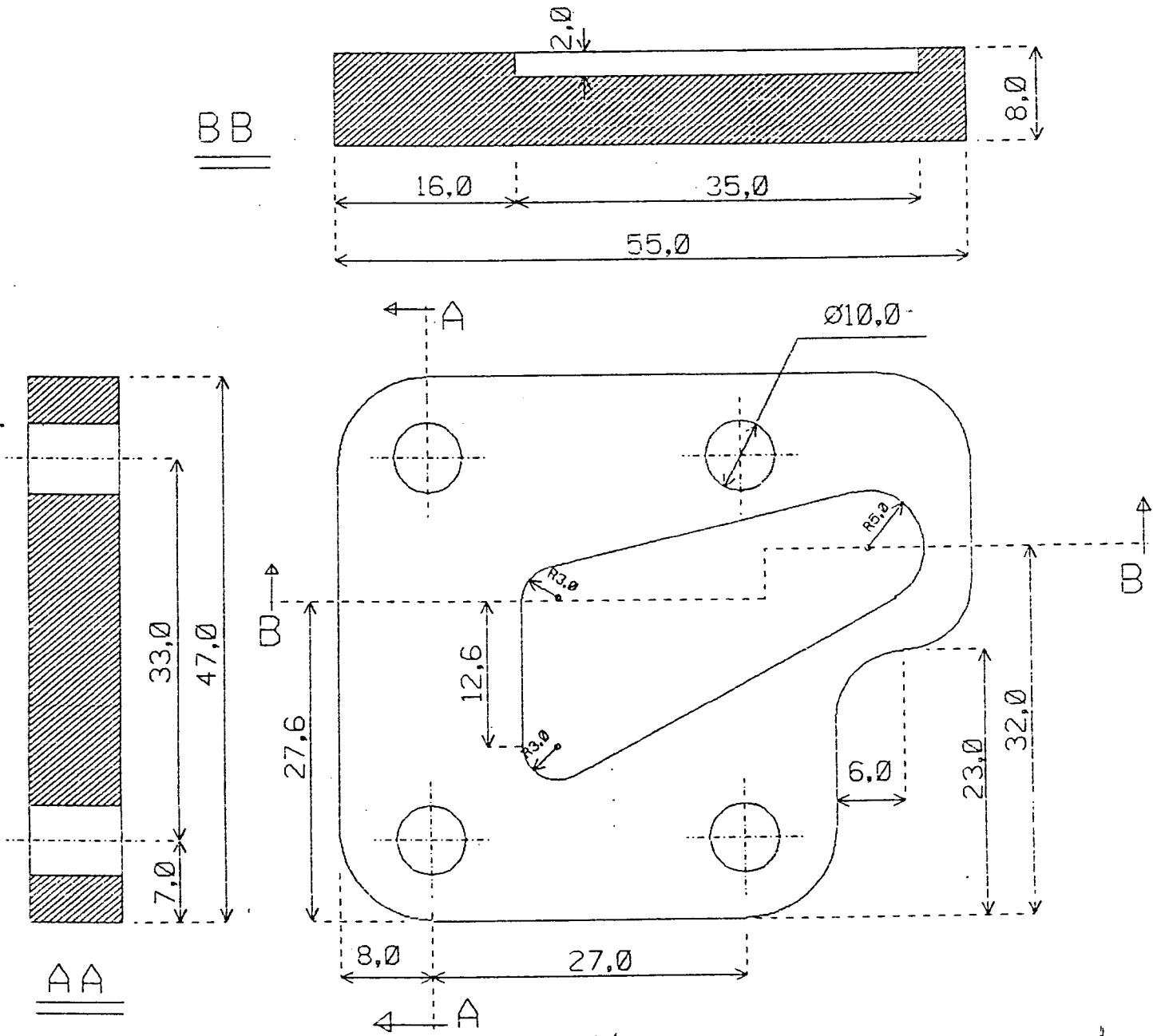


Fig. 7.2 - Peça exemplo

			57
6C 19	27.6302	3	SF 1
1R .2315189	-.9728306	-25.48066	S 2
2C 46	32	5	SF 3
3R .4776191	-.8785671	-1.1437	S 4
4C 19	15.0455	3	SF 5
5R 1	0	16	S 6

Tabela 7.1 - Contorno inicial da cavidade da peça exemplo

7.3. Processamento do contorno inicial

Este segue os passos como discriminado na seção 5.3:

- Cálculo das intersecções dos elementos.
- Cálculo das inclinações das retas.
- Cálculo dos valores de sentido (K) para os segmentos de reta e arcos de circunferência.
- Cálculo das duas tangentes de cada circunferência.
- Cálculo dos ângulos entre os elementos.

7.4. Pré-processamento geométrico

Uma característica deste trabalho é o uso de um pré-processamento geométrico. O conhecimento completo da cavidade que o pré-processamento proporciona é indispensável para gerar o programa CN, mesmo que se fossem tratar quaisquer contornos fechados ou abertos ele se faz necessário.

Este pré-processamento não é o que existe em alguns softwares comerciais, que utilizam a expressão com outro sentido, por exemplo: adaptar dados obtidos em um CAD para um formato compatível com o APT. A figura 7.3a e 7.3b permite a comparação entre o fluxo de dados em sistemas EXAPT e no software cavidade.

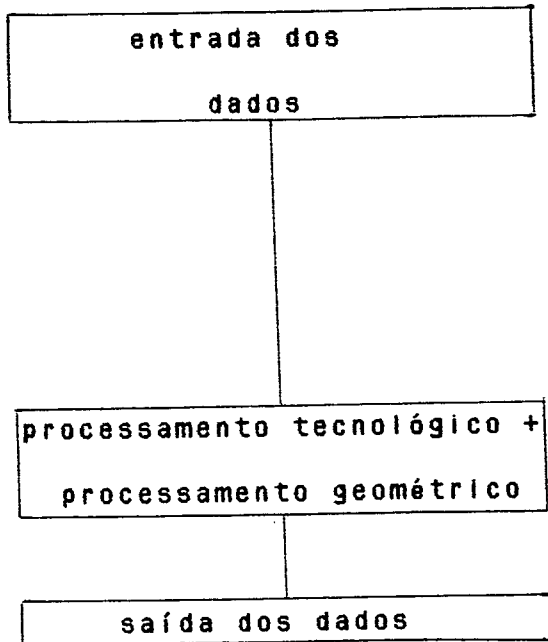


Fig.7.3a - Fluxos de dados em sistemas EXAPT

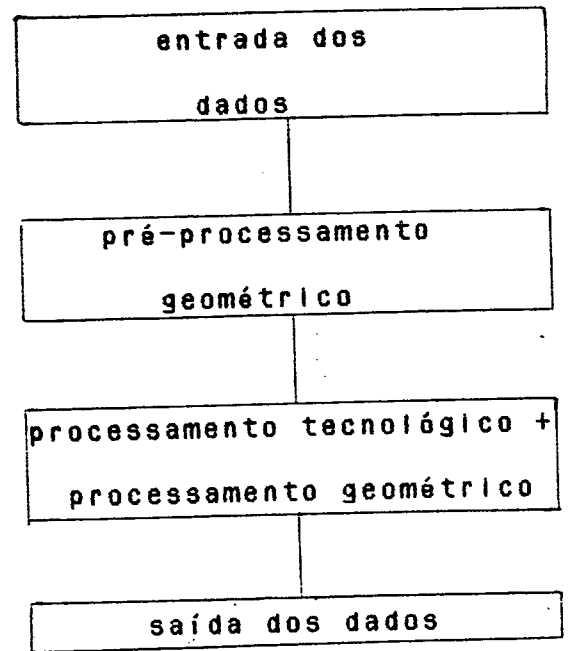


Fig.7.3b - Fluxo de dados no software cavidade

As figuras 7.4a e 7.4b apresentam os subcontornos da cavidade da peça exemplo. Nota-se que há cancelamentos de dois elementos no primeiro subcontorno.

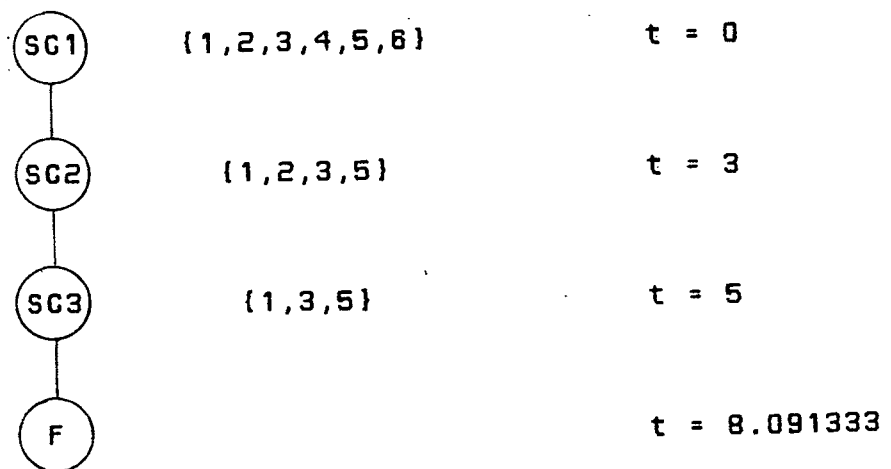


Figura 7.4a - Subcontornos da cavidade da peça exemplo

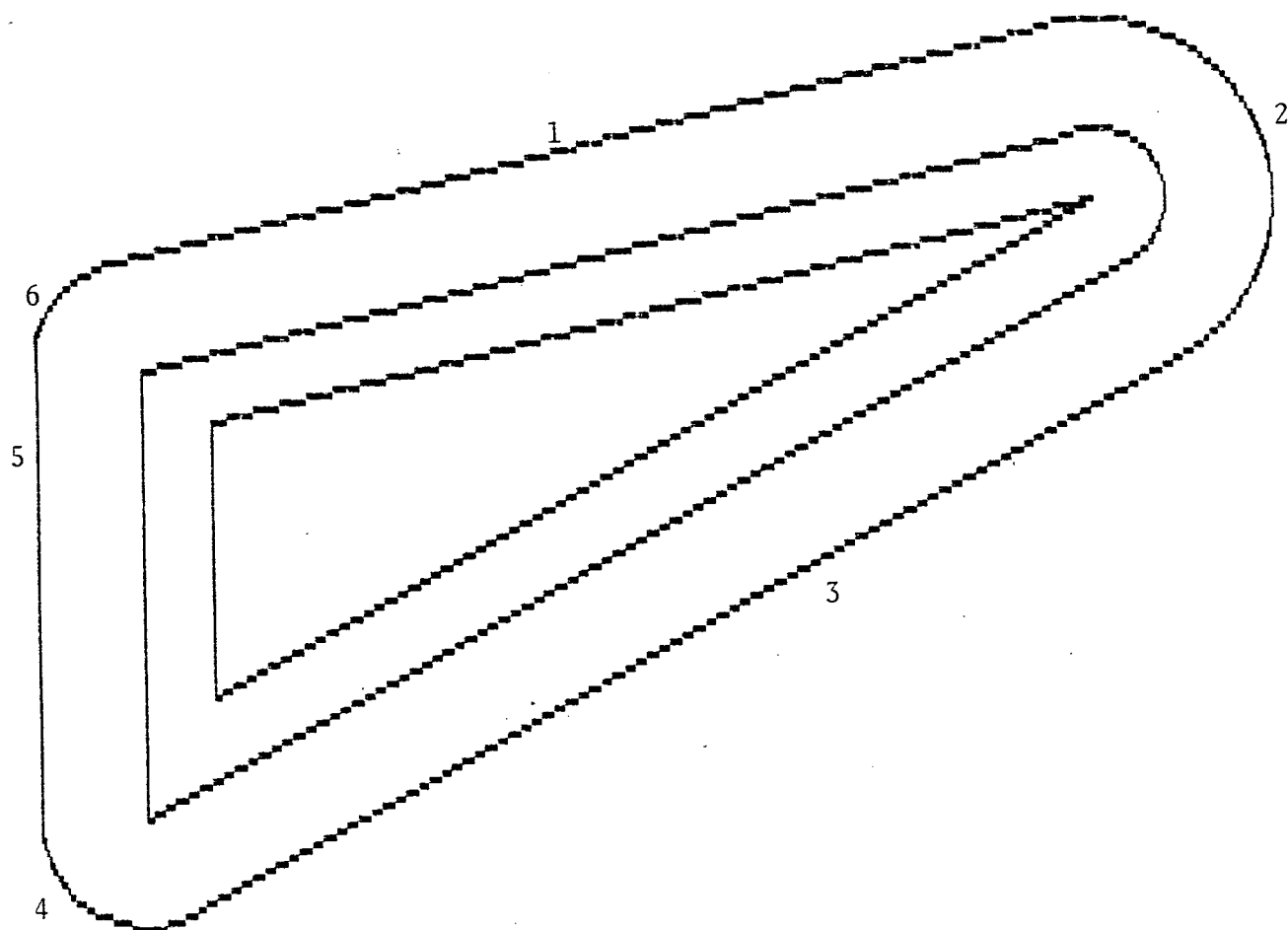


Figura 7.4b - Subcontornos da cavidade da peça exemplo

7.5. Entrada dos dados tecnológicos

Após o pré-processamento geométrico o programador insere os seguintes dados tecnológicos:

- diâmetro real da ferramenta,
- % limite de corte da ferramenta a ser retirada em cada passe equidistante (nos dá o diâmetro efetivo de corte),
- % de corte da ferramenta a ser retirada no acabamento,
- plano z da superfície,
- plano z fundo da cavidade (O plano z varia apenas no

momento de posicionamento),

- incremento de corte em cada passe,
- rotação da árvore,
- avanço nos passes normais,
- avanço de acabamento.

Na tabela 7.2 é mostrado um exemplo de dados tecnológicos para usinagem da cavidade da peça exemplo.

DIAMETRO DA FRESA =	4
% DE CORTE =	62 %
% DE ACABAMENTO =	18 %
PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	8
PLANO (Z) DA BASE =	6
PROFUNDIDADE DO PASSE =	2
N DE PASSE DE PROFUND. =	1
INCREMENTO NA PROFUNDID. =	2
ROTACAO DA FRESA =	3250
AVANCO DA FRESA =	278
AVANCO NO ACABAMENTO =	115

Tabela 7.2 - Dados tecnológicos para usinagem da cavidade da peça exemplo

7.6.1. Saída dos dados

Como expresso no item 4.4, a geração dos contornos é executada seguindo a sequência de formação da árvore de reconhecimento. Começa-se a geração dos contornos derivados do exterior para o interior, então o primeiro contorno gerado é o limite da cavidade, que será usinado no último passe (acabamento).

Os caminhos da ferramenta (centro da fresa) são contornos derivados obtidos somando-se a percentagem de corte à equi-

distante do contorno derivado anterior. Os elementos de cada contorno derivado são os mesmos elementos que compõe o subcontorno anterior à respectiva equidistante.

Após gerar todos os contornos do exterior para o interior, estes são invertidos em partes, pois o sentido de cada contorno derivado $C(i)$ permanece o mesmo. São alterados também os posicionamentos $p(i)$ de um contorno para o outro. O último contorno derivado gerado será o primeiro ciclo de usinagem, e a inversão segue os passos conforme o exemplo da tabela 7.3.

Contorno gerado	Contorno de usinagem
$C(1)$	$p(n)$
$p(1)$	$C(n)$
$C(2)$	$p(n-1)$
$p(2)$	$C(n-1)$
:	:
:	:
$C(n-1)$	$p(2)$
$p(n-1)$	$C(2)$
$C(n)$	$p(1)$
$p(n)$	$C(1)$

Tabela 7.3

A fim de não deixar material sem corte na cavidade, como o exemplo na figura 7.5, é feita a correção da % do diâ-

metro efetivo da fresa.

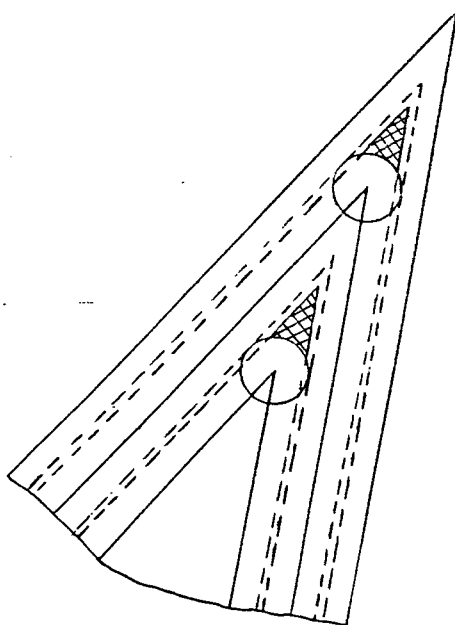


Figura 7.5 - Material sem desbaste na cavidade

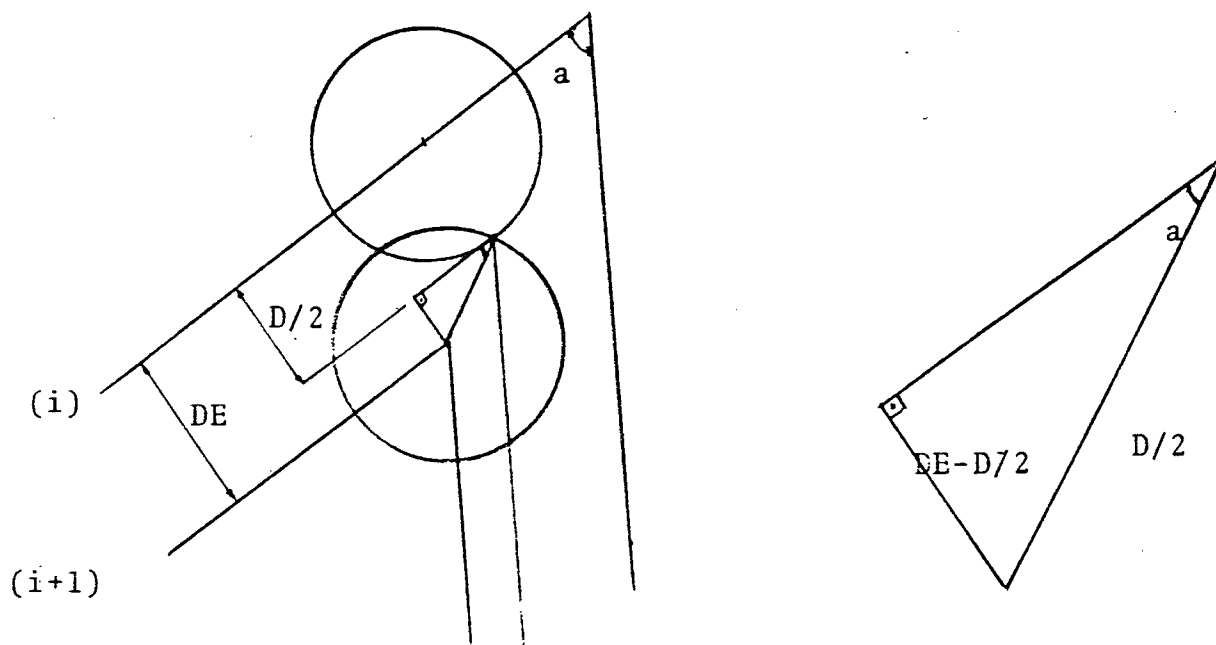
O limite mínimo de usinagem é 50% do diâmetro real da fresa constituindo pois uma percentagem razoável para efeito de usinagem (tabela 7.4).

% diâmetro	ângulo mínimo do contorno sem correção do diâmetro efetivo de corte
50	0
55	11.5
60	23.1
65	34.9
70	47.2
75	60.
80	73.7
90	106.3
100	180

Tabela 7.4

A correção do diâmetro efetivo é feita, caso necessário, para o ângulo mínimo do contorno. Por exemplo, se o menor ângulo de um ciclo for 50 graus e estiver usinando com 75% da fresa (DE= diâmetro efetivo de .75) far-se-á a correção para usinar um pouco abaixo deste limite permitido ou seja abaixo de

$$DE = D/2 + \text{sen}(a/2) * D/2 \quad (\text{figuras 7.6a e 7.6b})$$



Figuras 7.6a e 7.6b - Correção da % de corte

$$\% DE = DE/D$$

$$\% DE = 1 + \text{sen}(a/2)/2 = 71.13 \%$$

Após a geração de cada caminho da ferramenta, é verificado se a sub-área já foi totalmente desbastada; neste caso

verifica-se se resta sub-área a usinar, seguindo o caminho da árvore de reconhecimento (seção 6.4).

Como o processo de geração do programa é automático após a entrada dos dados tecnológicos, arbitrou-se como o ponto de partida do primeiro subcontorno (apontador) o primeiro elemento do contorno inicial. Nos subcontornos subsequentes é escolhido o elemento mais próximo do apontador do subcontorno anterior (pai).

Cabe lembrar, que o objetivo deste trabalho não é gerar um programa ótimo para desbastar a cavidade, e sim gerar um programa automaticamente. Para melhorar a eficiência do programa gerado, rotinas adicionais (correção do diâmetro efetivo apenas nos cantos necessários) poderiam ser implementadas.

7.6.2. Saída pelo vídeo

O programa tem uma saída gráfica a fim de verificar o caminho da ferramenta. No apêndice D são mostrados exemplos de saída pelo vídeo. É utilizado vídeo monocromático, com resolução de 640 x 200, padrão IBM-PC.

A figura 7.7 mostra a saída pelo vídeo da cavidade da peça exemplo.

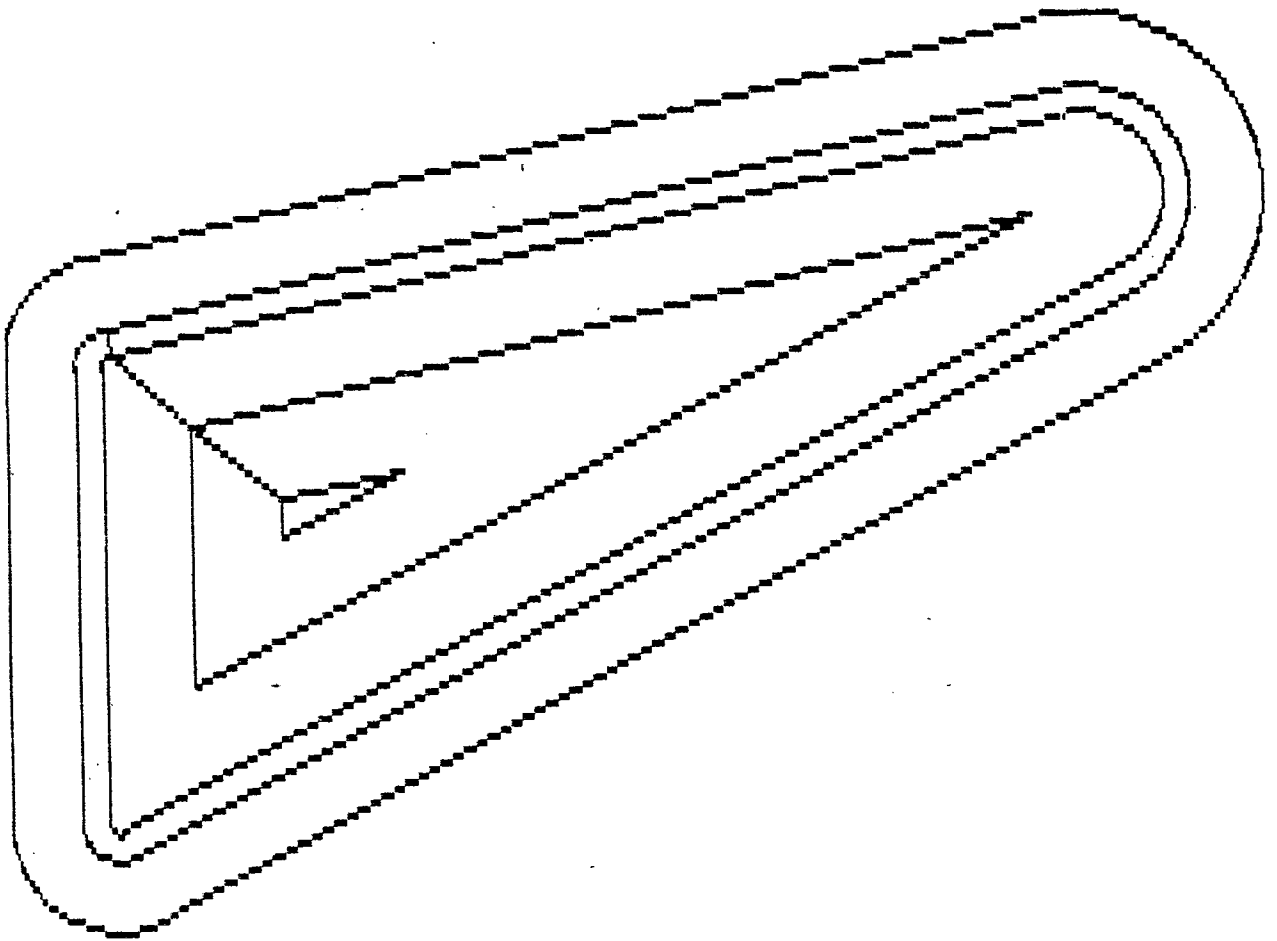


Figura 7.7 - Saída pelo vídeo da cavidade da peça exemplo

7.6.3. Saída por pós-processamento

O software "cavidade" oferece a opção de saída de pós-processamento em CN direcionada para o Centro de Usinagem NBH-65 da Thyssen Hueller, disponível na UFSC. Caso desejado estes resultados podem ser gravados num arquivo do disquete, ou obter a saída via impressora.

O pós-processamento atualmente apóia apenas o uso de fresas tipo topo. Em função disto, não houve preocupação com o furo inicial ou com entrada inclinada em cada sub-área. Foram utilizados os dois sistemas de coordenadas: absoluto, para os cálculos normais da peça, e relativo, quando houver levantamento

da fresa para mudanças de sub-áreas, ou posicionamento em outro plano (z) inferior.

No caso de cavidades profundas, o programa se repete alterando apenas o valor da profundidade (z).

No apêndice D tem-se exemplos de pós-processamento de cavidade.

No apêndice E é dado os significados dos códigos utilizados na confecção do programa CN.

```

N05 %
N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
N15 G53 X450000
N20 G54 X 0 Y 0 Z 8000
N25 T01 M06
N30 M21
N35 G43 Z 5000 S 3250 M03
N40 G00 G90 X 23680 Y 23933
N45 G01 G91 Z-7000F 278
N50 G90 X 27006 Y 24725
N55 X 23680 Y 22917
N60 X 23680 Y 23933
N65 X 21200 Y 25892
N70 X 44582 Y 31457
N75 X 21200 Y 18746
N80 X 21200 Y 25892
N85 X 18935 Y 27903
N90 X 45457 Y 34214
N95 G02 X 47089 Y 29997 I 543 J-2214
N100 G01 X 19128 Y 14796
N105 G02 X 18720 Y 15045 I-128 J 249
N110 G01 X 18720 Y 27630
N115 G02 X 18935 Y 27903 I 280 J 0
N120 G01 X 18768 Y 28603
N125 X 45278 Y 34912 F 115
N130 G02 X 47417 Y 29356 I 722 J-2912
N135 G01 X 19478 Y 14167
N140 G02 X 18000 Y 15045 I-478 J 878
N145 G01 X 18000 Y 27630
N150 G02 X 18768 Y 28603 I 1000 J 0
N155 G00 G91 Z 200000
N160 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
N165 T99 M06
N170 M22
N175 M30

```

Tabela 7.5 - Saída de pós-processamento da cavidade da peça exemplo

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSÕES

8.1. Introdução

Neste capítulo são feitas considerações sobre os limites do processador geométrico, comentam-se os resultados obtidos, são apresentadas também algumas conclusões, sugestões e extrapolações do trabalho.

8.2. Limitações do Processador Geométrico

A fim de facilitar a montagem do reconhecimento da cavidade, limitou-se a divisão de cada subcontorno em no máximo dois.

Deve-se ressaltar que esta limitação foi feita pelo caráter didático do trabalho, e não por deficiência do método aqui adotado. Outra observação importante é que, mesmo com esta limitação, este software engloba a quase totalidade dos casos encontrados na prática, justamente porque as áreas deste tipo são um projeto exótico.

Quando o subcontorno se subdividir em mais de dois, uma mensagem de erro é apresentada.

8.3. Otimização

Na montagem da árvore de reconhecimento tomam-se os menores valores de cancelamentos (raio de circunferência) e meno-

res valores de subdivisões (raio de circunferência). Então, a idéia central é única ou seja, reconhecimento da cavidade via cálculo das menores circunferências inscritas (fig.8.1). Inver-

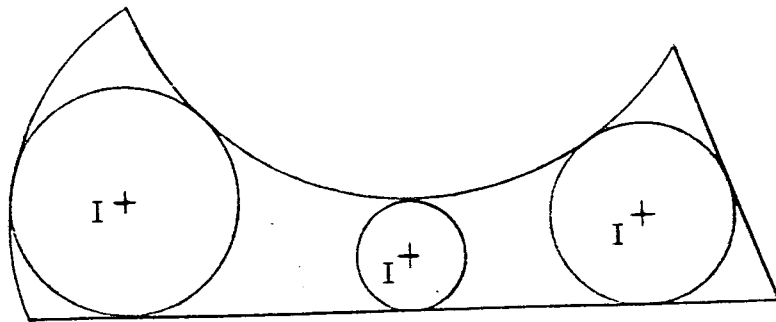


Figura 8.1 - Circunferências na cavidade

tendo este raciocínio para usinagem, podem-se utilizar as maiores ferramentas (maiores circunferências). Com estas observações pode-se efetuar otimização via quantidade de ferramentas, se for inserida uma biblioteca de dados contendo diâmetros de ferramentas disponíveis. Há então a possibilidade de gerar o programa automaticamente, com as maiores ferramentas possíveis, caracterizando pois uma otimização a nível geométrico.

A partir de um desenho o operador poderia gerar automaticamente o programa CN em questão. A parte tecnológica se faria necessária para operar paralelamente com este processador geométrico. Isto caracteriza um CAM Auto-Programável.

A versão atual do software cavidade apóia o uso de uma única ferramenta para o desbaste da cavidade, arbitrada pelo programador.

8.4. Conclusões

Como os softwares que tratam o problema foram desenvolvi-

vidos em sua maioria pelas indústrias, poucos trabalhos foram publicados. Mesmo assim, com as informações superficiais existentes, pode-se extrair informações significativas para uso neste trabalho.

Vantagens em relação aos softwares existentes

- Representar fielmente as áreas no seu desenvolver. Isto pode ser observado pelos arcos de circunferências extras criados.

- Com alguns aprimoramentos esse software pode constituir-se num CAM-2D Auto-Programável com usinagem do interior para o exterior.

- Correção do diâmetro efetivo de corte da ferramenta

Todas estas assertivas podem ser resumidas em um aumento de produtividade, via menor tempo para gerar o programa CN e menor tempo na fabricação.

Como os fundamentos matemáticos são genéricos neste software, é possível eliminar-se todas as limitações aqui impostas.

O método apresentado permite a solução eficaz do problema a nível geométrico. Uma constatação é de que na verdade, o que está faltando não são bons programadores, mas softwares realmente eficazes. Os que existem no mercado são deficientes; daí a procura e reclamação pela carência de bons processistas.

Este fato é real quando se avança em complexidade geométrica (caso de fresamento) onde a percepção humana se torna difícil. Neste caso a aplicação computacional se justifica e pode aplicar o conceito básico da engenharia, aproveitar melhor

os recursos disponíveis (material e energia) via auxílio de informações adequadas.

8.5. Extrapolações e sugestões

Como existe um conhecimento geométrico detalhado, estes dados poderiam ser os inputs para efetuar alterações dos parâmetros do sistema (velocidade, rotação) a fim de melhorar a performance do mesmo, de modo similar a teoria de controle adaptativo. A viabilidade da utilização destas alterações de parâmetros irá depender de um estudo mais aprofundado de suas vantagens em relação às tomadas de decisões clássicas da teoria atual.

Como os fundamentos deste software são consistentes, existem naturalmente extrapolações para se construir um software que trate peças com três dimensões.

A cavidade na verdade é uma simplificação a nível de programação, tendo como características os planos de desbaste paralelos e os contornos (cilindros e planos) perpendiculares ao plano de desbaste. Então é um sistema em que o movimento da árvore é sempre perpendicular ao plano XOY; no que se refere à processamento geométrico, a variável (z) é nula.

Recordando o conceito de circunferência (idéia central do trabalho: lugar geométrico dos pontos num plano que equidistam de um ponto), inserindo agora a variável (z), de acordo com as tabelas (8.1 e 8.2) a consistência da extrapolação é alcançada.

A função com um grau de liberdade seria:

$$f(x,y,z,t) = 0$$

A extrapolação a nível de reconhecimento pode ser obtida e neste caso a função objetivo seria: pesquisa das menores esferas (lugar geométrico dos pontos que equidistam de um ponto).

A geração do programa se tornaria mais complexa, mas não impossível.

- Superfície primitiva..... triângulo
- Forma analítica do elemento equidistante..... $(x-a)^2 + (y-b)^2 = R^2$
- Número de pontos a tocar na superfície primitiva 3
- Numero de pontos não colineares para representar o elemento equidistante..... 3
- Ponto mais interno ou ponto de encontro das bissetrizes..... incentro

Tabela 8.1 - DUAS DIMENSÕES (2D)

- Sólido primitivo..... tetraedro
- Forma analítica da superfície equidistante..... $(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = R^2$
- Número de pontos a tocar no sólido primitivo..... 4
- Numero de pontos não colineares para representar a superfície equidistante..... 4
- Ponto mais interno ou ponto de encontro das bissetrizes..... insfera

Tabela 8.2 - TRÊS DIMENSÕES (3D)

No caso de peças de três dimensões os dados de entrada seriam as dimensões da peça final e da peça bruta (cujas superfícies devem ser de grau dois). O autor está desenvolvendo uma versão a três dimensões (CAM-3D Auto-Programável), que apoiará também a usinagem do exterior para o interior.

BIBLIOGRAFIA

- /1/ APT PART PROGRAMMING, McGraw-Hill Book Company - 1967
- /2/ BASIC-EXAPT, "Exapt - Manual de Programação", Tradução Aachen, Alemanha, Jan 1972
- /3/ BESANT G.B., "CAD/CAM Projeto e Fabricação com o Auxílio do Computador", Ed. Campus 1985
- /4/ BJORKE, O., "Towards Integrated Manufacturing Systems, Manufacturing Cells and their Subsystems", Robotics & Computer : Integrated Manufacturing, vol 1 nº 1, pag 3-19, 1984
- /5/ GHILDS, James J., "Numerical Control Part Programming", Industrial Press Inc, New York, 1973
- /6/ FERREIRA, A.C. e STEMMER, G.E., "Características e Programação de Máquinas com Comando Numérico", UFSC, fev. de 1984
- /7/ HATVANY, J., "CAD : State of the Art and a Tentative Forecast", Robotics & Computer : Integrated Manufacturing, vol 1 nº 1, pag 61-64, 1984
- /8/ HEGHAND, D.E., "Numerical Control your Best Investment in Productivity Production Engineering", pp.42-47, March 1981
- /9/ HERNÁNDEZ, Gastón L., "Sistemas Flexibles de Produccion y Robotica Industrial", Escuela de Ingenieria Eléctrica, Universidade Católica de Valparaíso, 1985
- /10/ HITOMI, K., "Manufacturing Systems Engineering", Taylor & Francis Ltda., London 1979
- /11/ HUEBBE, J., "O CAD/CAM e o Comando Numérico", Anais Símpósio sobre CAD/CAM, 1984
- /12/ KIMURA, Fumihiko; KAWABE, Shinji e SATA, T., "A Study on Product Modelling for integration of CAD/CAM", Computer in

Industry, pp.239-252, 1984

/13/ KOCHAM, D., "Integrated Information Processing for Manufacturing from CAD/CAM to CIM", Computer In Industry, pp.311-318, 1984

/14/ KROUSE, John K., "NC Programming: The Link Between CAD and CAM", Machine Design, September 1981

/15/ LABOR, Frank, "The Path to Better Machining Software" Mechanical Engineering, May 1986

/16/ LESLIE, W.P., "Numerical Control Programming Languages" Proceedings of the 1st International IFIP/IFAC PROLAMAT Conference Rome 1969, London 1969

/17/ MANUFACTURING Data System Incorporated, MDSI - COMPACT II : Programming Manual, Edition 1981

/18/ MARTIN S.J., "Numerical Control of Machines Tools", The English University Press Ltd, London 1970

/19/ PERSON, H., "NC Machining of Arbitrarily Shaped Pockets", Computer Aided Design, Vol 10 no 3, May 1978.

/20/ QUEIROZ, A.A., "MDI Data Preparation for Numerically Controlled Milling Machines", PhD Thesis, Loughborough University of technology 1983

/21/ QUEIROZ, A. A. e STEMMER, G. E., "Cenário da Programação CN: da Programação Manual ao CAD/CAM", 6º Seminário de Comando Numérico no Brasil, 1986

/22/ RADOS, Gregório V., "Avaliação do uso de um Centro de Usinagem na fabricação de uma família de peças da Indústria Metal-Mecânica", Tese de Mestrado, Engenharia de Produção da UFSC, 1982

/23/ ROBERTS, Arthur D., "Programming for Numerical Control Machines", Mc Graw Hill Book Company 1978

- /24/ ROBERTO, Camanho, "Programação Manual de Máquinas CN"
Jornal Microeletrônica, pp.9-11, Junho de 1987
- /25/ SPUR, G., "Growth, Crisis and Future of the Factory",
Robotics & Computer : Integrated Manufacturing, Vol 1 nº 1,
pp 21-37, 1984

APÊNDICE A

Este apêndice tem como objetivo mostrar a sequência de cálculo de um incentro. O exemplo refere-se a um sistema GCR (Circunferência-Circunferência-Reta), tendo $K(1) = 1$, $K(2) = -1$ e $K(3) = -1$ respectivamente.

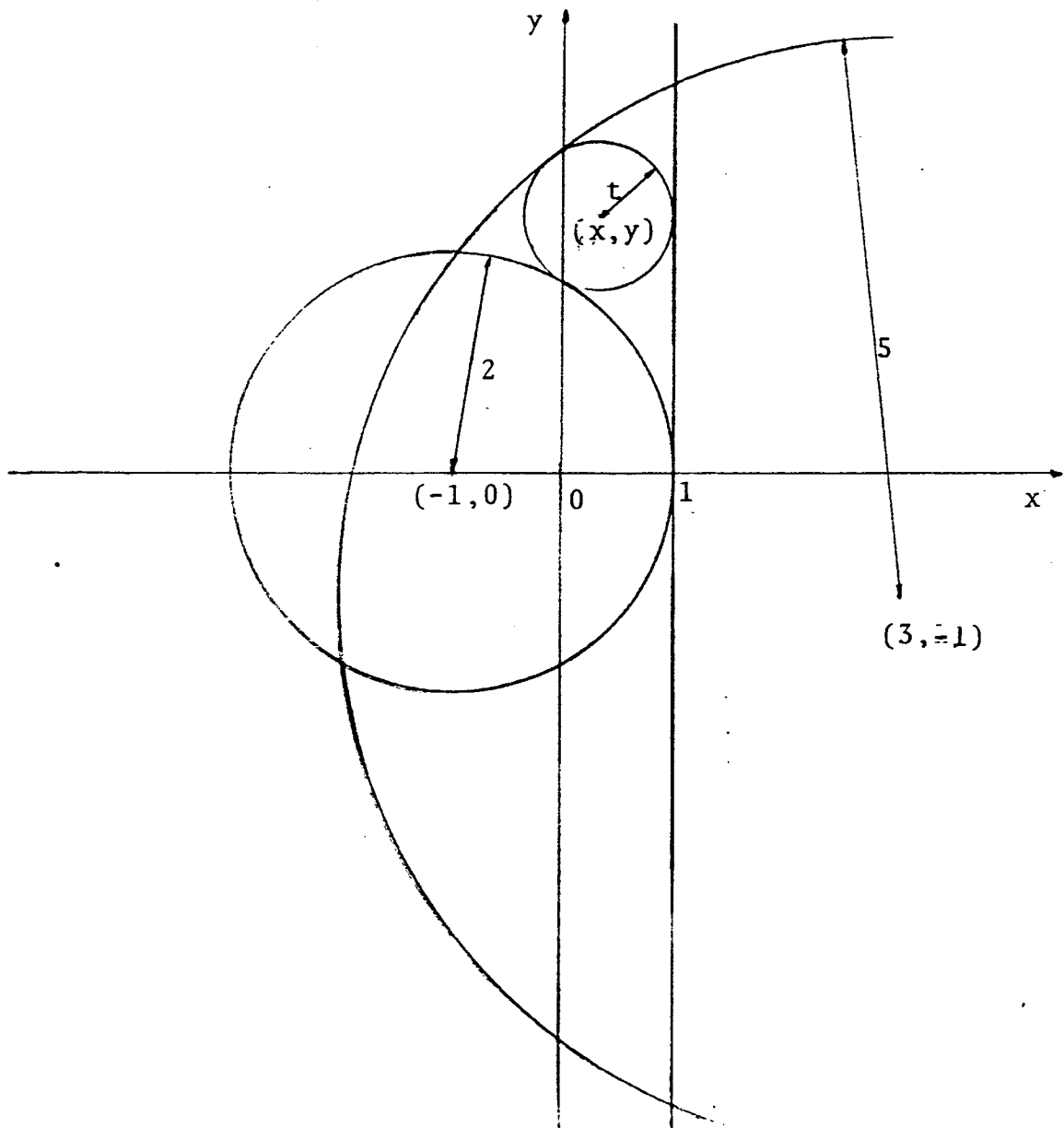


Figura A.1 - Representação do incentro

$$(x + 1)^2 + (y - 0)^2 = (2 + t)^2 \quad (1)$$

$$(x - 3)^2 + (y + 1)^2 = (5 - t)^2 \quad (2)$$

$$x = 1 - t \quad (3)$$

Desenvolvendo as equações (1) e (2)

$$x^2 + 2x + 1 + y^2 = t^2 + 4t + 4 \quad (4)$$

$$x^2 - 6x + 9 + y^2 + 2y + 1 = t^2 - 10t + 25 \quad (5)$$

$$(5) - (4)$$

$$-8x + 8 + 2y + 1 = -14t + 21$$

$$-8x + 2y = 12 - 14t$$

$$y = 6 - 7t + 4x \quad (6)$$

(3) em (6)

$$y = 6 - 7t + 4 - 4t$$

$$y = 10 - 11t \quad (7)$$

(3) e (7) em (1)

$$(2-t)^2 + (10-11t)^2 = (t+2)^2$$

$$t^2 - 4t + 4 + 121t^2 - 220t + 100 = t^2 + 4t + 4$$

$$121t^2 - 228t + 100 = 0$$

$$t_1 = (228 - (3584)^{.5})/242$$

$$t_1 = .69477$$

$$t_2 = (228 + (3584)^{.5})/242$$

$$t_2 = 1.18953$$

t1 será a solução desejada pelo critério de seletores

em (3)

$$x = 1 - t$$

$$x = 1 - .69477$$

$$x = .30523$$

em (7)

$$y = 10 - 11(.69477)$$

$$y = 2.35753$$

A solução final então será

$$\text{Incentro } I = (.30523, 2.35753)$$

$$\text{Equidistante aos elementos } t = .69477$$

APÊNDICE B

Este apêndice mostra como deve ser armazenado um contorno inicial em um arquivo, e dá exemplos destes (figs. B.1 a B.7 e tabelas B.1 a B.7).

Cada registro com 73 caracteres deve estar na seguinte forma:

- Coluna 1 a 2, Número do elemento.
- Coluna 3, Tipo do elemento: R para retas e C para circunferências.
- Coluna 4 a 25, Abscissa (x) do centro da circunferência ou $\sin(k)$ caso o elemento seja reta.
- Coluna 26 a 47, Ordenada (y) do centro da circunferência ou $\cos(k)$ caso o elemento seja reta.
- Coluna 48 a 69, Raio da circunferência ou D (Distância da reta à origem) caso o elemento seja reta.
- Coluna 70, Seletor do elemento, caso necessário.
- Coluna 71, Sentido do arco: F = arco convexo ou M = arco côncavo.
- Coluna 72 a 73, Número do elemento seguinte.

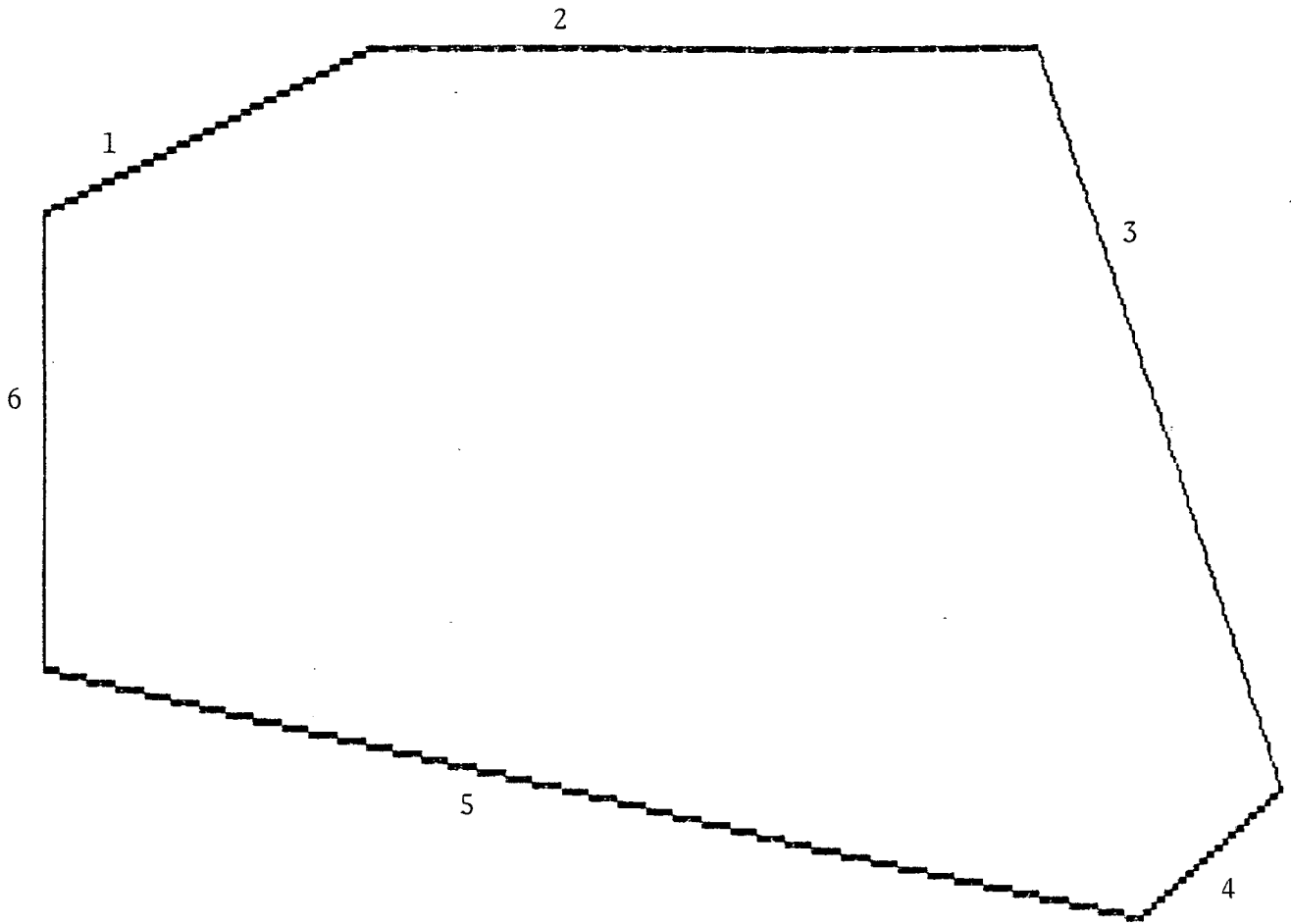


Fig. B.1 - Cavidade nº 01

6R 1	0	14	1
1R .4472136	-.8944272	-43.82693	2
2R 0	1	64	3
3R .9529256	.3032036	78.48642	4
4R .7	-.75	30	5
5R .2202609	.975441	36.24865	6

Tabela B.1 - Contorno Inicial da cavidade nº 01

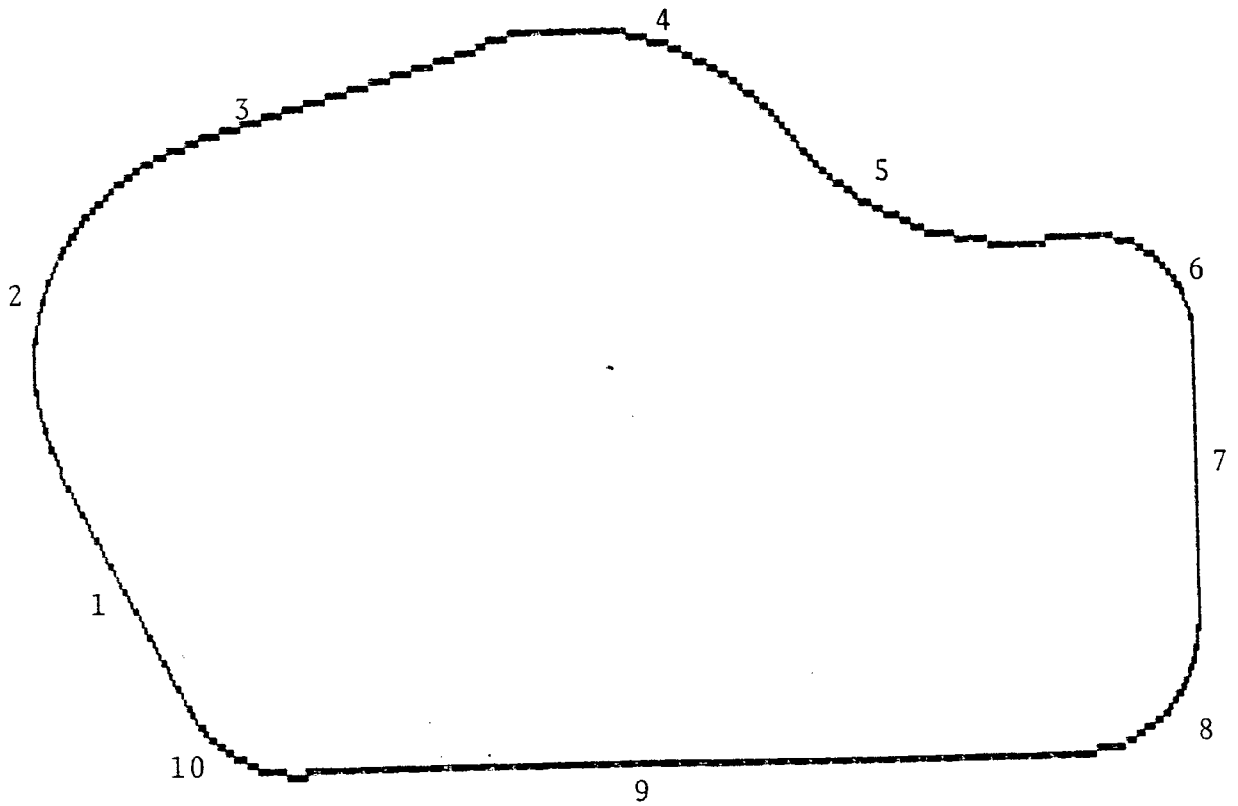


Fig. B.2 - Cavidade nº 02

10C	90.8411	65	42	SF 1
1R	.8852	.461	68.2000	S 2
2C	80	151	72	SF 3
3R	.2995623	-.9540769	-192.1007	S 4
4C	178	165	88	SF 5
5C	316	271	86	SM 6
6C	337	153.1005	33	SF 7
7R	1	0	370	S 8
8C	331	62	39	SF 9
9R	0	1	23	S 10

Tabela B.2 - Contorno Inicial da cavidade nº 02

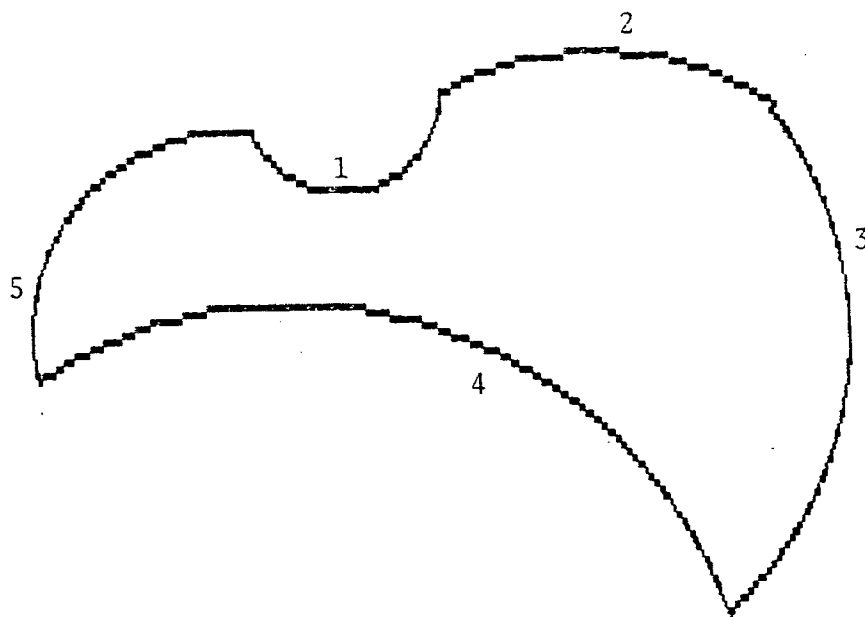


Fig. 8.3 - Cavidade nº 03

5C	29.148	54.556	21.633	SF 1
1C	41.5	80.5	10.512	SM 2
2C	68.429	50.714	33.579	LF 3
3C	56.5	54.167	39.5	LF 4
4C	34.994	8.521	49.489	LM 5

Tabela B.3 - Contorno inicial da cavidade nº 03

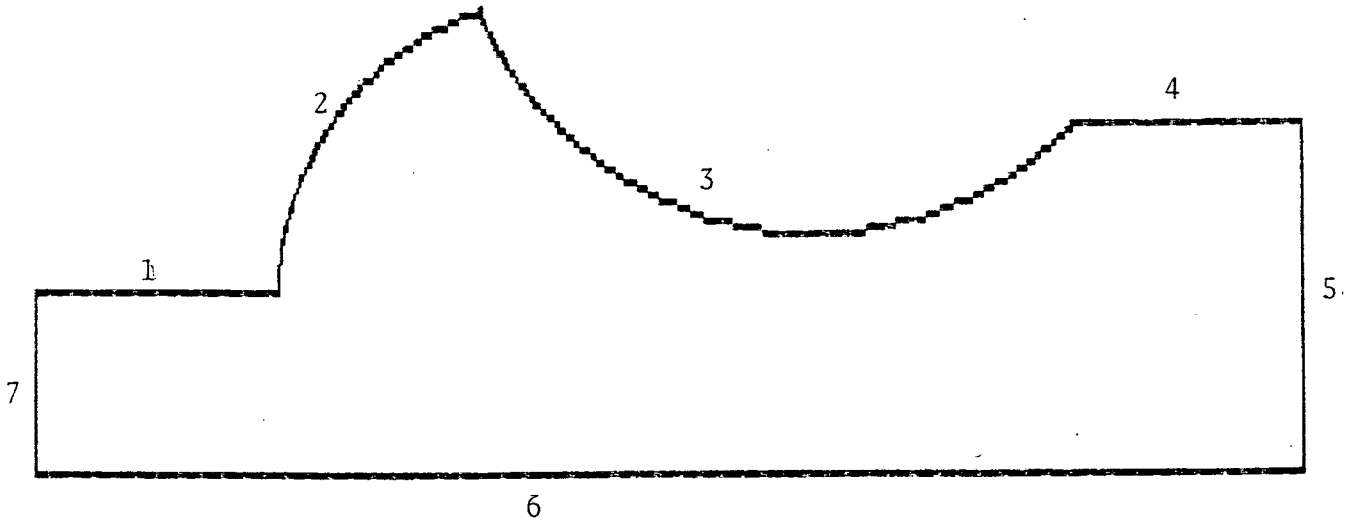


Fig. B.4 - Cavidade nº 04

7R	1	0	0	1
1R	0	1	30	2
2C	90	30	50	SF 3
3C	130	100	60	SM 4
4R	0	1	58	L 5
5R	1	0	210	6
6R	0	1	0	7

Tabela B.4 - Contorno inicial da cavidade nº 04

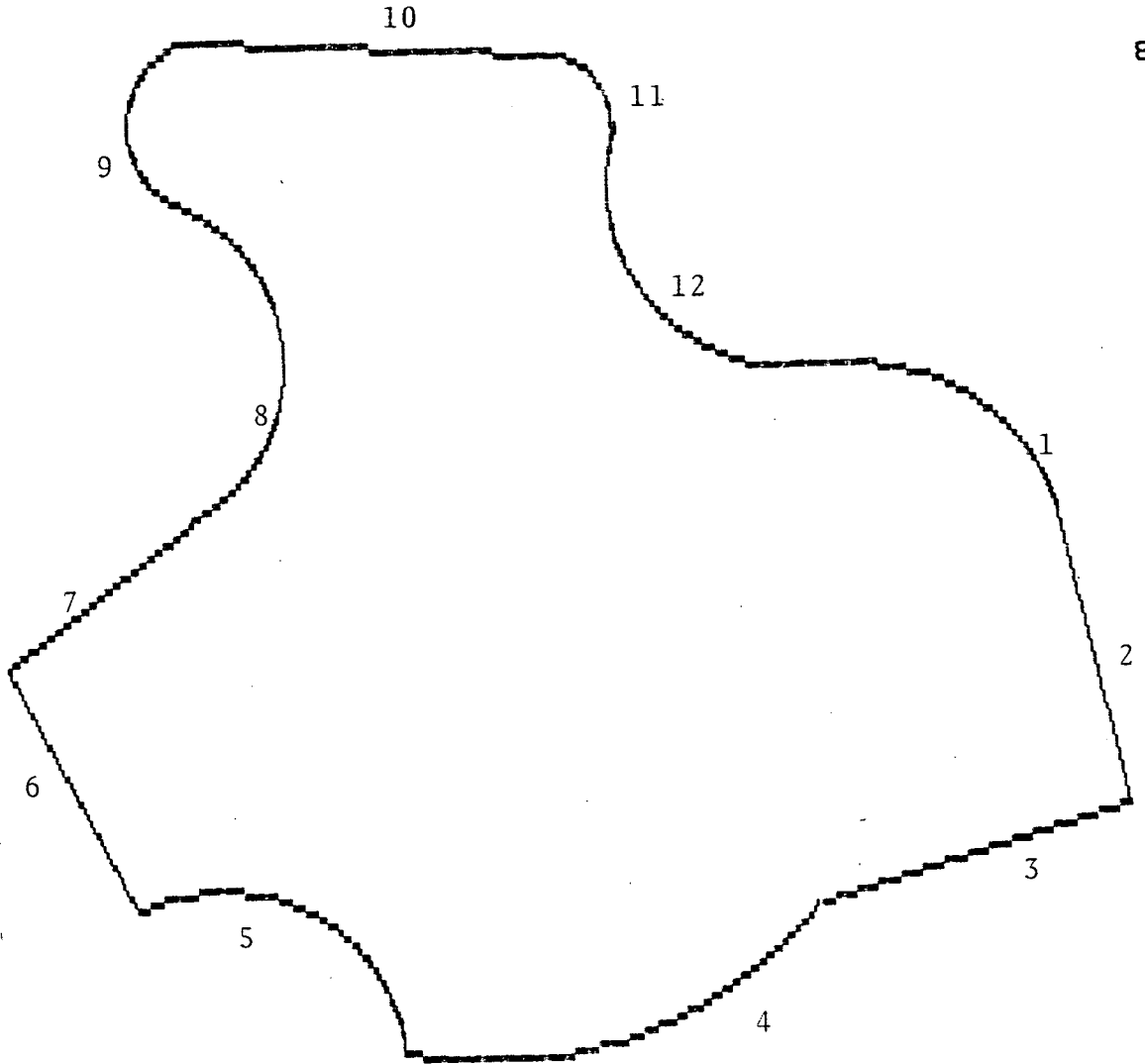


Fig. 8.5 - Cavidade nº 05

12C	75.25	79.25	12.55488	LM	1
1C	79.16666	53.08333	13.96548	LF	2
2R	.9761871	.2169305	102.7166	S	3
3R	.2747212	-.961524	-8.928438		4
4C	54.21875	49.71875	28.71958	LF	5
5C	35.70225	20.42135	12.31136	LM	6
6R	.8944272	.4472136	41.14366	S	7
7R	.6	-.8	-25.2		8
8C	29.42	67.82	11.609	SM	9
9C	37.05406	83.70271	6.061349	SF	10
10R	5.255885E-02	.998618	90.97936	S	11
11C	59.28572	83.85714	4.152698	LF	12

Tabela 8.5 - Contorno inicial da cavidade nº 05

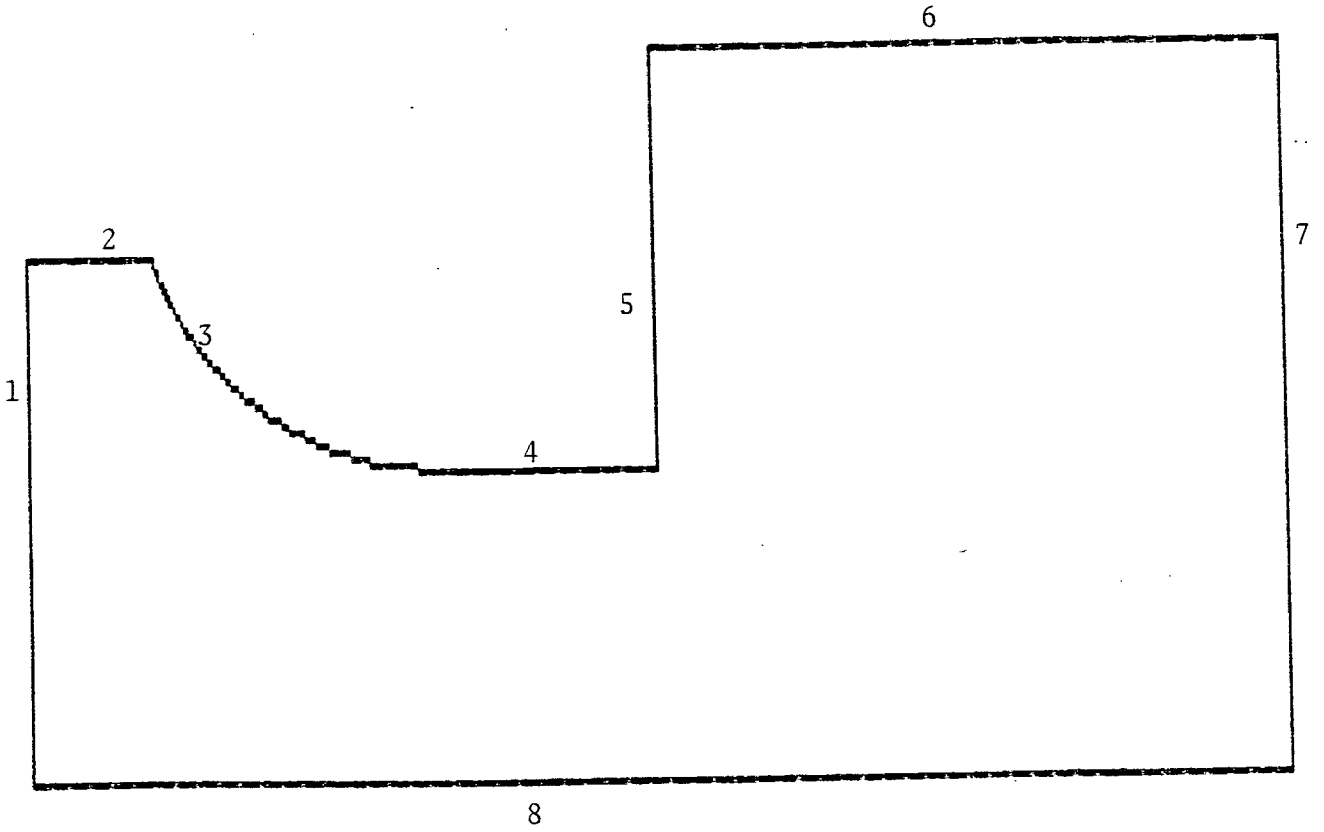


Fig. B.6 - Cavidade nº 06

8R	0	1	0	1
1R	1	0	0	2
2R	0	1	50	3
3C	40	60	30	SM 4
4R	0	1	30	S 5
5R	1	0	60	6
6R	0	1	70	7
7R	1	0	120	8

Tabela B.6 - Contorno inicial da cavidade nº 06

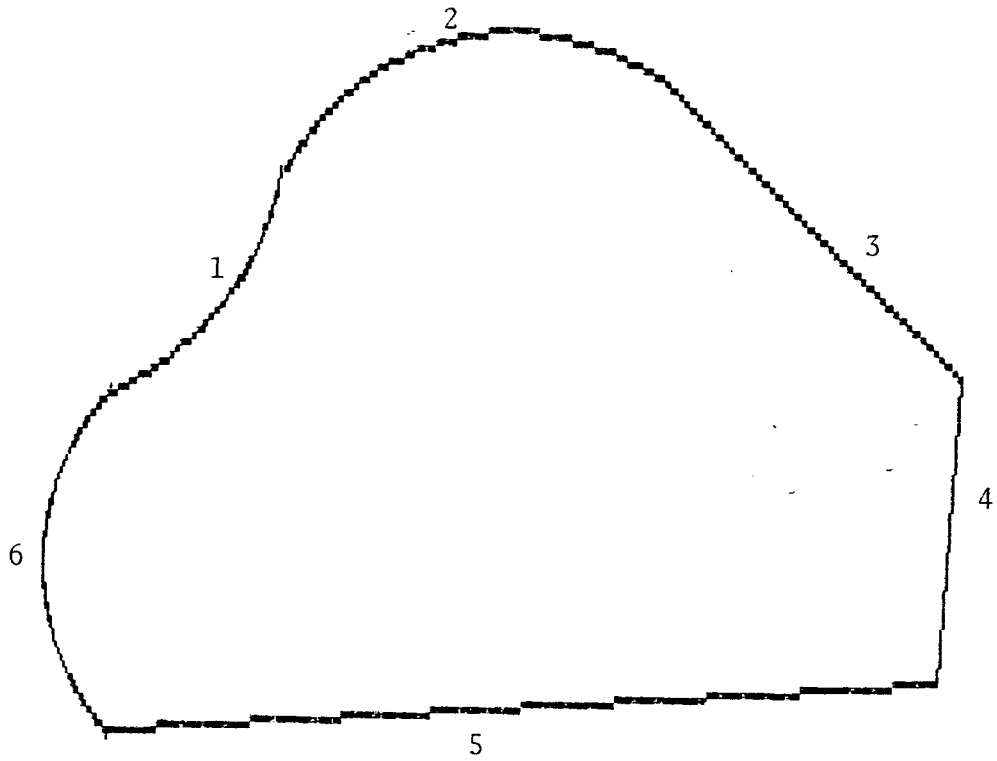


Fig. B.7 - Cavidade nº 07

6C 31	21	25.495	SF 1
1C-.565	63.957	28.838	SM 2
2C 51.578	47.602	26.639	LF 3
3R .707107	.707107	96.16654	S 4
4R .9977852	-6.651901E-02	93.12661	5
5R 7.297563E-02	-.9973336	-3.113627	6

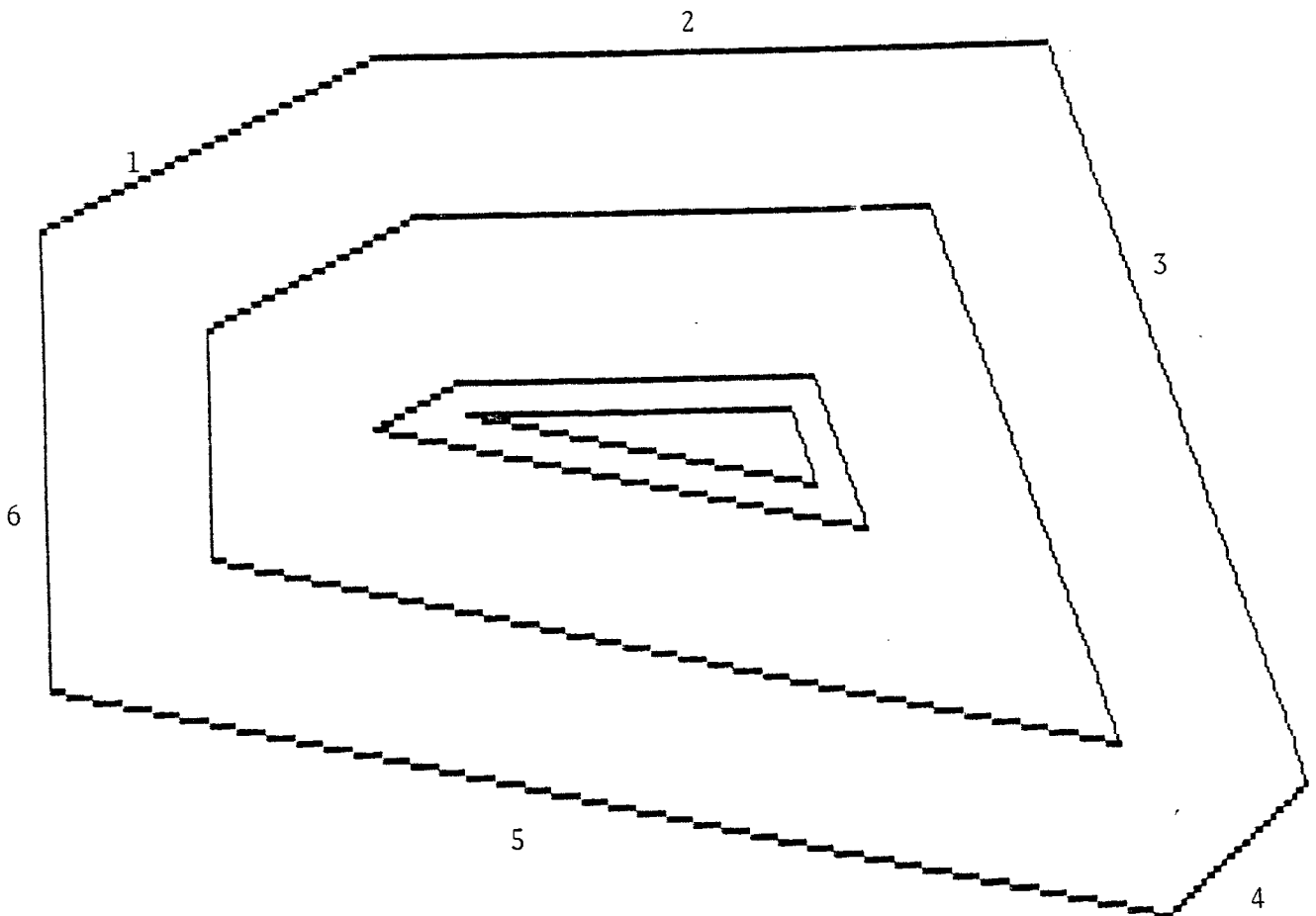
Tabela B.7 - Contorno inicial da cavidade nº 07

APÊNDICE C

Este apêndice mostra os subcontornos gerados das cavidades do apêndice B com os respectivos valores equidistantes ao contorno de referência. Algumas características peculiares de cada uma seria:

- A cavidade nº 01 é formada por apenas segmentos de retas formando um "pocket" poligonal convexo, neste caso a folha é única.
- A cavidade nº 02 é côncava do tipo I, então só haverá cancelamentos até o ponto mais interno, conseqüentemente a folha é única.
- A cavidade de nº 03 apresenta uma subdivisão com o encontro de dois arcos de circunferências.
- A cavidade de nº 04 apresenta cancelamentos de elementos no primeiro subcontorno.
- A cavidade nº 05 apresenta a criação de um elemento para formar o contorno de referência.
- A cavidade de nº 06 tem o final de uma sub-área com mais de três elementos.
- A cavidade de nº 07 é côncava do tipo I.

SC1	{ 1,2,3,4,5,6 }	t = 0
SC2	{ 1,2,3,5,6 }	t = 7.755355
SC3	{ 1,2,3,5 }	t = 15.52132
SC4	{ 2,3,5 }	t = 17.04619
F		t = 18.64534



Figuras C.1a e C.1b - Subcontornos da cavidade nº 01

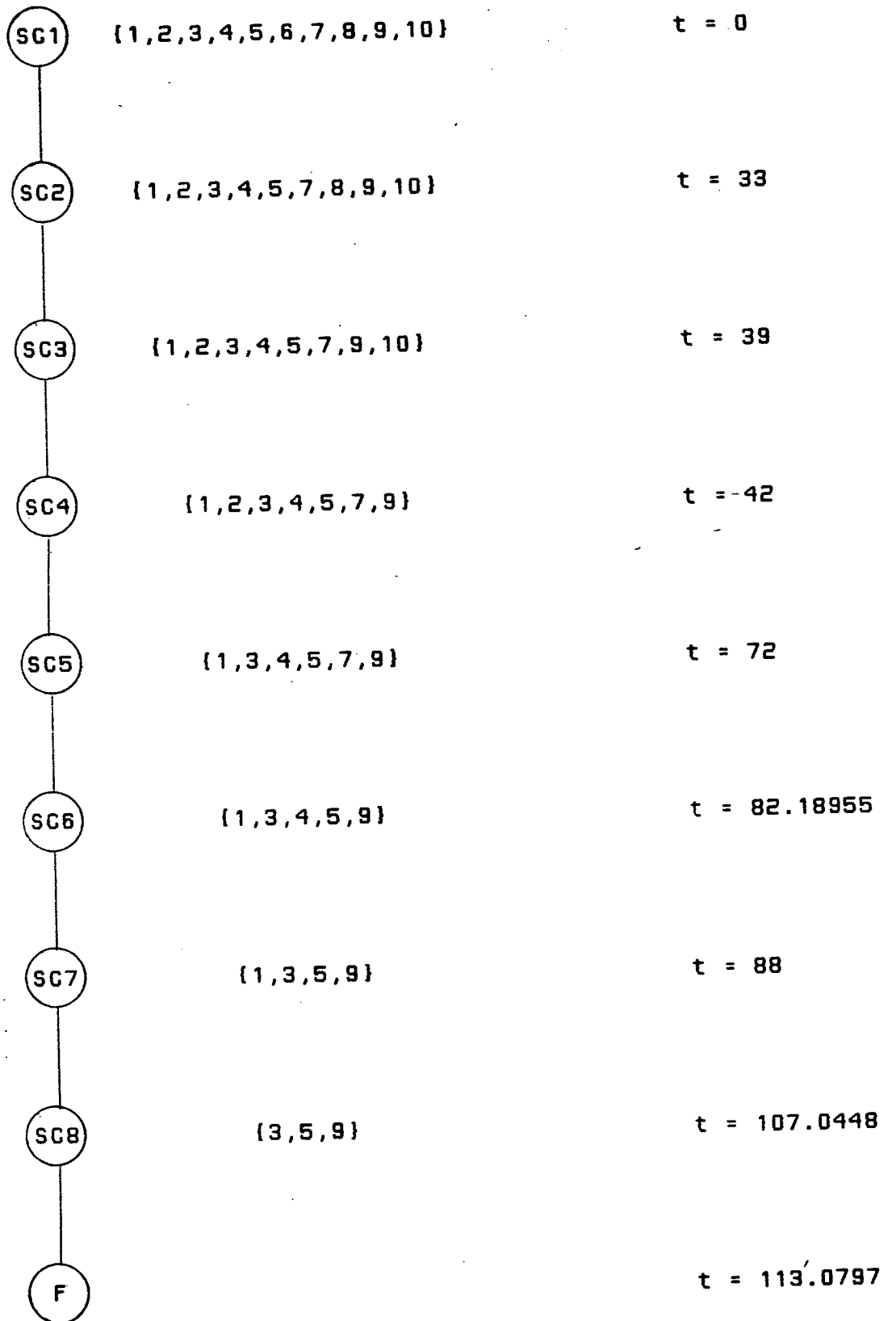


Figura C.2a - Subcontornos da cavidade nº 02

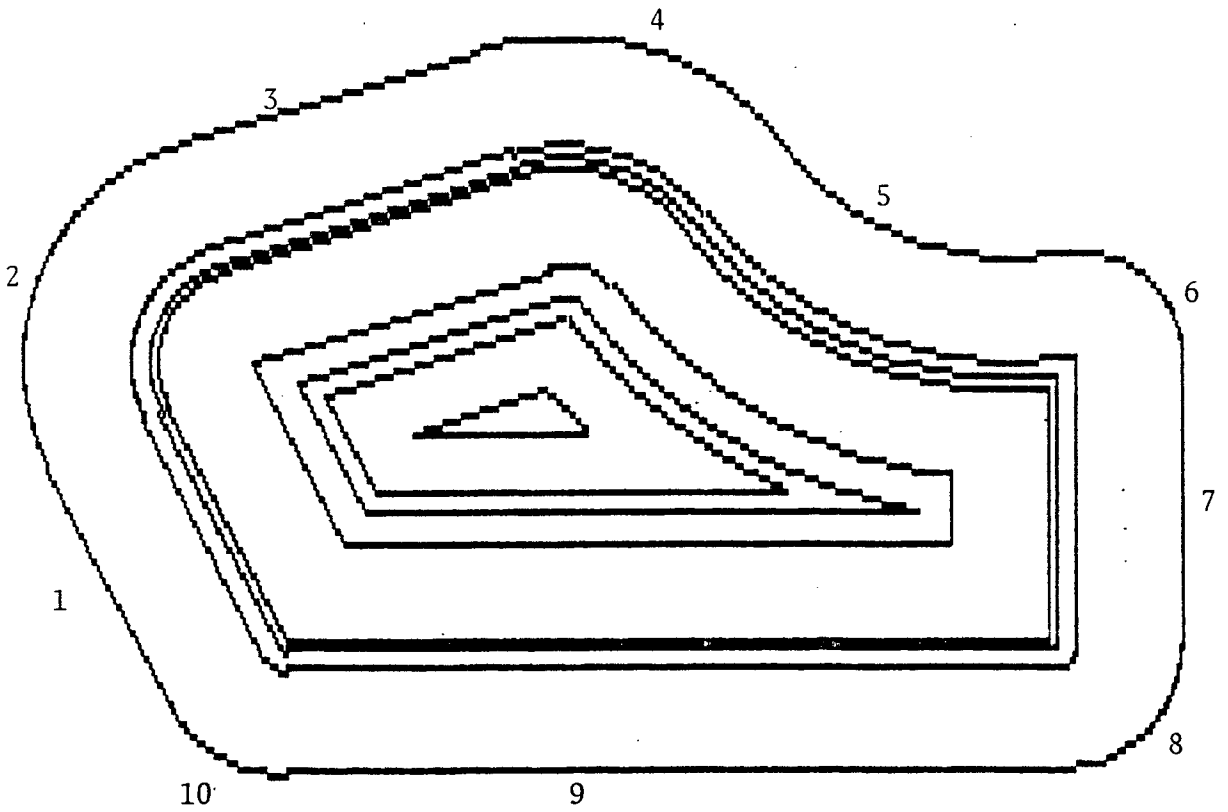
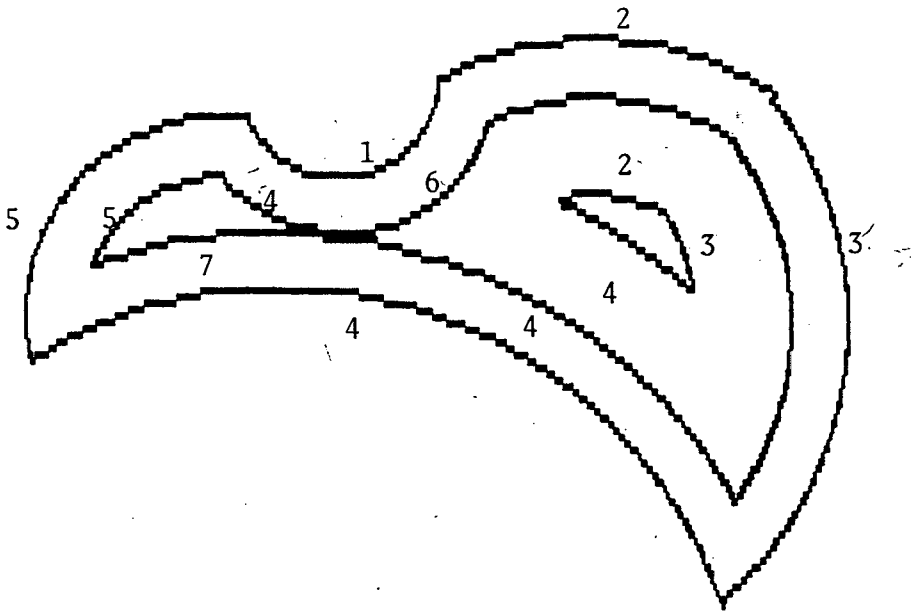
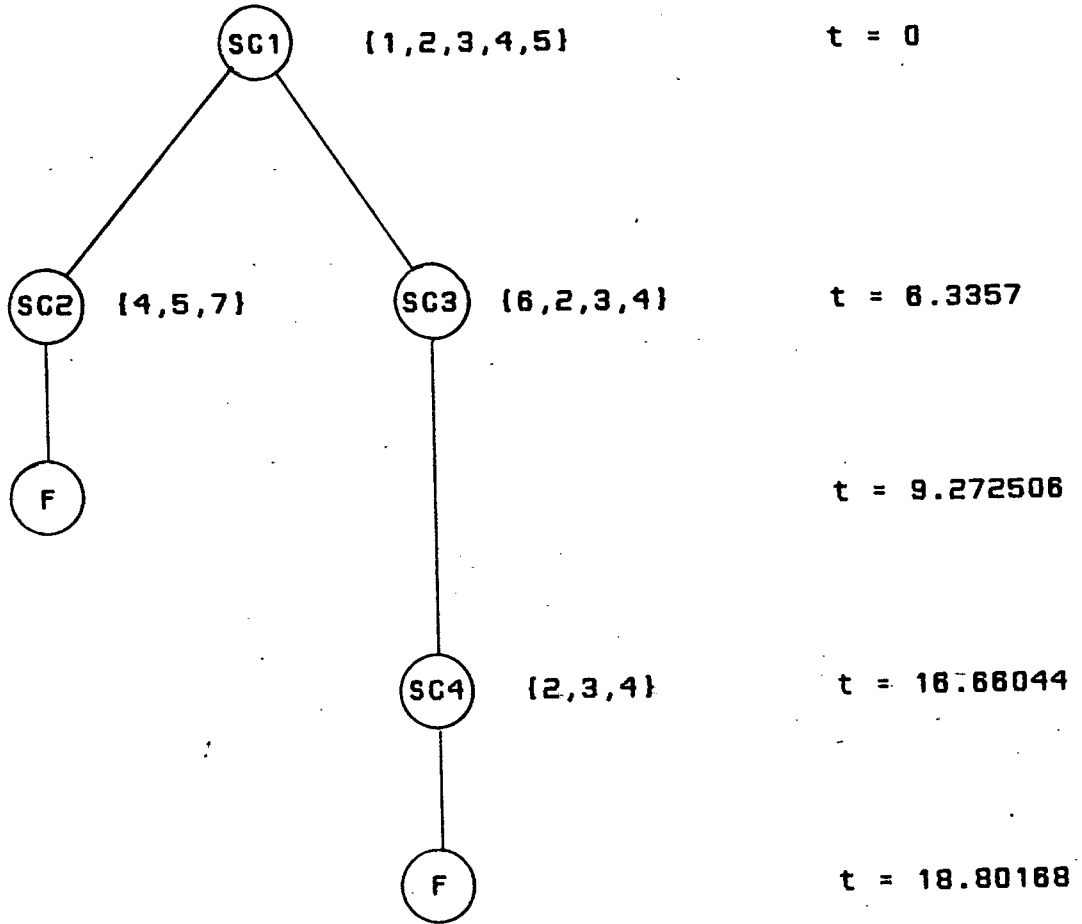
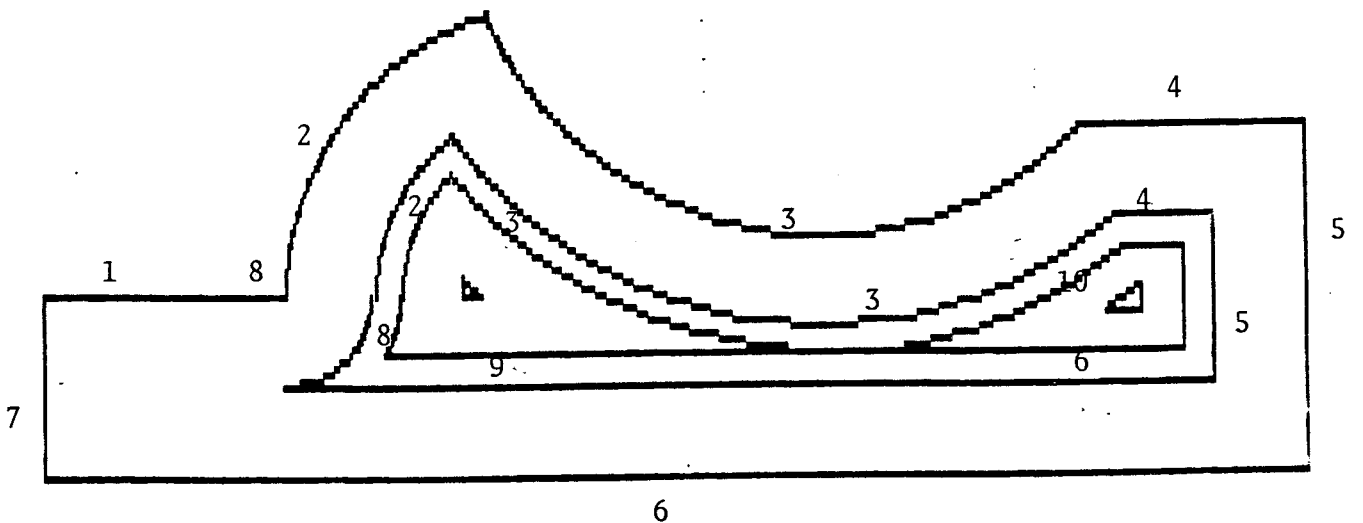
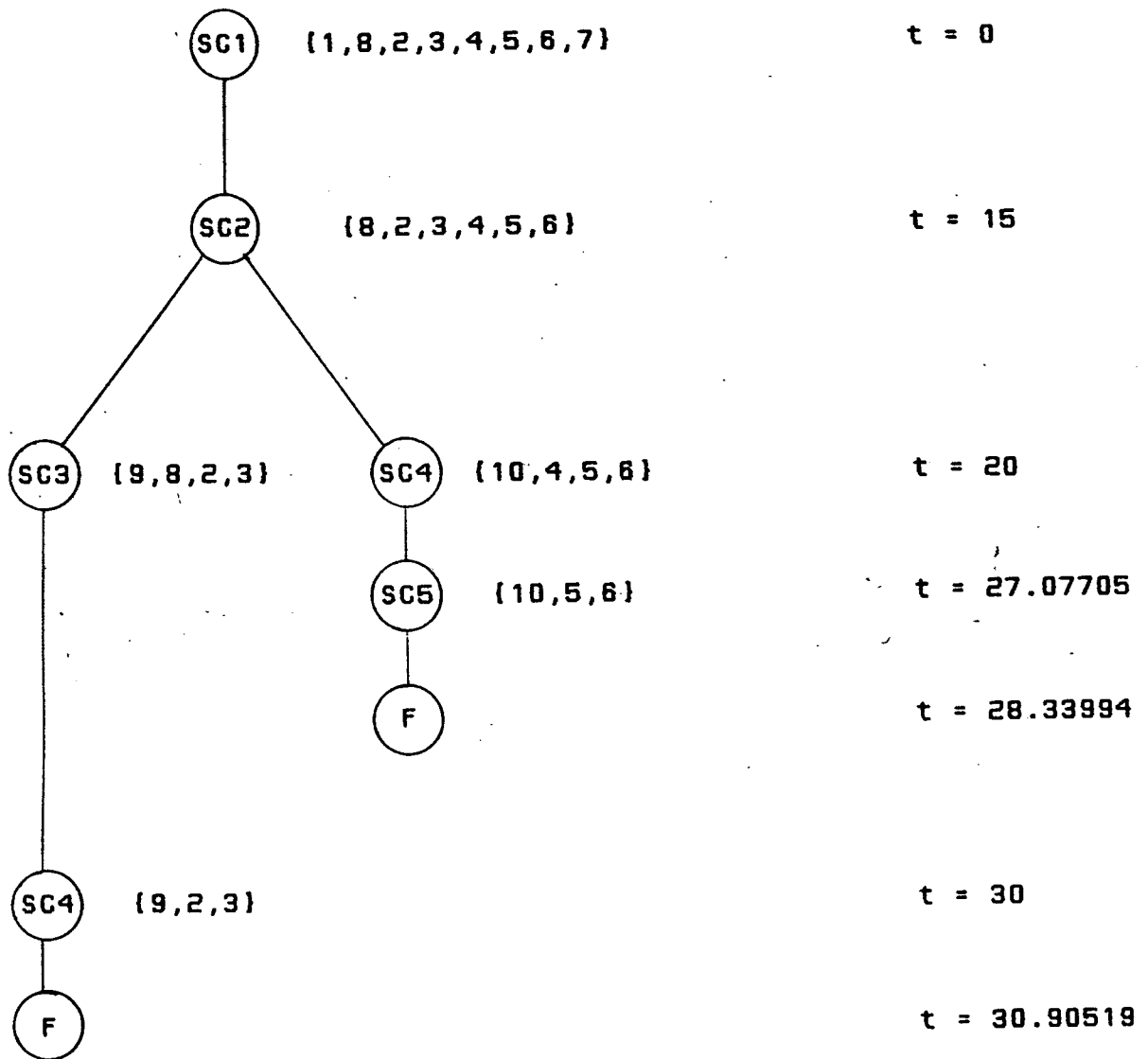


Figura C.2b - Subcontornos da cavidade de nº 02.



Figuras C.3a e C.3b - Subcontornos da cavidade de nº 03



Figuras C.4a e C.4b - Subcontornos da cavidade de nº 04

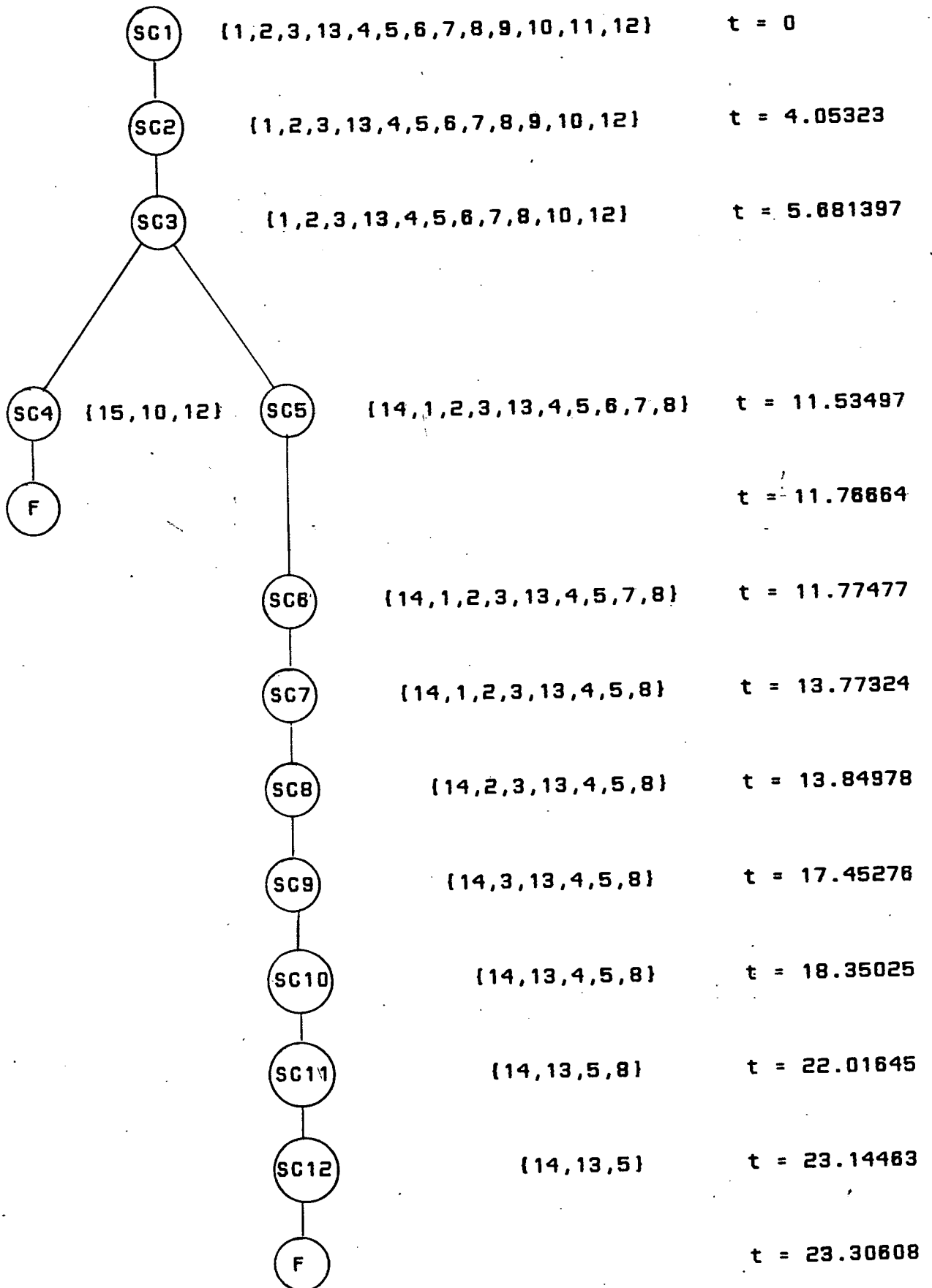


Figura C.5a - Subcontornos da cavidade de nº 05

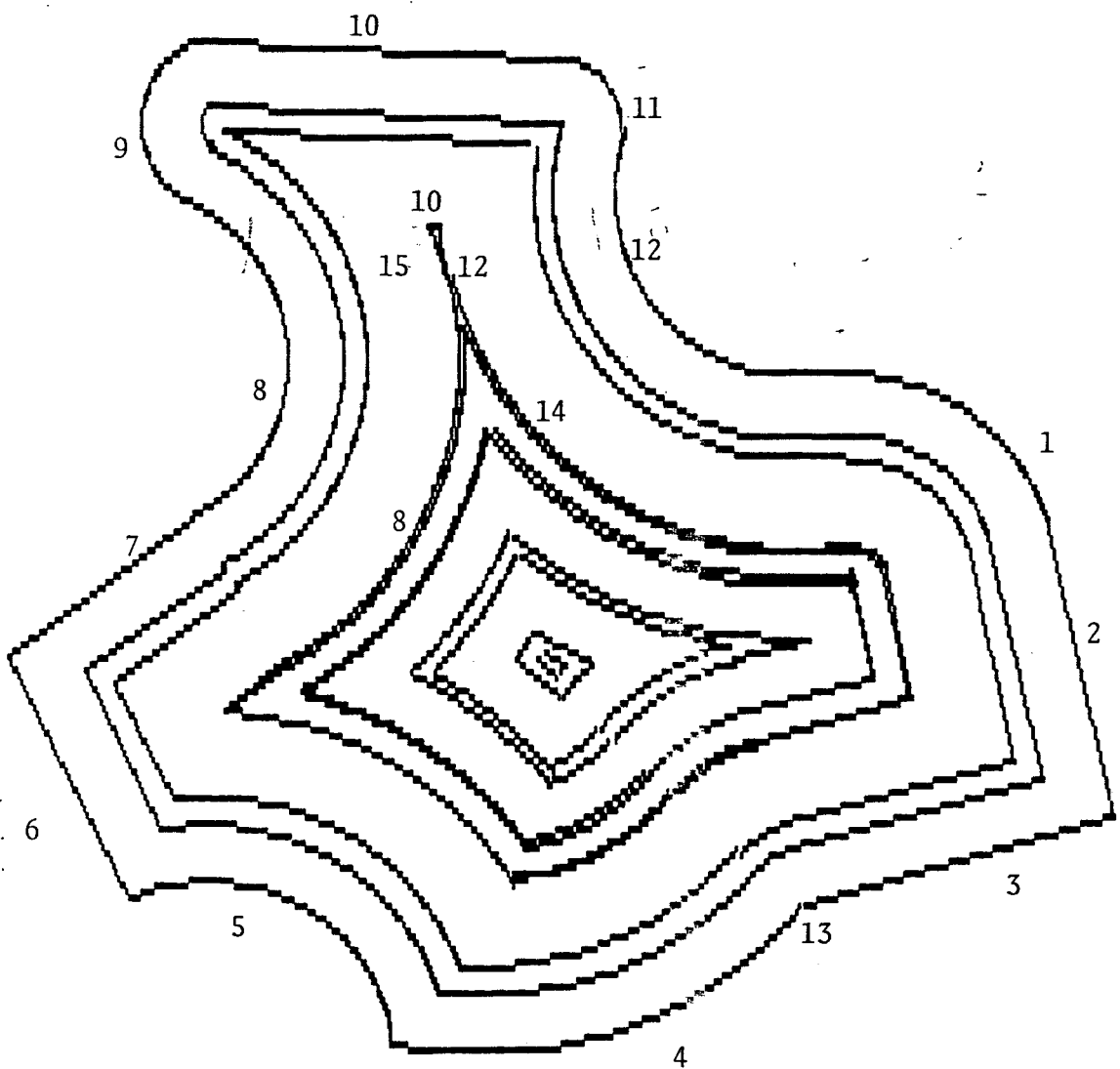
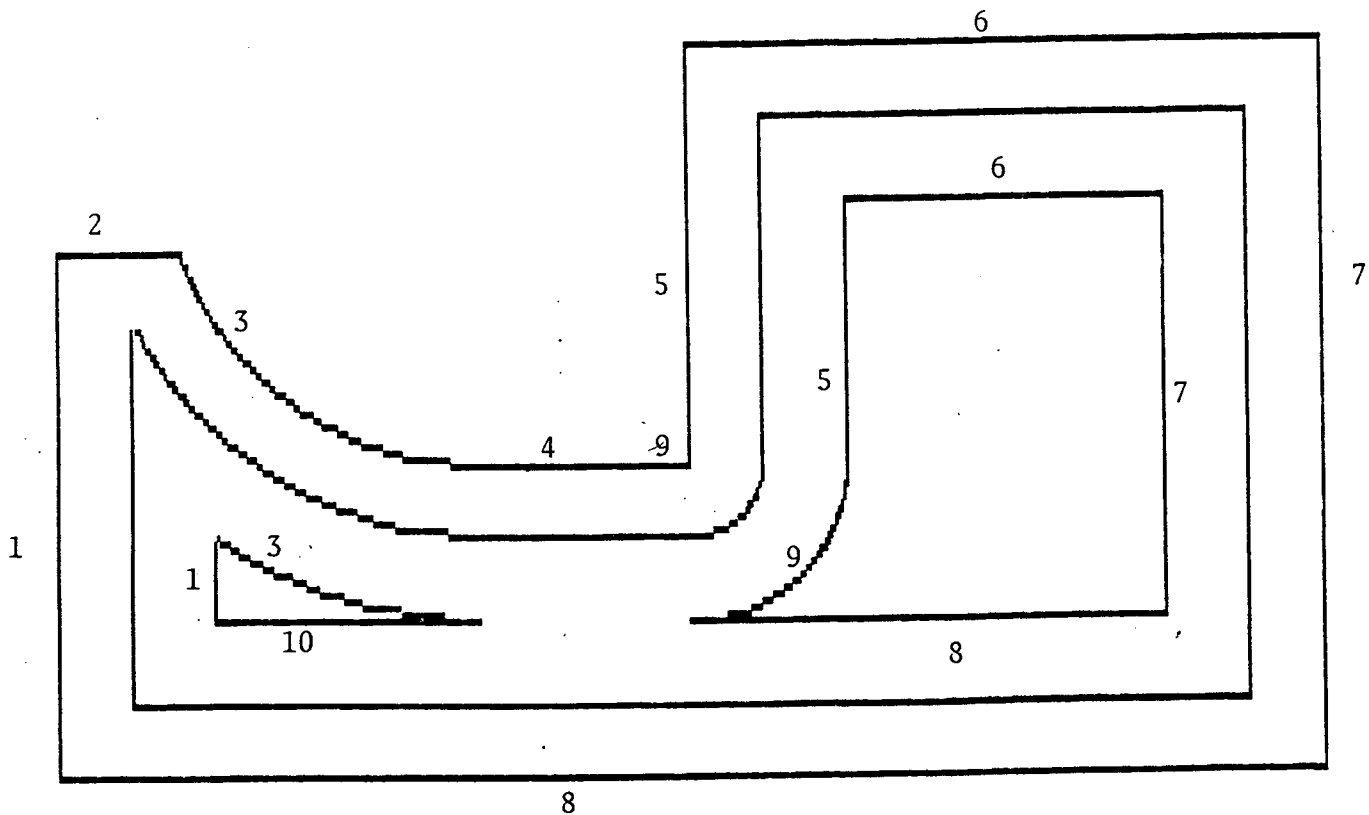
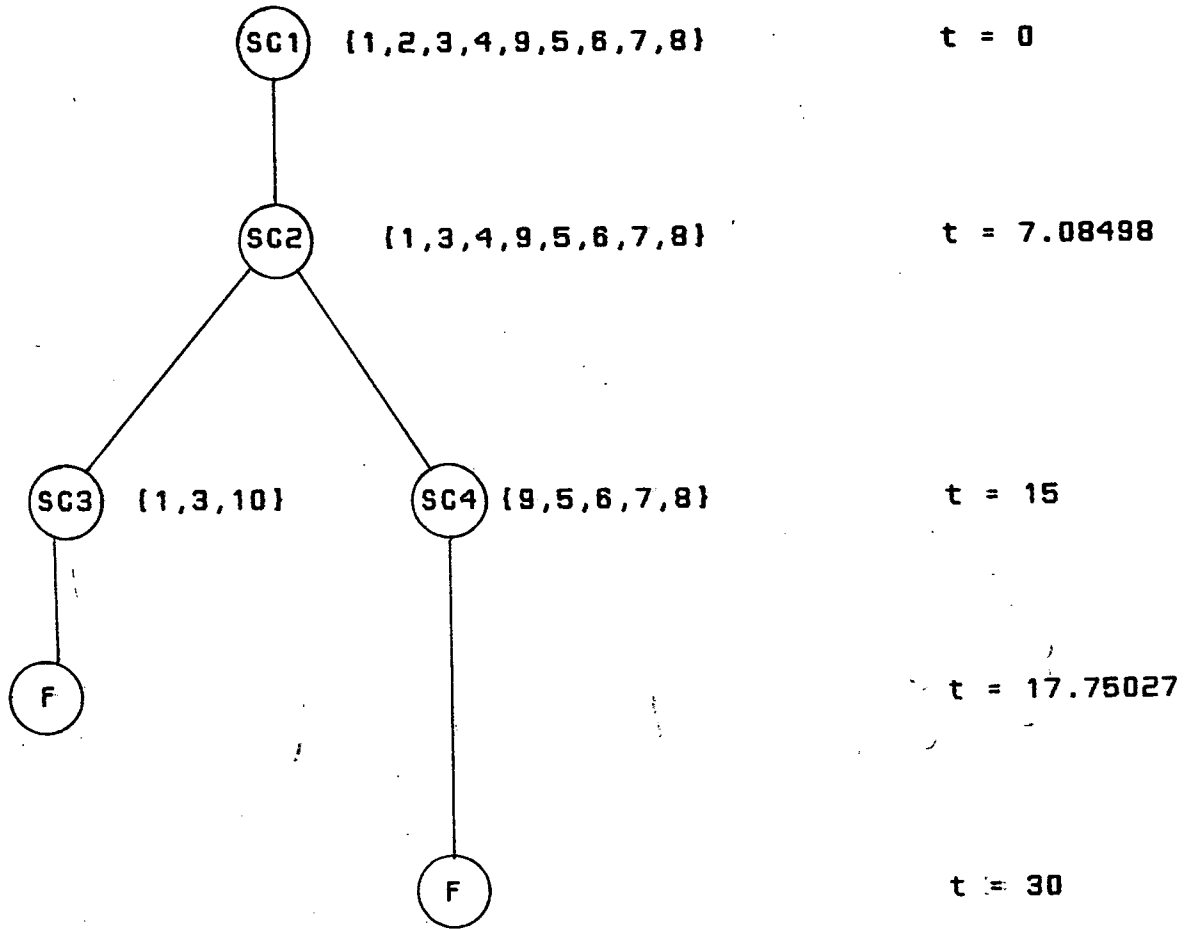
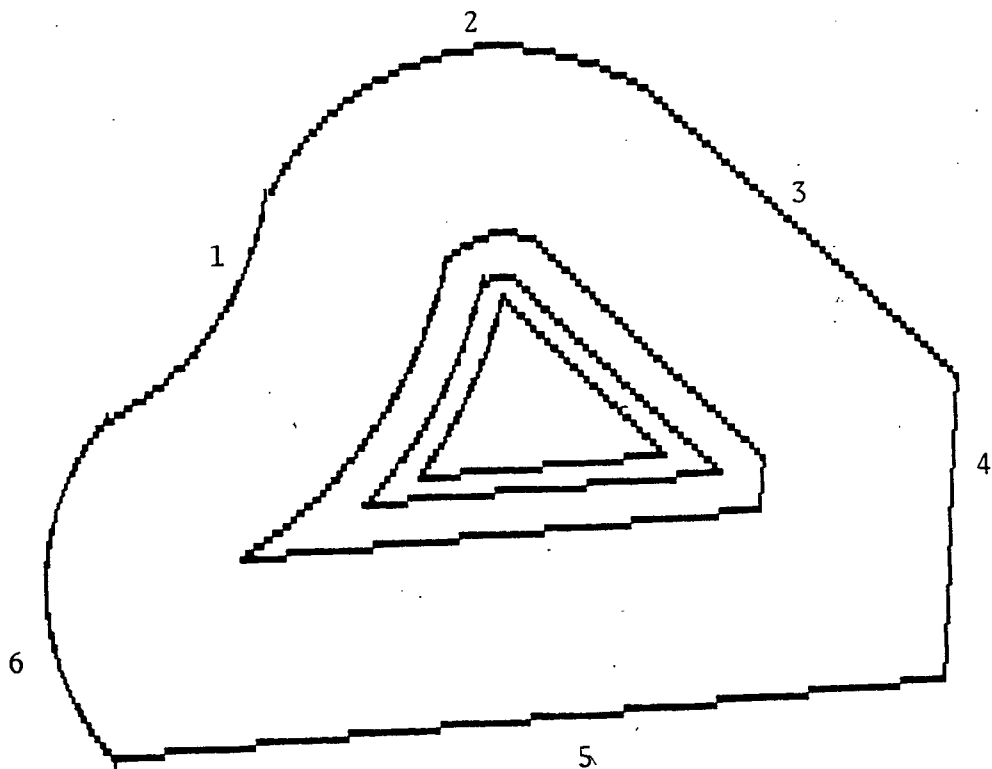
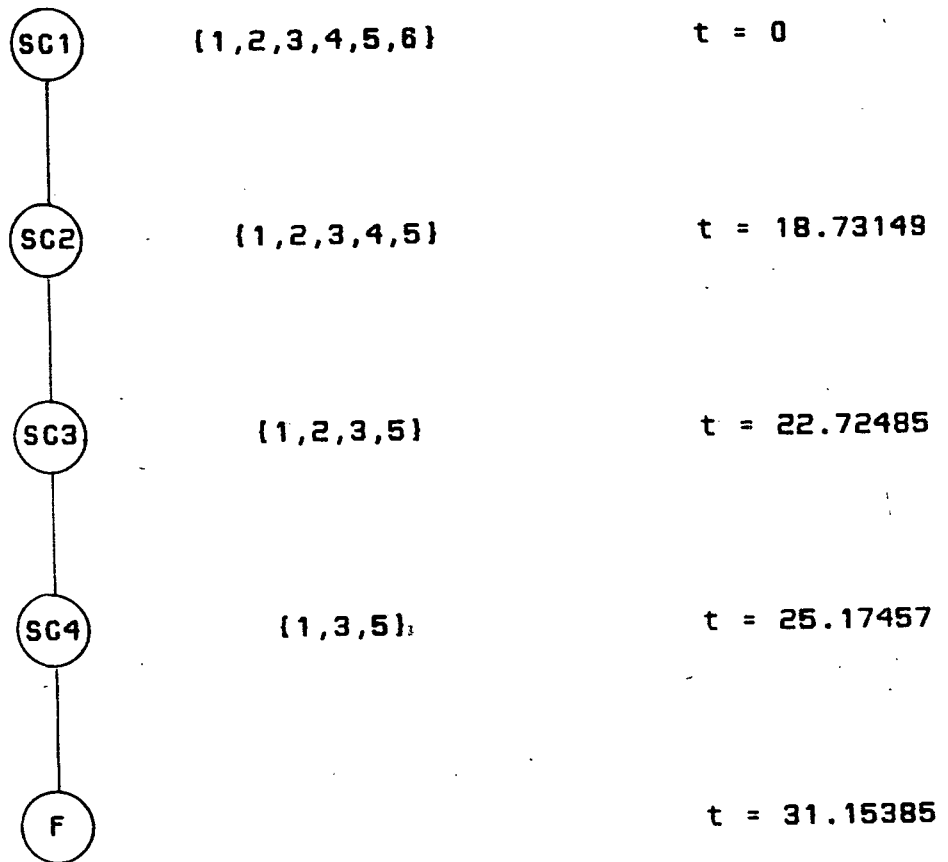


Figura C.5b - Subcontornos da cavidade de nº 05



Figuras C.6a e C.6b - Subcontornos da cavidade nº 06



Figuras C.7a e C.7b - Subcontornos da cavidade nº 07

APÊNDICE D

Este apêndice fornece saídas pelo vídeo do caminho da ferramenta, e também saída hipotéticas de pós-processamento para os contornos iniciais do apêndice B.

DIAMETRO DA FRESA =	6
% DE CORTE =	82 %
% DE ACABAMENTO =	13 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	30
PLANO (Z) DA BASE =	27
PROFUNDIDADE DO PASSE =	3
N DE PASSE DE PROFUND. =	1
INCREMENTO NA PROFUNDID. =	3
ROTACAO DA FRESA =	3200
AVANCO DA FRESA =	290
AVANCO NO ACABAMENTO =	100

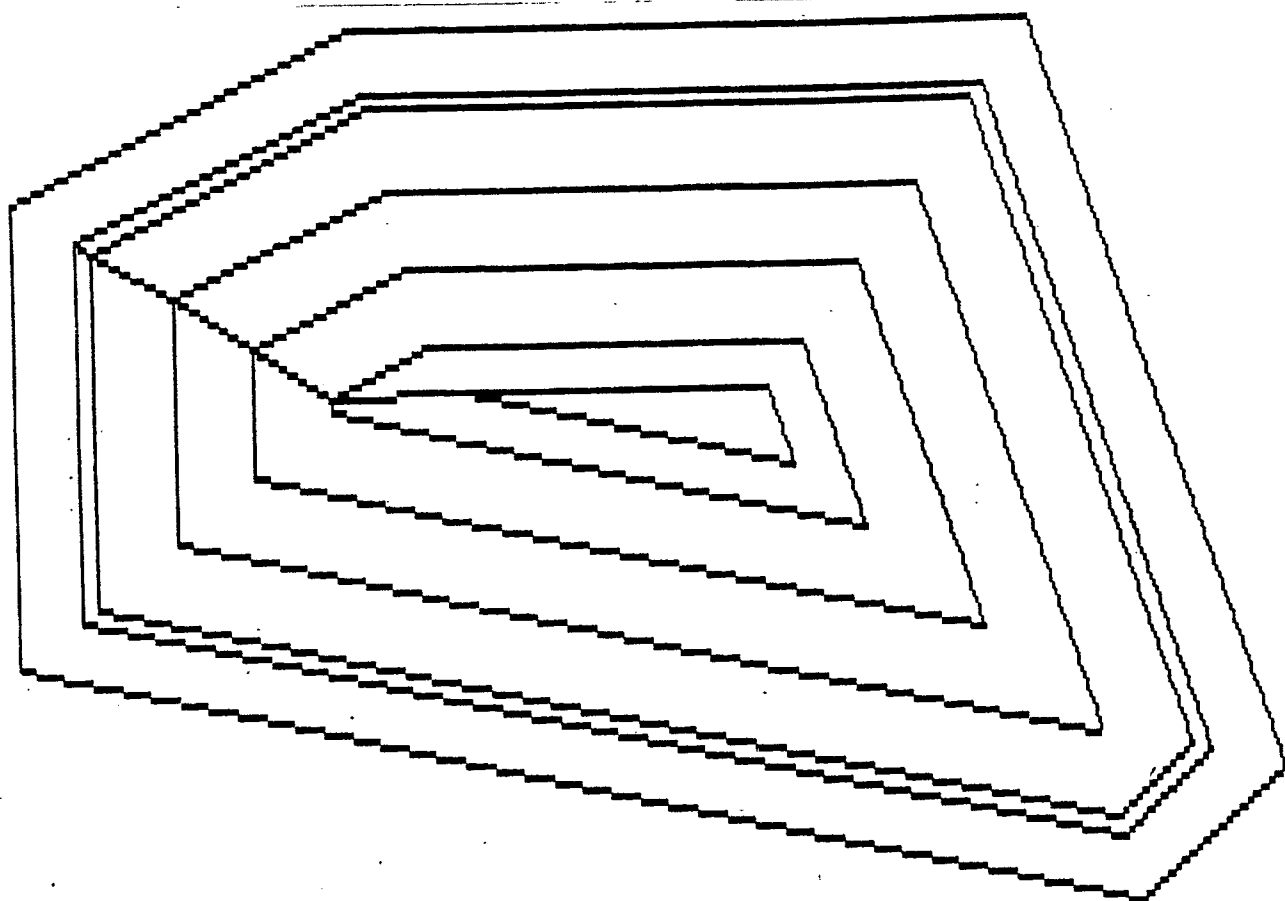


Fig. D.1 - Saída pelo vídeo da cavidade 01 (Fig. B.1)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 30000
 N25 T01 M06
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 3200 M03
 N40 G00 G90 X 34979 Y 46847
 N45 G01 G91 Z-8000F 290
 N50 G90 X 49458 Y 46847
 N55 X 50578 Y 43325
 N60 X 34979 Y 46847
 N65 X 28940 Y 46767
 N70 X 33527 Y 49060
 N75 X 51076 Y 49060
 N80 X 53858 Y 40316
 N85 X 28940 Y 45943
 N90 X 28940 Y 46767
 N95 X 25220 Y 49066
 N100 X 32649 Y 52780
 N105 X 53796 Y 52780
 N110 X 59371 Y 35257
 N115 X 25220 Y 42969
 N120 X 25220 Y 49066
 N125 X 21500 Y 51365
 N130 X 31771 Y 56500
 N135 X 56516 Y 56500
 N140 X 64796 Y 30476
 N145 X 64574 Y 30269
 N150 X 21500 Y 39995
 N155 X 21500 Y 51365
 N160 X 17780 Y 53664
 N165 X 30892 Y 60220
 N170 X 59236 Y 60220
 N175 X 69023 Y 29461
 N180 X 65563 Y 26232
 N185 X 17780 Y 37022
 N190 X 17780 Y 53664
 N195 X 17000 Y 54146
 N200 X 30708 Y 61000 F 100
 N205 X 59806 Y 61000
 N210 X 69909 Y 29248
 N215 X 65770 Y 25385
 N220 X 17000 Y 36398
 N225 X 17000 Y 54146
 N230 G00 G91 Z 200000
 N235 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N240 T99 M06
 N245 M22
 N250 M30

Tab. D.1 -Saída de pós-processamento da Cavidade 01 (Fig. 6.1)

DIAMETRO DA FRESA =	18
% DE CORTE =	70 %
% DE ACABAMENTO =	22 %

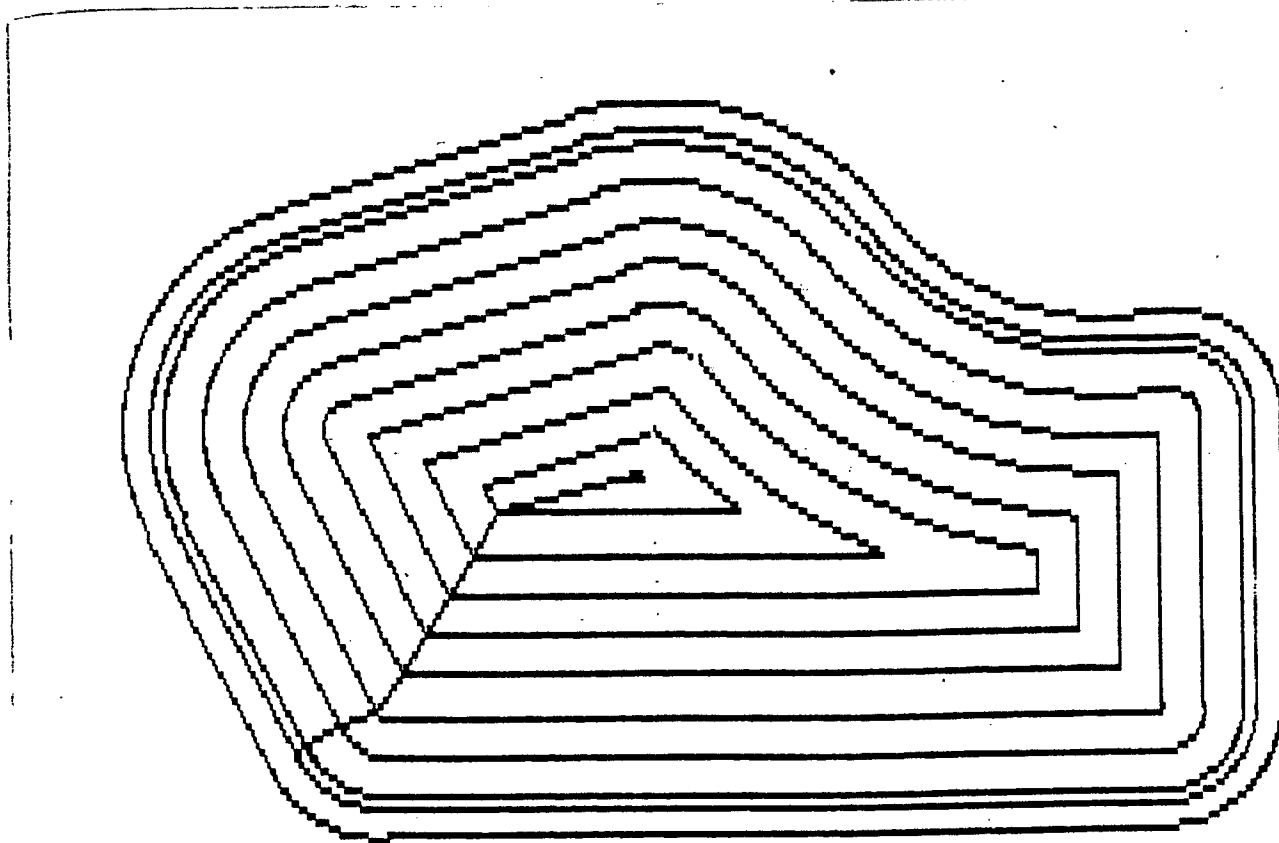


Fig. D.2a - Saída pelo vídeo da cavidade 02 (Fig. B.2)

DIAMETRO DA FRESA =	42
% DE CORTE =	74 %
% DE ACABAMENTO =	15 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	23
PLANO (Z) DA BASE =	20
PROFUNDIDADE DO PASSE =	5
N DE PASSE DE PROFUND. =	1
INGREMENTO NA PROFUNDID. =	3
ROTACAO DA FRESA =	3000
AVANCO DA FRESA =	300
AVANCO NO ACABAMENTO =	100

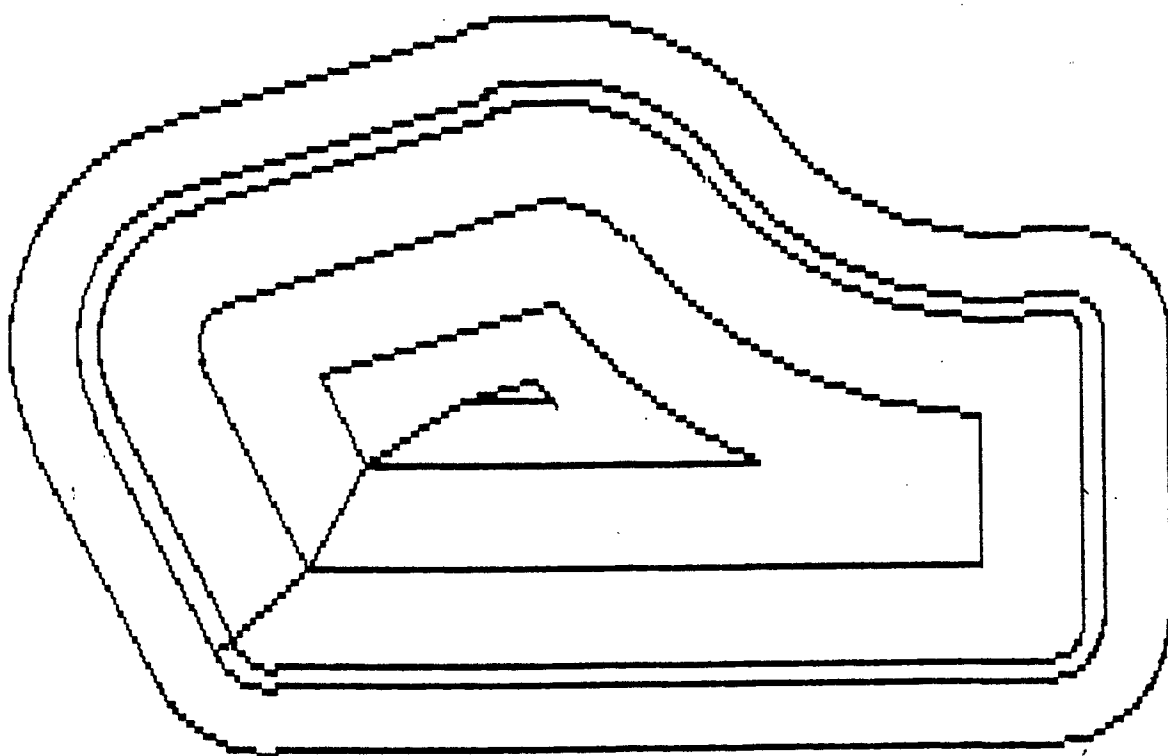


Fig. D.2b - Saída pelo vídeo da cavidade 02 (Fig. B.2)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 23000
 N25 T01 M06
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 3000 M03
 N40 G00 G90 X 149930 Y 133062
 N45 G01 G91 Z-8000F 300
 N50 G90 X 170544 Y 139535
 N55 G03 X 176667 Y 133062 I 145456 J 131465
 N60 G01 X 149930 Y 133062
 N65 X 119539 Y 112460
 N70 X 104923 Y 140525
 N75 X 177478 Y 163308
 N80 G03 X 240825 Y 112480 I 138522 J 107694
 N85 G01 X 119539 Y 112460
 N90 X 100614 Y 81380
 N95 X 67695 Y 144592
 N100 G02 X 75920 Y 163995 I 12305 J 6408
 N105 G01 X 169127 Y 193260
 N110 G02 X 201498 Y 183049 I 8873 J-28260
 N115 G03 X 311620 Y 126686 I 114502 J 87951
 N120 G01 X 311620 Y 81380
 N125 X 100614 Y 81380
 N130 X 77577 Y 58197
 N135 X 40075 Y 130208
 N140 G02 X 66610 Y 193647 I 39925 J 20792
 N145 G01 X 159817 Y 222913
 N150 G02 X 226144 Y 201980 I 18183 J-57913
 N155 G03 X 335875 Y 159418 I 89856 J 69020
 N160 G02 X 342700 Y 153101 I 1125 J-6317
 N165 G01 X 342700 Y 62000
 N170 G02 X 331000 Y 50300 I-11700 J 0
 N175 G01 X 90641 Y 50300
 N180 G02 X 77577 Y 58197 I 0 J 14700
 N185 G01 X 71979 Y 55281
 N190 X 34476 Y 127292 F 100
 N195 G02 X 64722 Y 199658 I 45524 J 23708
 N200 G01 X 157929 Y 228923
 N205 G02 X 231140 Y 205818 I 20071 J-63923
 N210 G03 X 334777 Y 165581 I 84860 J 65182
 N215 G02 X 349000 Y 153101 I 2223 J-12480
 N220 G01 X 349000 Y 62000
 N225 G02 X 331000 Y 44000 I-18000 J 0
 N230 G01 X 90641 Y 44000
 N235 G02 X 71979 Y 55281 I 0 J 21000
 N240 G00 G91 Z 200000
 N245 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N250 T99 M06
 N255 M22
 N260 M30

Tab. 0.2 -Saída de pós-processamento da Cavidade 02 (Fig. B.2)

DIAMETRO DA FRESA =	3
% DE CORTE =	57.5 %
% DE ACABAMENTO =	22 %

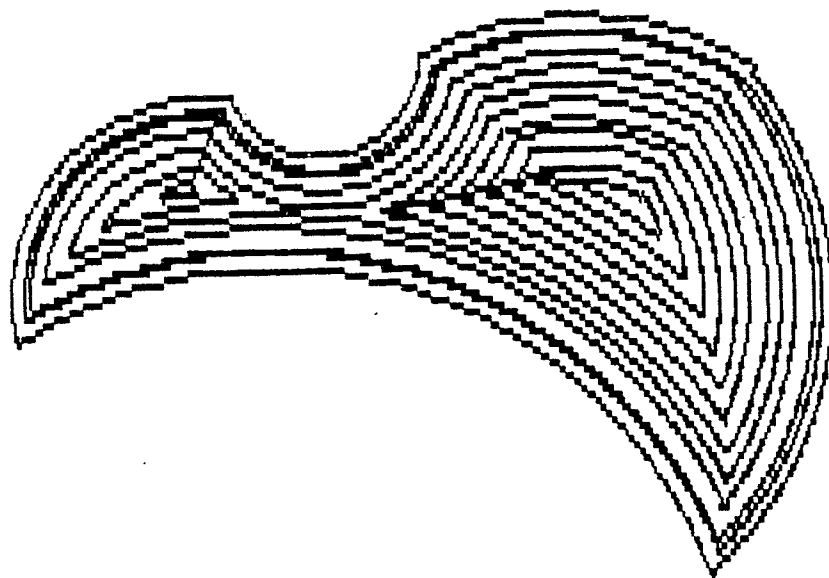


Fig. D.3a - Saída pelo vídeo da cavidade 03 (Fig. B.3)

DIAMETRO DA FRESA =	6
% DE CORTE =	73 %
% DE ACABAMENTO =	22 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	30
PLANO (Z) DA BASE =	27
PROFUNDIDADE DO PASSE =	5
N DE PASSE DE PROFUND. =	1
INGREMENTO NA PROFUNDID. =	3
ROTACAO DA FRESA =	2750
AVANCO DA FRESA =	280
AVANCO NO ACABAMENTO =	90

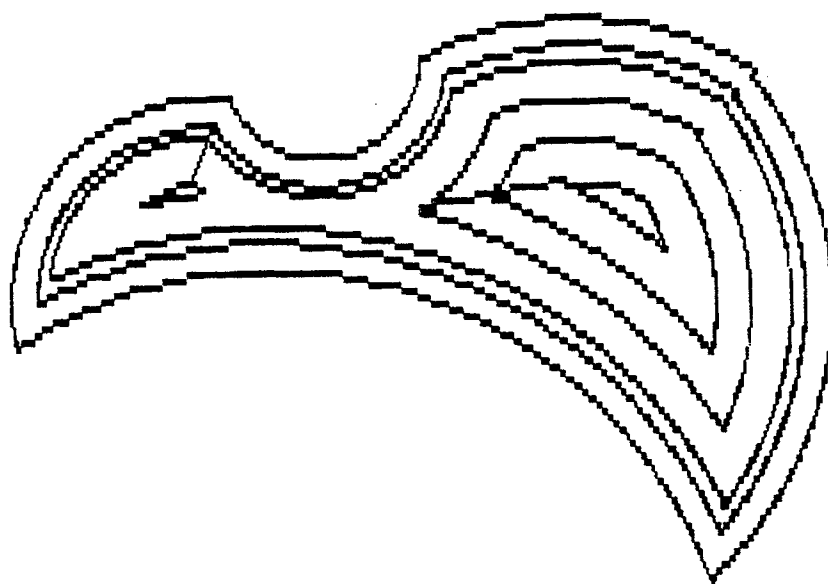


Fig. D.3b - Saída pelo vídeo da cavidade 03 (Fig. B.3)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 30000
 N25 T01 M06
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 2750 M03
 N40 G00 G90 X 67240 Y 66978
 N45 G01 G91 Z-8000F 280
 N50 G90 G02 X 75747 Y 65287 I 1189 J-16264
 N55 X 78073 Y 59523 I-19247 J-11120
 N60 G03 X 67240 Y 66978 I-43079 J-51002
 N65 G01 X 59709 Y 65797
 N70 G03 X 62704 Y 70593 I-18209 J 14703
 N75 G02 X 78872 Y 68572 I 5725 J-19879
 N80 X 82574 Y 48863 I-22372 J-14405
 N85 G03 X 59709 Y 65797 I-47580 J-40342
 N90 G01 X 51744 Y 64247
 N95 G03 X 59565 Y 73960 I-10244 J 16253
 N100 G02 X 81847 Y 71664 I 8864 J-23246
 N105 X 83886 Y 40073 I-25347 J-17497
 N110 G03 X 51744 Y 64247 I-48892 J-31552
 N115 G00 G91 Z 23000
 N120 G90 X 27466 Y 67379
 N125 G91 Z -15000
 N130 G01 Z -8000
 N135 G90 G03 X 28508 Y 66347 I 14034 J 13121
 N140 X 21790 Y 65192 I 6486 J-57826
 N145 G02 X 27466 Y 67379 I 7358 J-10636
 N150 G01 X 29440 Y 71867
 N155 G03 X 55956 Y 77181 I 12060 J 8633
 N160 G02 X 84948 Y 74864 I 12473 J-26467
 N165 X 83561 Y 31687 I-28448 J-20697
 N170 G03 X 12036 Y 57187 I-48567 J-23166
 N175 G02 X 29440 Y 71867 I 17112 J-2631
 N180 G01 X 30154 Y 73162
 N185 G03 X 54794 Y 78085 I 11346 J 7338 F 90
 N190 G02 X 85881 Y 75824 I 13635 J-27371
 N195 X 83202 Y 29283 I-29381 J-21657
 N200 G03 X 10519 Y 54955 I-48208 J-20762
 N205 G02 X 30154 Y 73162 I 18629 J-399
 N210 G00 G91 Z 200000
 N215 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N220 T99 M06
 N225 M22
 N230 M30

Tab. D.3 -Saída de pós-processamento da Cavidade 03 (Fig. B.3)

DIAMETRO DA FRESA =	9
% DE CORTE =	69 %
% DE ACABAMENTO =	25 %

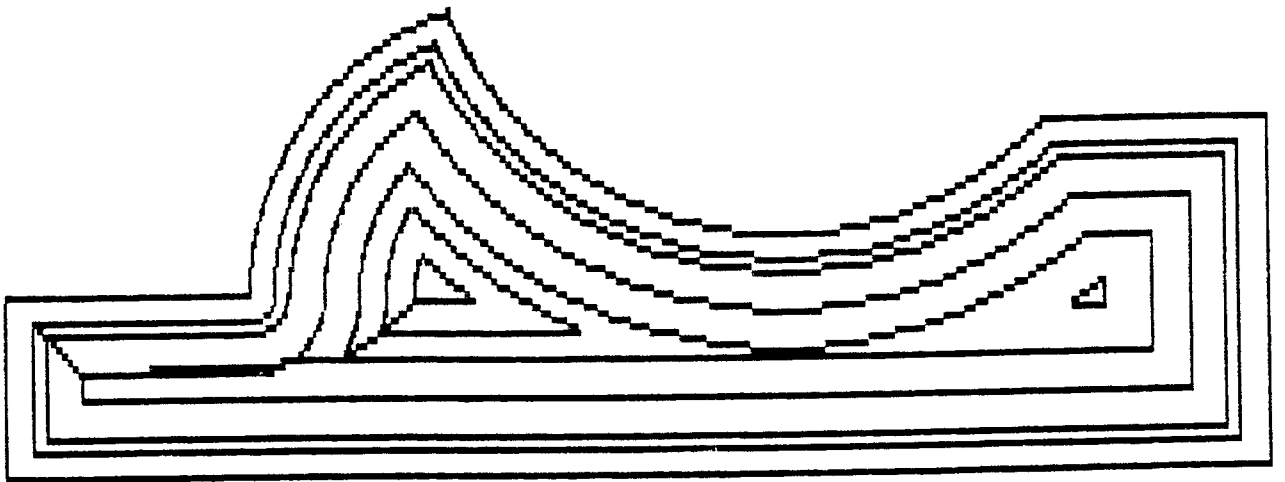


Fig. D.4a - Saída pelo vídeo da cavidade 04 (Fig. B.4)

DIAMETRO DA FRESA =	12
% DE CORTE =	72 %
% DE ACABAMENTO =	18 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	8
PLANO (Z) DA BASE =	5
PROFUNDIDADE DO PASSE =	3
N. DE PASSE DE PROFUND. =	1
INCREMENTO NA PROFUNDID. =	3
ROTACAO DA FRESA =	3300
AVANCO DA FRESA =	298
AVANCO NO ACABAMENTO =	115

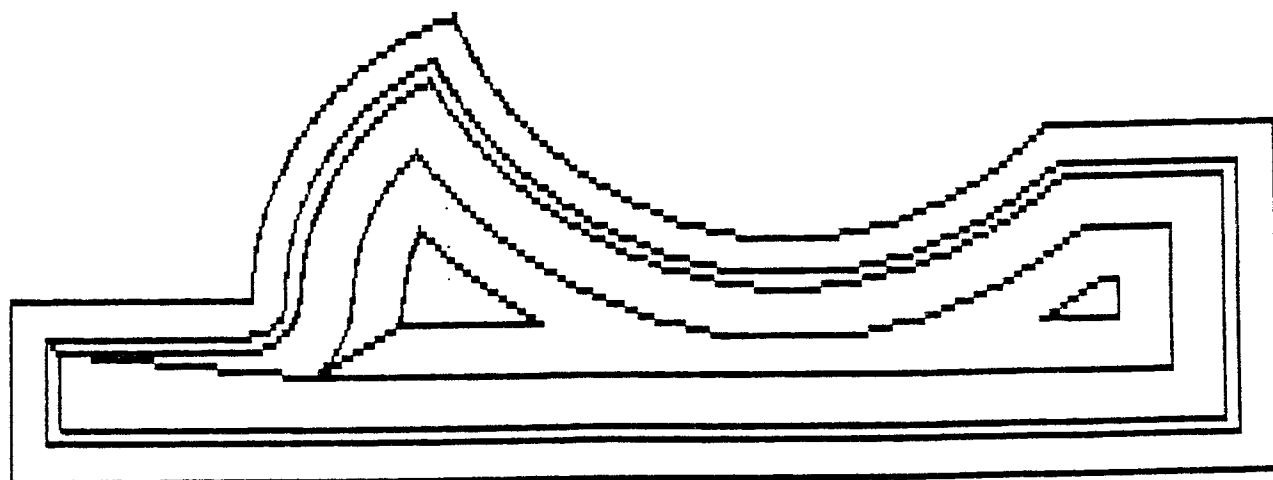


Fig. D.4b - Saída pelo vídeo da cavidade 04 (Fig. B.4)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 8000
 N25 T01 M06
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 3300 M03
 N40 G00 G90 X 171723 Y 25440
 N45 G01 G91 Z-8000F 296
 N50 G90 G03 X 182458 Y 32560 I-41723 J 74560
 N55 G01 X 184560 Y 32560
 N60 X 184560 Y 25440
 N65 X 171723 Y 25440
 N70 G00 G91 Z 23000
 N75 G90 X 65028 Y 25440
 N80 G91 Z -15000
 N85 G01 Z -8000
 N90 G90 G03 X 85440 Y 30000 I-25028 J 4560
 N95 G02 X 68097 Y 41110 I 24560 J 0
 N100 G03 X 88277 Y 25440 I 61903 J 58890
 N105 G01 X 65028 Y 25440
 N110 X 50392 Y 16800
 N115 G03 X 56800 Y 30000 I-10392 J 13200
 N120 G02 X 67917 Y 54790 I 33200 J 0
 N125 G03 X 179404 Y 41200 I 62083 J 45210
 N130 G01 X 193200 Y 41200
 N135 X 193200 Y 16800
 N140 X 50392 Y 16800
 N145 X 8160 Y 21840
 N150 X 40000 Y 21840
 N155 G03 X 48160 Y 30000 I 0 J 8160
 N160 G02 X 70385 Y 66957 I 41840 J 0
 N165 G03 X 176149 Y 49840 I 59615 J 33043
 N170 G01 X 201840 Y 49840
 N175 X 201840 Y 8160
 N180 X 8160 Y 8160
 N185 X 8160 Y 21840
 N190 X 6000 Y 24000
 N195 X 40000 Y 24000 F 115
 N200 G03 X 46000 Y 30000 I 0 J 6000
 N205 G02 X 71300 Y 69829 I 44000 J 0
 N210 G03 X 175299 Y 52000 I 58700 J 30171
 N215 G01 X 204000 Y 52000
 N220 X 204000 Y 6000
 N225 X 6000 Y 6000
 N230 X 6000 Y 24000
 N235 G00 G91 Z 200000
 N240 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N245 T99 M06
 N250 M22
 N255 M30

Tab. D.4 -Saída de pós-processamento da Cavidade 04 (Fig. B.4)

DIAMETRO DA FRESA =	4
% DE CORTE =	72 %
% DE ACABAMENTO =	20 %

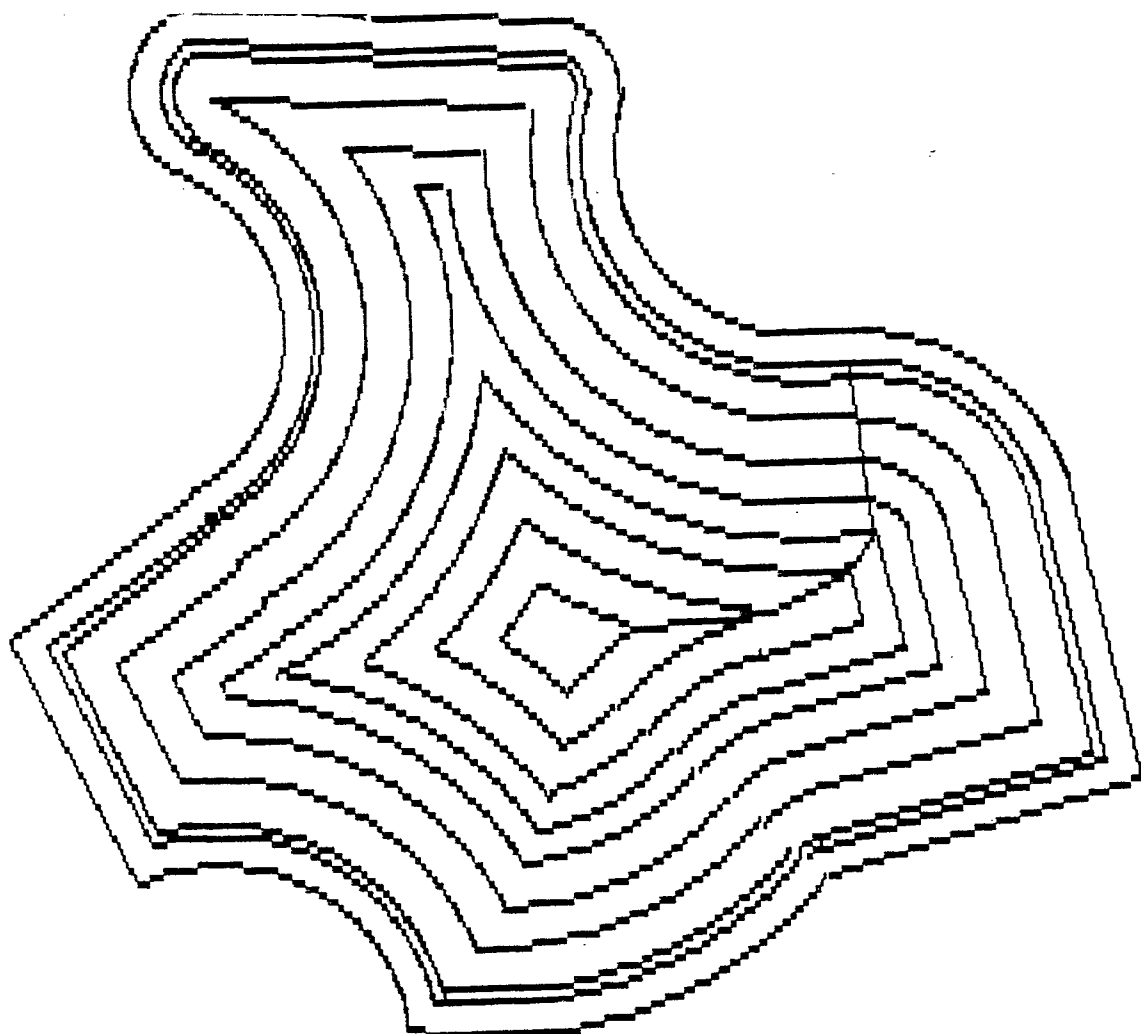


Fig. D.5a - Saída pelo vídeo da cavidade 05 (Fig. B.5)

DIAMETRO DA FRESA =	10
% DE CORTE =	72 %
% DE ACABAMENTO =	17 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	15
PLANO (Z) DA BASE =	12
PROFUNDIDADE DO PASSE =	4
N DE PASSE DE PROFUND. =	1
INCREMENTO NA PROFUNDID. =	3
ROTACAO DA FRESA =	3250
AVANCO DA FRESA =	295
AVANCO NO ACABAMENTO =	90

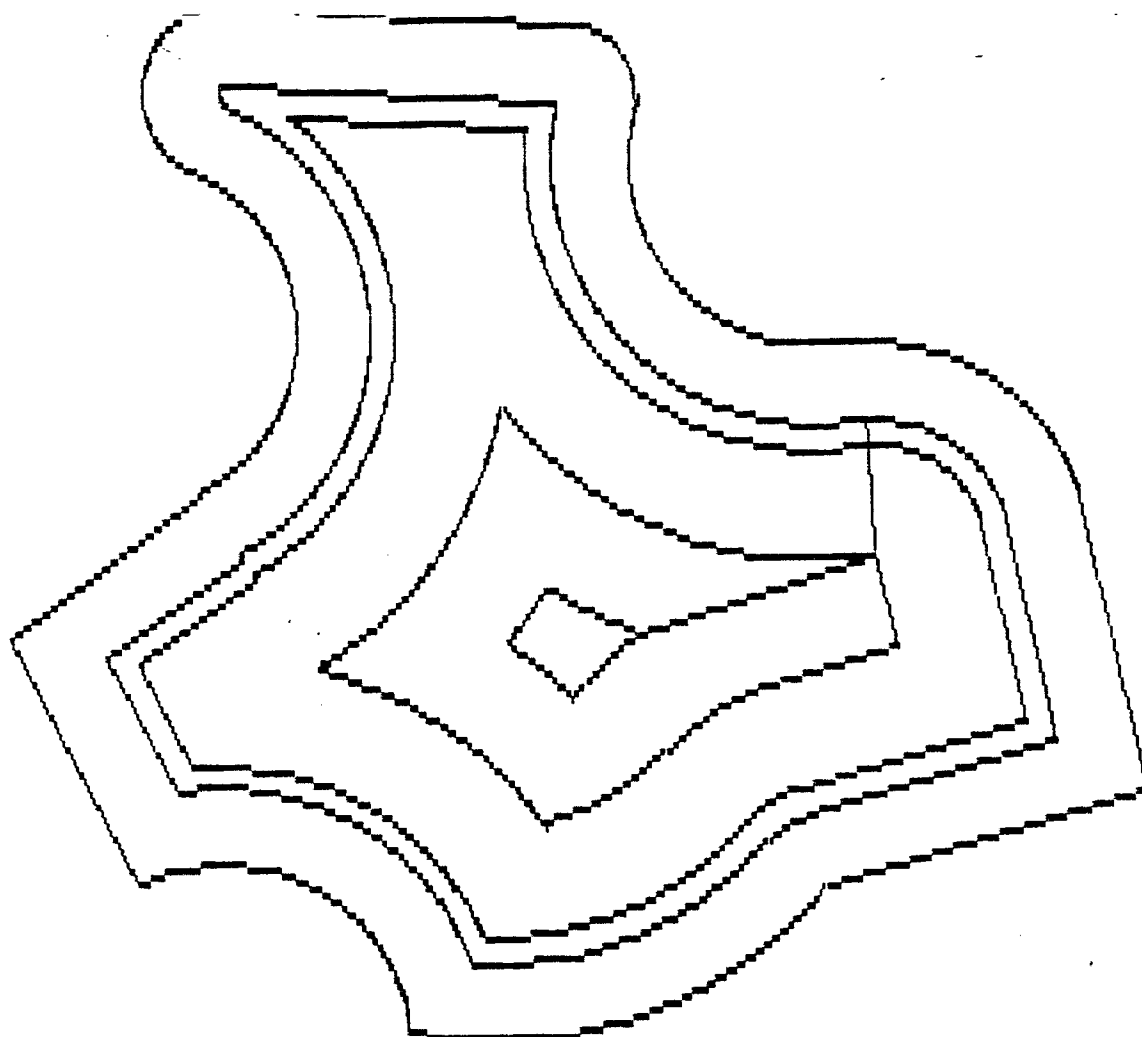


Fig. D.5b - Saída pelo vídeo da cavidade 05 (Fig. B.5)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 15000
 N25 T01 M08
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 3250 M03
 N40 G00 G90 X 63520 Y 47848
 N45 G01 G91 Z-8000F 295
 N50 G90 G03 X 80071 Y 44634 I 12480 J-16848
 N55 G02 X 59312 Y 43874 I-5852 J 5085
 N60 G03 X 54941 Y 47575 I-23610 J-23453
 N65 X 57286 Y 50948 I-25521 J 20245
 N70 X 63520 Y 47848 I 17964 J 28302
 N75 G01 X 79185 Y 53090
 N80 X 80590 Y 46768
 N85 X 72159 Y 44359
 N90 G03 X 65458 Y 40060 I 3841 J-13359
 N95 G02 X 57330 Y 35229 I-11239 J 9659
 N100 G03 X 42285 Y 45793 I-21628 J-14808
 N105 X 54451 Y 62902 I-12865 J 22027
 N110 X 79185 Y 53090 I 20799 J 16348
 N115 G01 X 78898 Y 60344
 N120 G02 X 86036 Y 55451 I 269 J-7261
 N125 G01 X 89090 Y 41708
 N130 X 74159 Y 37442
 N135 G03 X 70919 Y 35367 I 1841 J-6442
 N140 G02 X 53257 Y 27720 I-16700 J 14352
 N145 G03 X 33821 Y 39339 I-17555 J-7299
 N150 G01 X 30493 Y 45995
 N155 X 38097 Y 51697
 N160 G03 X 40683 Y 82255 I-8677 J 16123
 N165 G01 X 56120 Y 81442
 N170 G03 X 78898 Y 60344 I 19130 J-2192
 N175 G01 X 78695 Y 62036
 N180 G02 X 87675 Y 55913 I 472 J-8953 F 90
 N185 G01 X 91097 Y 40514
 N190 X 74626 Y 35808
 N195 G03 X 72189 Y 34236 I 1374 J-4808
 N200 G02 X 52056 Y 26098 I-17970 J 15483
 N205 G03 X 32843 Y 37495 I-16354 J-5677
 N210 G01 X 28338 Y 46504
 N215 X 37181 Y 53136
 N220 G03 X 36336 Y 82921 I-7761 J 14684
 N225 G02 X 36115 Y 84198 I 718 J 782
 N230 G01 X 58109 Y 83040
 N235 G03 X 78695 Y 62036 I 17141 J-3790
 N240 G00 G91 Z 200000
 N245 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N250 T99 M08
 N255 M22
 N260 M30

Tab. 0.5 -Saída de pós-processamento da Cavidade 05 (Fig. 8.5)

DIAMETRO DA FRESA =	5
% DE CORTE =	71 %
% DE ACABAMENTO =	25 %

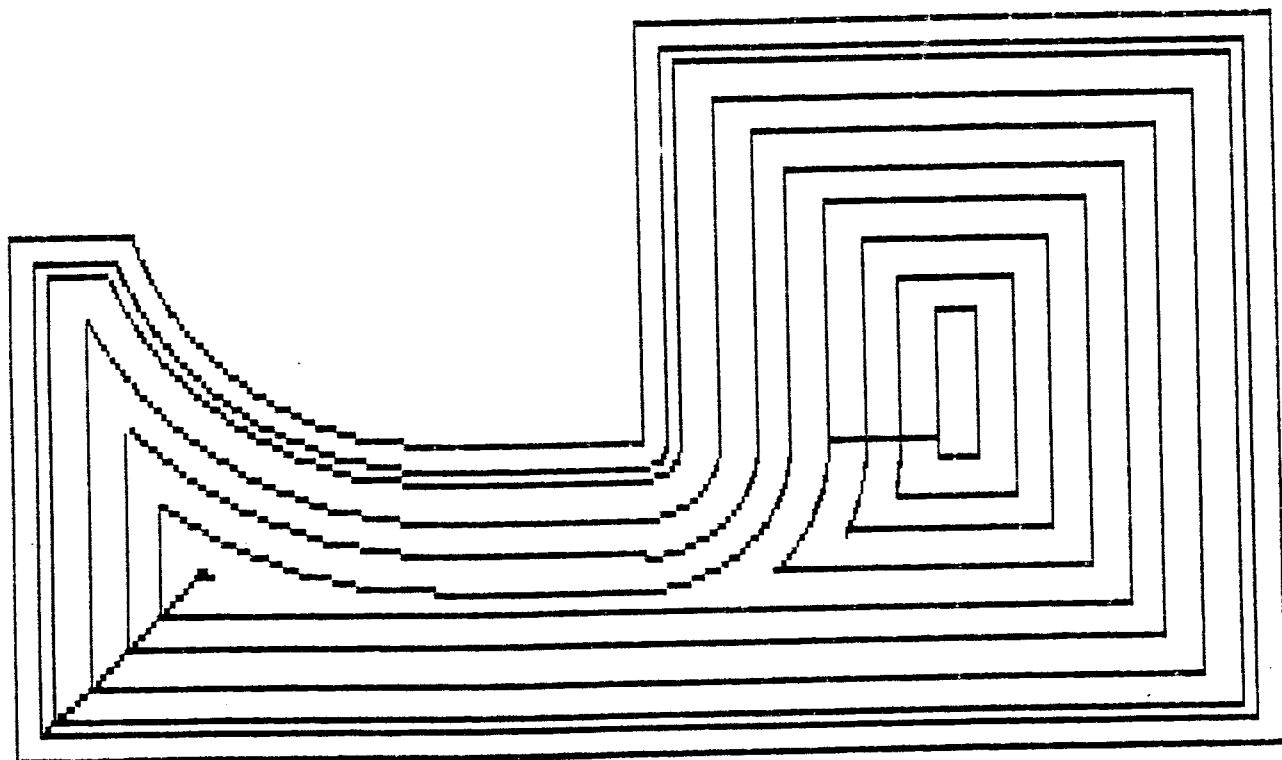


Fig. D.6a - Saída pelo vídeo da cavidade 06 (Fig. 8.6)

DIAMETRO DA FRESA =	12
% DE CORTE =	68 %
% DE ACABAMENTO =	22 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	30
PLANO (Z) DA BASE =	27
PROFUNDIDADE DO PASSE =	4
N DE PASSE OE PROFUND. =	1
INCREMENTO NA PROFUNDID. =	3
ROTACAO DA FRESA =	3450
AVANCO DA FRESA =	330
AVANCO NO ACABAMENTO =	110

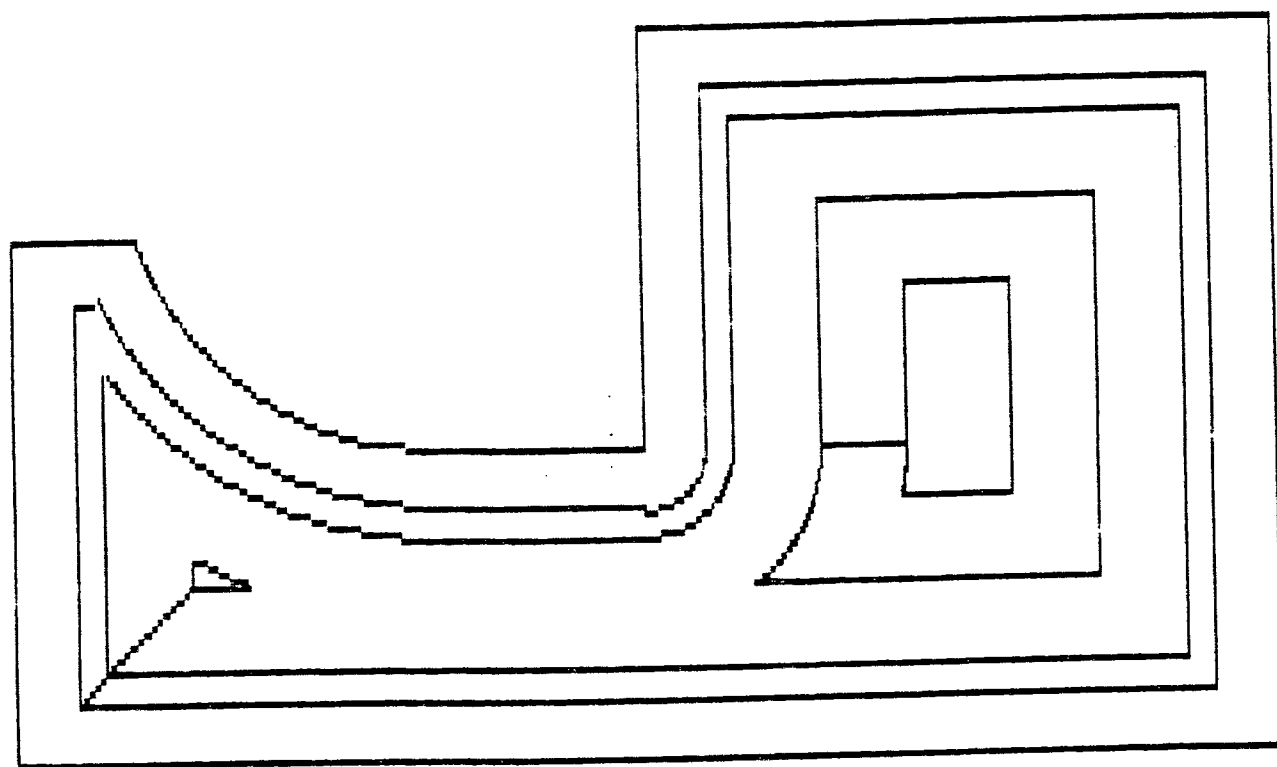


Fig. D.6b - Saída pelo vídeo da cavidade 03 (Fig. B.6)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 30000
 N25 T01 M06
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 3450 M03
 N40 G00 G90 X 84960 Y 30000
 N45 G01 G91 Z-8000F 330
 N50 G90 X 84960 Y 45040
 N55 X 95040 Y 45040
 N60 X 95040 Y 24960
 N65 X 84446 Y 24960
 N70 G03 X 84960 Y 30000 I-24446 J 5040
 N75 G01 X 76800 Y 30000
 N80 X 76800 Y 53200
 N85 X 103200 Y 53200
 N90 X 103200 Y 16800
 N95 X 70392 Y 16800
 N100 G03 X 76800 Y 30000 I-10392 J 13200
 N105 G00 G91 Z 23000
 N110 G90 X 16800 Y 16800
 N115 G91 Z -15000
 N120 G01 Z -8000
 N125 G90 X 16800 Y 19355
 N130 G03 X 22000 Y 16800 I 23200 J 40645
 N135 G01 X 16800 Y 16800
 N140 X 8640 Y 8640
 N145 X 8640 Y 37426
 N150 G03 X 40000 Y 21360 I 31360 J 22574
 N155 G01 X 60000 Y 21360
 N160 G03 X 88640 Y 30000 I 0 J 8640
 N165 G01 X 68640 Y 61360
 N170 X 111360 Y 61360
 N175 X 111360 Y 8640
 N180 X 8640 Y 8640
 N185 X 6000 Y 6000
 N190 X 6000 Y 44000 F 110
 N195 X 7751 Y 44000
 N200 G03 X 40000 Y 24000 I 32249 J 16000
 N205 G01 X 60000 Y 24000
 N210 G03 X 66000 Y 30000 I 0 J 6000
 N215 G01 X 66000 Y 64000
 N220 X 114000 Y 64000
 N225 X 114000 Y 6000
 N230 X 6000 Y 6000
 N235 G00 G91 Z 200000
 N240 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N245 T99 M06
 N250 M22
 N255 M30

Tab. D.6 -Saída de pós-processamento da Cavidade 06 (Fig. B.6)

DIAMETRO DA FRESA =	20
% DE CORTE =	69 %
% DE ACABAMENTO =	16 %

PLANO (Z) DA SUPERFICIE =	10
PLANO (Z) DA BASE =	5
PROFUNDIDADE DO PASSE =	3
N DE PASSE DE PROFUND. =	2
INCREMENTO NA PROFUNDID. =	2.5
ROTACAO DA FRESA =	3200
AVANCO DA FRESA =	310
AVANCO NO ACABAMENTO =	110

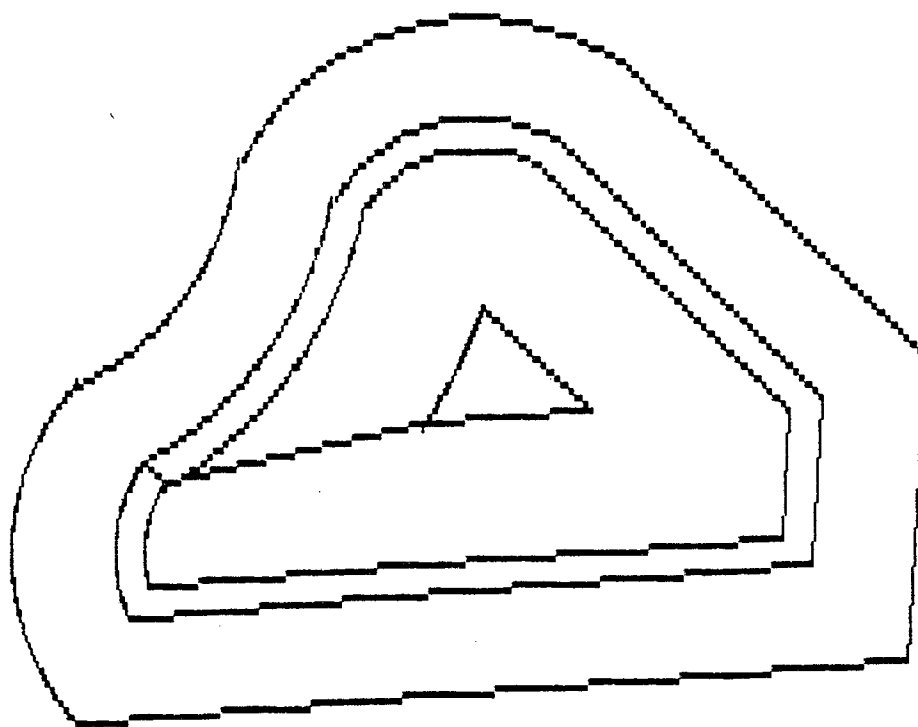


Fig. D.7 - Saída pelo vídeo da cavidade 07 (Fig. 8.7)

N05 %
 N10 G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0
 N15 G53 X450000
 N20 G54 X 0 Y 0 Z 10000
 N25 T01 M06
 N30 M21
 N35 G43 Z 5000 S 3200 M03
 N40 G00 G90 X 46288 Y 33581
 N45 G01 G91 Z-7500F 310
 N50 G90 G03 X 52181 Y 45635 I-46854 J 30376
 N55 G01 X 63011 Y 34805
 N60 X 46288 Y 33581
 N65 X 20679 Y 27682
 N70 G03 X 40576 Y 55320 I-21245 J 36275
 N75 G02 X 57839 Y 59494 I 11002 J-7718
 N80 G01 X 82431 Y 34902
 N85 X 81593 Y 22327
 N90 X 19140 Y 17758
 N95 G02 X 20679 Y 27682 I 11860 J 3242
 N100 G01 X 18455 Y 30095
 N105 G03 X 37565 Y 56573 I-19021 J 33862 F 110
 N110 G02 X 59777 Y 62080 I 14013 J-8971
 N115 G01 X 85720 Y 36138
 N120 X 84600 Y 19339
 N125 X 16985 Y 14391
 N130 G02 X 18455 Y 30095 I 14015 J 6609
 N135 G00 G91 Z 25000
 N140G00 G90 X 46288 Y 33581
 N145 G91 Z -15000
 N150 G01 Z -10000
 N155G90 G03 X 52181 Y 45635 I-46854 J 30376
 N160G01 X 63011 Y 34805
 N165X 46288 Y 33581
 N170X 20679 Y 27682
 N175G03 X 40576 Y 55320 I-21245 J 36275
 N180G02 X 57839 Y 59494 I 11002 J-7718
 N185G01 X 82431 Y 34902
 N190X 81593 Y 22327
 N195X 19140 Y 17758
 N200G02 X 20679 Y 27682 I 11860 J 3242
 N205 G01 X 18455 Y 30095
 N210 G03 X 37565 Y 56573 I-19021 J 33862 F 110
 N215 G02 X 59777 Y 62080 I 14013 J-8971
 N220 G01 X 85720 Y 36138
 N225 X 84600 Y 19339
 N230 X 16985 Y 14391
 N235 G02 X 18455 Y 30095 I 14015 J 6609
 N240 G00 G91 Z 200000
 N245 G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05
 N250 T99 M06
 N255 M22
 N260 M30

Tab. 0.7 -Saída de pós-processamento da Cavidade 07 (Fig. B.7)

APÊNDICE E

Neste apêndice é apresentado os códigos universais utilizados na confecção dos programas CN, com seus respectivos significados.

- % : Início do programa;
- N : Número do bloco;
- G00 : Movimento rápido ponto a ponto;
- G01 : Interpolação linear com avanço especificado;
- G02 : Interpolação circular (horária);
- G03 : Interpolação circular (anti-horária);
- G40 : Cancelar correções da ferramenta;
- G53 : Coordenadas definidas em relação ao zero máquina;
- G90 : Coordenadas em valores absoluto;
- G91 : Coordenadas em valores relativo;
- xyz : Coordenadas cartesianas;
- B : Ângulo de giro em torno do eixo y;
- I : Parâmetro de interpolação para o eixo x;
- J : Parâmetro de interpolação para o eixo y;
- F : Avanço em (mm/min);
- S : Velocidade da árvore em (rot/min);
- T : Número de posição da ferramenta no magazine;
- T99 : Recolher a ferramenta;
- M03 : Sentido de rotação da árvore à direita;
- M05 : Parada da árvore;
- M06 : Trocar ferramenta;

M21 : Entrada do pallet;

M22 : Saída do pallet;

M30 : Fim do programa com retrocesso.

APÊNDICE F

A primeira parte deste apêndice apresenta o programa principal desenvolvido. Na segunda parte é apresentado o programa, que efetua a transferência dos elementos do contorno (procedentes do CADTEC ou AUTOCAD) para forma canônica a ser utilizada no programa principal.

Um disquete contendo os arquivos relacionados abaixo encontra-se disponível no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

CV6.DAD	CO6.DAD	CO1.DAD	CV5.DAD	PP2.DAD
NO1CV8.DAD	PG3.DAD	PP9.DAD	NO1CV7.DAD	PP4.DAD
GOTA.BAS	TRANS.BAS	CV7.DAD	CV8.DAD	PP5.DAD
PP7.DAD	PX2.DAD	TE7.DAD	VI3.DAD	TRANS.EXE
GOTA.EXE	PP6.DAD	PE1.DAD	G11.DAD	NO1PG3.DAD

PROGRAMA PRINCIPAL

```

1 REM Um disquete contendo este programa se encontra disponivel no Dep. de Enge-
  nharia de Producao da UFSC. Este disquete contem os dois programas fontes e com
  pilado (Microsoft versao 1.02), bem como exemplos alem dos da dissertacao.
2 REM
3 REM A falta de comentarios neste programa se justificou, pois trabalhou-se pro-
  ximo ao limite do editor do Basic, e agora pela necessidade de fechar o traba-
  lho. O autor deixara sempre seu ultimo endereco para qualquer auxilio.
4 CLEAR
5 KEY OFF
6 SCREEN 2
7 DIM XX(25,25),YY(25,25),TM(65),K1(25),K2(25),AR1(25),BR1(25),DR1(25),ANG(25),A
  NGC(25,2),ANGULO(25),K(25),TP$(25),AR2(25),BR2(25),DR2(25),INICIAL(65,9),PM1D5X$(
  65,9),PG$(300),PGF$(600),COEF(25,25),DPERC(65),DTESTE(65),T(65,9),DSUP(65)
8 DIM PONF1(250),PONF2(250),PONF3(250),PONF4(250),PONF5(250),DTESP(65)
9 DIM E$(25),EC$(25),PM1(25),PM2(25),PM3(25),PD2(25),PD5(25),PCANC(25),PCAPH(25)
  ,PDIFER(25),XXM(25),YYM(25),PONT1(250),PONT2(250),PONT3(250),PONT4(250),PONT5(25
  0),TEIN(250),TEIF(250),TE(250),TEF(250),MIRZ(250)
10 REM
12 XINFI = 8000 : YINFI = 8000 : XSUPRE = -8000 : YSUPRE = -8000
15 PRINT " SE CONTINUAR ENTRE COM O DIGITO - S - " : INPUT K$
18 IF K$ = "S" OR K$ = "s" THEN GOTO 20 ELSE END
20 REM

```

```

30 REM
35 N1=N
37 PRINT " SE FOR ENTRADA MANUAL INPUT M. SE ARQUIVO QUALQUER TECLA"
38 INPUT K$
39 IF K$ = "M" OR K$ = "m" THEN GOTO 65
40 CLS : FILES "*.DAD"
41 PRINT " ENTRE COM O NOME DO ARQUIVO"
42 INPUT ARQUI$
43 OPEN "I",1,ARQUI$
44 IF EOF(1) THEN GOTO 49
45 INPUT #1,ES(I)
46 I = I + 1
47 PRINT ES(I-1)
48 GOTO 44
49 CLOSE #1
50 N=I: N1 = N : D= 0 : ES(N)= ES(0)
51 FOR I = 1 TO N
52 D = D + ABS(VAL(MID$(ES(I),48,22)))
53 ST$= MID$(ES(I),71,1)
54 IF ST$ = "M" THEN K(I) = 1
55 IF ST$ = "F" THEN K(I) = -1
56 NEXT I
57 COMPAR = D/N*.0001
60 GOTO 490
65 PRINT " ENTRE COM O TIPO DO ULTIMO ELEMENTO ST0$"
67 INPUT ST0$
68 FOR I=1 TO N
70 INPUT "TIPO DE ELEMENTO";ST$
75 IF ST$ = "1" THEN TP$ = "R" : GOTO 90
76 IF ST$ = "2" OR ST$ = "3" THEN TP$ = "C" : GOTO 230 ELSE PRINT "ERRO NO TIPO
DE ELEMENTO " : GOTO 70
90 PRINT "ENTRE C/ OS COEFICIENTES DA ";I;"RETA"
100 INPUT A
110 INPUT B
120 INPUT D
122 IF A < 0 THEN A = -A : B = -B : D = -D
125 DS=DS + ABS(D)
130 REM
140 IF ST0$="1" THEN GOTO 150
142 INPUT X$
145 IF X$="S" OR X$="L" THEN GOTO 150 ELSE PRINT "ENTRE COM X$" : GOTO 142
150 A1$=STR$(A):B1$=STR$(B):D1$=STR$(D)
160 IF LEN(A1$) > 22 THEN A1$=LEFT$(A1$,22) ELSE A1$=A1$+STRING$(22-LEN(A1$)," "
)
170 IF LEN(B1$) > 22 THEN B1$=LEFT$(B1$,22) ELSE B1$=B1$+STRING$(22-LEN(B1$)," "
)
180 IF LEN(D1$) > 22 THEN D1$=LEFT$(D1$,22) ELSE D1$=D1$+STRING$(22-LEN(D1$)," "
)
190 IF X$="S" OR X$="L" THEN X$=X$ ELSE X$=" "
200 ES(I)=" " +TP$+A1$+B1$+D1$+X$+" "
210 REM PRINT ES(I)
220 GOTO 400
230 REM
240 REM
250 PRINT "ELEMENTOS DA CIRCUNFERENCIA";I
260 INPUT X
270 INPUT Y
280 INPUT R
285 DS=DS + R
290 INPUT X$
295 IF X$="S" OR X$="L" THEN GOTO 300 ELSE PRINT "ENTRE COM X$" : GOTO 290
300 REM
310 REM
320 IF ST0$="3" THEN K(I)=1 ELSE K(I)=-1
330 X1$=STR$(X):Y1$=STR$(Y):R1$=STR$(R)
340 IF LEN(X1$) > 22 THEN X1$=LEFT$(X1$,22) ELSE X1$=X1$+STRING$(22-LEN(X1$)," "
)

```



```

350 IF LEN(Y1$) > 22 THEN Y1$=LEFT$(Y1$,22) ELSE Y1$=Y1$+STRING$(22-LEN(Y1$)," "
)
360 IF LEN(R1$) > 22 THEN R1$=LEFT$(R1$,22) ELSE R1$=R1$+STRING$(22-LEN(R1$)," "
)
370 E$(I)=" " + TP$+X1$+Y1$+R1$+X$+ST$+" "
380 PRINT E$(I)
400 ST0$=ST$
410 X$=" "
420 NEXT I
422 COMPAR=DS/N*.0001
425 REM
430 REM
440 MID$(E$(N),72)=" 1"
450 FOR I=1 TO N-1
455 K$=STR$(I+1)
460 IF I+1 < 10 THEN MID$(E$(I),72)=K$ ELSE MID$(E$(I),72)=MID$(K$,2,2)
480 NEXT I
481 FOR I=1 TO N
482 K$=STR$(I)
483 IF I < 10 THEN MID$(E$(I),1)=K$ ELSE MID$(E$(I),1)=MID$(K$,2,2)
484 NEXT I
485 REM
490 REM
491 REM INICIO DO NIVEL
492 INICIO =N
493 GOSUB 500 : XZERO = 0 : YZERO = 0
494 IF ABS(XSUPRE-XINFI) > ABS(YSUPRE-YINFI) THEN GOTO 496
495 TRANSY = 195 : TRANSX = 468 * (XSUPRE-XINFI)/(YSUPRE-YINFI) : GOTO 497
496 TRANSX = 468 : TRANSY = 195 * (YSUPRE-YINFI)/(XSUPRE-XINFI)
497 PC1$ ="2"
498 GOTO 1340
500 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2))
503 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
504 NCDR=0 : NELEM=0 : PC=P2
506 REM
507 REM
510 TP$(P1)=MID$(E$(P1),3,1)
520 IF TP$(P1) = "C" THEN GOTO 550
530 A1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(P1),
48,22))
540 GOTO 560
550 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P1),
48,22))
560 REM
570 REM
580 REM
590 REM
591 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
592 IF PC=P2 THEN NCDR=NCDR+1
593 IF NCDR =2 THEN RETURN
600 NELEM=NELEM + 1
610 TP$(P2)=MID$(E$(P2),3,1)
620 IF TP$(P2) = "C" THEN GOTO 660
630 A2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(P2),
48,22)) : X2$=MID$(E$(P2),70,1)
650 GOTO 670
660 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2),
48,22)) : X2$=MID$(E$(P2),70,1)
663 IF PC1$ = "2" THEN GOTO 670
664 IF (X2 - R2) < XINFI THEN XINFI = X2 - R2
665 IF (X2 + R2) > XSUPRE THEN XSUPRE = X2 + R2
666 IF (Y2 - R2) < YINFI THEN YINFI = Y2 - R2
667 IF (Y2 + R2) > YSUPRE THEN YSUPRE = Y2 + R2
670 INTER$=TP$(P1)+TP$(P2)
680 REM PRINT INTER$
690 GOSUB 10690
700 XX(P1,P2)=X : YY(P1,P2)=Y

```

```

703 IF PC1$ = "2" THEN GOTO 710
705 IF XX(P1,P2) < XINFI THEN XINFI = XX(P1,P2)
706 IF XX(P1,P2) > XSUPRE THEN XSUPRE = XX(P1,P2)
707 IF YY(P1,P2) < YINFI THEN YINFI = YY(P1,P2)
708 IF YY(P1,P2) > YSUPRE THEN YSUPRE = YY(P1,P2)
710 REM PRINT XX(P1,P2), YY(P1,P2)
720 IF TP$(P2) = "C" THEN GOTO 750
730 P1=P2 : A1=A2 : B1=B2 : D1=D2
740 GOTO 590
750 P1=P2 : X1=X2 : Y1=Y2 : R1=R2
760 GOTO 590
1330 REM
1340 REM
1345 REM
1350 REM
1360 REM
1370 REM
1372 INICIO= N-1
1374 GOSUB 1380
1375 REM PRINT "
1376 INICIO =N : GOSUB 1790
1377 REM PRINT "
1378 GOTO 2315
1380 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2))
1390 TP$(P1)=MID$(E$(P1),3,1)
1400 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
1405 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2)) : PC=P3 : NCDR=0
1410 TP$(P2)=MID$(E$(P2),3,1)
1420 REM INICIO DO LOOP
1430 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
1432 IF PC=P3 THEN NCDR=NCDR+ 1
1435 IF NCDR = 2 THEN RETURN
1440 REM PRINT P1,P2,P3
1450 TP$(P3)=MID$(E$(P3),3,1)
1455 REM PRINT TP$(P2),P2
1460 IF TP$(P2)="C" THEN GOTO 1630
1464 IF ICTD > 0 THEN GOTO 1740
1470 GOSUB 8470
1475 K(P2)=K
1480 GOTO 1740
1630 X1=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P2),26,22))
1650 IF ABS(X1-XX(P1,P2)) < COMPAR THEN ANGC(P2,1) = 180 : GOTO 1690
1660 IF ABS(Y1-YY(P1,P2)) < COMPAR THEN ANGC(P2,1) = 90 : GOTO 1690
1670 ANGC(P2,1)=ATN((X1-XX(P1,P2))/(YY(P1,P2)-Y1))*180/3.1415932#
1680 IF ANGC(P2,1) < 0 THEN ANGC(P2,1)=ANGC(P2,1)+180
1690 IF ABS(X1-XX(P2,P3)) < COMPAR THEN ANGC(P2,2) = 180 : GOTO 1730
1700 IF ABS(Y1-YY(P2,P3)) < COMPAR THEN ANGC(P2,2) = 90 : GOTO 1730
1710 ANGC(P2,2)=ATN((X1-XX(P2,P3))/(YY(P2,P3)-Y1))*180/3.1415932#
1720 IF ANGC(P2,2) < 0 THEN ANGC(P2,2)=ANGC(P2,2)+180
1730 REM PRINT ANGC(P2,1),ANGC(P2,2)
1740 P1=P2 : P2=P3
1750 GOTO 1420
1760 REM
1770 REM
1780 REM
1790 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2))
1800 TP$(P1)=MID$(E$(P1),3,1)
1805 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2)) : PC=P2 : NCDR=0 : COEFME=180
1810 REM INICIO DO LOOP
1820 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
1825 IF PC=P2 THEN NCDR=NCDR+ 1
1827 IF NCDR = 2 THEN RETURN
1830 TP$(P2)=MID$(E$(P2),3,1)
1840 INTER$=TP$(P1)+TP$(P2)
1850 REM PRINT INTER$
1855 IF COEF(P1,P2) =180 THEN GOTO 2290
1860 IF INTER$="RR" THEN GOTO 2010

```

```

1870 IF INTER$="RC" THEN GOTO 2070
1880 IF INTER$="CR" THEN GOTO 2190
1890 COEF(P1,P2)=ANGC(P2,1)-ANGC(P1,2)
1900 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : X2=VAL(MID$(E$(P2)
,4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22))
1910 IF (XX(P1,P2)-X1) < -COMPAR THEN GOTO 1920
1912 IF (XX(P1,P2)-X2) > COMPAR THEN GOTO 1940
1914 IF (XX(P1,P2)-X2) < -COMPAR THEN GOTO 1960
1916 IF (YY(P1,P2)-Y2) < -COMPAR THEN GOTO 1940 ELSE GOTO 1960
1920 IF (XX(P1,P2)-X2) < -COMPAR THEN GOTO 1940
1922 IF (XX(P1,P2)-X2) > COMPAR THEN GOTO 1960
1930 IF (YY(P1,P2)-Y2) < -COMPAR THEN GOTO 1960 ELSE GOTO 1940
1940 IF K(P1)*K(P2)=1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+180
1950 GOTO 1970
1960 IF K(P1)*K(P2)=-1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+ 180
1970 IF COEF(P1,P2) < 0 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2) + 360
1980 IF COEF(P1,P2) > 180.3 THEN P=P1 : GOSUB 9350
2000 GOTO 2290
2010 COEF(P1,P2)=ANG(P2)-ANG(P1)
2020 IF K(P1)*K(P2)=1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+180
2030 IF COEF(P1,P2) < 0 THEN COEF(P1,P2) =COEF(P1,P2) + 360
2040 IF COEF(P1,P2) > 180.3 THEN P=P1 : GOSUB 9350
2060 GOTO 2290
2070 COEF(P1,P2)=ANGC(P2,1)-ANGC(P1)
2080 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22))
2090 IF (XX(P1,P2)-X2) < -COMPAR THEN GOTO 2140
2100 IF (XX(P1,P2)-X2) > COMPAR THEN GOTO 2120
2110 IF YY(P1,P2) < Y2 THEN GOTO 2140
2120 IF K(P1)*K(P2)=1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+180
2130 GOTO 2150
2140 IF K(P1)*K(P2)=-1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+ 180
2150 IF COEF(P1,P2) < 0 THEN COEF(P1,P2) =COEF(P1,P2) + 360
2160 IF COEF(P1,P2) > 180.3 THEN P=P1 : GOSUB 9350
2180 GOTO 2290
2190 COEF(P1,P2)=ANG(P2)-ANGC(P1,2)
2200 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22))
2210 IF (XX(P1,P2)-X1) < -COMPAR THEN GOTO 2260
2220 IF (XX(P1,P2)-X1) > COMPAR THEN GOTO 2240
2230 IF YY(P1,P2) < Y1 THEN GOTO 2260
2240 IF K(P1)*K(P2)=1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+180
2250 GOTO 2270
2260 IF K(P1)*K(P2)=-1 THEN COEF(P1,P2)=COEF(P1,P2)+ 180
2270 IF COEF(P1,P2) < 0 THEN COEF(P1,P2) =COEF(P1,P2) + 360
2280 IF COEF(P1,P2) > 180.3 THEN P=P1 : GOSUB 9350
2290 REM PRINT COEF(P1,P2)
2295 IF COEF(P1,P2) < COEFME THEN COEFME=COEF(P1,P2)
2300 P1=P2
2310 GOTO 1810
2314 REM
2315 REM
2316 NC=N1
2320 FOR I=1 TO N1
2322 REM PRINT E$(I)
2323 E$(I)=E$(I)
2324 NEXT I
2325 REM PRINT "
2328 CLS : GOSUB 8630
2330 REM
2340 REM
2345 NIVEL=1 : NIVID = 0
2348 INICIAL(NIVEL,NIVID)=N
2350 IF NIVMAX < NIVEL THEN NIVMAX = NIVEL
2352 IF INICIAL(NIVEL,NIVID)= 0 THEN NIVEL=NIVEL/2
2355 IF INICIAL(NIVEL,NIVID)= 0 THEN GOTO 2350
2360 INICIO=INICIAL(NIVEL,NIVID)
2361 PRINT
2362 PASS2 = PASS2 + 1

```

```

2363 IF PASS2 (>) 2 THEN GOTO 2365
2364 IF NIVID = 1 THEN DISUP = T(1,1) * 2 ELSE DISUP = T(2,0) * 2
2365 GOSUB 9600
2368 IF NIVFOL = 2 THEN GOTO 2500
2370 PS=0 : GOSUB 5000
2372 IF NIVFOL = 0 THEN GOTO 2402
2374 T(NIVEL,NIVID +1)= TTM + T(NIVEL,NIVID)
2376 TMAIS=TTM : INICIO =PM1(0) : GOSUB 9500 : GOSUB 500 : PT1 = 0 :PT2= 0 : PT3
= 0 : P1 = PM1(0):P2 = PM2(0) : P3 = PM3(0)
2378 IF ABS(XX(P1,P2) -XX(P2,P3)) > COMPAR*10 THEN PT2 = P2 : GOTO 2382
2380 IF ABS(YY(P1,P2) -YY(P2,P3)) > COMPAR*10 THEN PT2 = P2
2382 IF ABS(XX(P2,P3) -XX(P3,P1)) > COMPAR*10 THEN PT3 = P3 : GOTO 2386
2384 IF ABS(YY(P2,P3) -YY(P3,P1)) > COMPAR*10 THEN PT3 = P3
2386 IF ABS(XX(P3,P1) -XX(P1,P2)) > COMPAR*10 THEN PT1 = P1 : GOTO 2390
2388 IF ABS(YY(P3,P1) -YY(P1,P2)) > COMPAR*10 THEN PT1 = P1
2390 IF (PT1 + PT2 + PT3) = 0 THEN GOTO 2416
2392 IF PT3 = 0 THEN GOTO 2500
2394 IF PT2 = 0 THEN PT2 = PT3 : GOTO 2500
2396 IF PT1 = 0 THEN PT1 = PT3 : GOTO 2500
2398 GOTO 2416
2402 PT1 = INICIAL(NIVEL,NIVID): PT2=VAL(MID$(E$(PT1),72,2))
2403 XANT = XX(PT1,PT2) : YANT = YY(PT1,PT2)
2404 IF NIVID = 0 AND NIVEL = 1 THEN GOSUB 7000 : GOTO 2406
2405 PB=0 :INICIO = INICIAL(NIVEL,NIVID) : GOSUB 500 : GOSUB 7000
2406 TM(NIVEL*2)=TDM : TM(NIVEL*2+1)=TDM
2407 REM
2408 IF ABS(TDM-TTM) < COMPAR THEN GOTO 4400
2409 IF TDM < TTM THEN PM1(0) = 0 : GOTO 4400
2411 T(NIVEL,NIVID +1)= TTM + T(NIVEL,NIVID) : TDM=TDM-TTM : ITM=20
2412 NIVID=NIVID + 1 : GOSUB 8800
2413 IF PS=0 THEN GOTO 2415
2414 IF NELEM-PS (<= 3 THEN GOTO 2416
2415 TMAIS=TTM : INICIO =PM1(0) : GOSUB 9500 : IF NELEM > 3 THEN GOTO 2427
2416 IF FUMAX < T(NIVEL,NIVID+1)* 2 THEN FUMAX = T(NIVEL,NIVID+1) * 2
2417 REM LPRINT NIVEL,NIVID : LPRINT T(NIVEL,NIVID) : LPRINT PM1D5X$(NIVEL,NIVID
)
2420 FOR K = 1 TO 15
2421 IF 2^K -1 = NIVEL THEN GOTO 3005
2422 IF 2^K > NIVEL THEN GOTO 2424
2423 NEXT K
2424 REM
2425 IF INT(NIVEL/2) = NIVEL/2 THEN NIVEL =NIVEL+1 ELSE NIVEL=(NIVEL-1)/2 + 1
2426 NIVID =0 : NIVFOL=0 :ITM=0 : GOTO 3000
2427 FOR I = 0 TO PS
2428 PM1 = PM1(I) : PM2 = PM2(I) : PM3 = PM3(I)
2429 IF I = 0 THEN P = 0 : PM1D5X$(NIVEL,NIVID) = " " ELSE P = P + 1 :PM1D
5X$(NIVEL,NIVID) = PM1D5X$(NIVEL,NIVID) + " "
2431 IF PS = I THEN GOTO 2435
2432 FOR K = I+1 TO PS
2433 IF PM1(K) = PM2(I) THEN PM3 = PM3(K): PM2 = PM2(K) : I = K
2434 NEXT K
2435 IF P = 0 THEN J = 1 ELSE J = 3 + P* 5
2438 K$=STR$(PM1)
2440 IF PM1 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=K$ + MID$(E$(PM2),72,2) ELSE
MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=MID$(K$,2,2) + MID$(E$(PM2),72,2)
2450 REM
2455 GOSUB 9690
2456 K$=STR$(PM3)
2457 IF PM3 < 10 THEN MID$(E$(PM1),72)=K$ ELSE MID$(E$(PM1),72)=MID$(K$,2,2)
2458 IF P = 0 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5) = MID$(E$(PM3),70,1) ELSE MID$(P
M1D5X$(NIVEL,NIVID),7+P*5) = MID$(E$(PM3),70,1)
2460 IF PM2 = INICIAL(NIVEL,NIVID-1) THEN INICIAL(NIVEL,NIVID)=PM1 : GOTO 2466
2465 INICIAL(NIVEL,NIVID)=INICIAL(NIVEL,NIVID -1)
2466 K$ = STR$(P)
2467 MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7)=MID$(K$,2,1)
2470 NEXT I
2480 GOTO 3000

```

```

2500 REM
2505 NIVID = NIVID + 1
2508 PM1D5X$(NIVEL,NIVID) = "      "
2510 IF NIVFOL = 2 THEN PT1 = P1 : PT2 = P2 : INTER$ = TP$(P1) + TP$(P2) : GOTO 2560
2520 IF VAL(MID$(E$(PT1),72,2)) = PT2 THEN X$ = MID$(E$(PT2),70,1) : SWAP PT1,PT2 : GOTO 2525
2522 X$ = MID$(E$(PT1),70,1)
2525 IF X$="S" THEN MID$(E$(PT1),70)="L" : MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5)="L" ELSE MID$(E$(PT1),70)="S" : MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5)="S"
2528 K$ = STR$(PT1)
2530 IF PT1 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),1)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),1)=MID$(K$,2,2)
2535 K$ = STR$(PT2)
2540 IF PT2 < 10 THEN MID$(E$(PT1),72)=K$ : MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3) = K$ ELSE MID$(E$(PT1),72)=MID$(K$,2,2) : MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3) = MID$(K$,2,2)
2550 INTER$ = TP$(PT1) + TP$(PT2)
2551 ICTD = 0 : LOCATE 1,1 : INICIO = INICIAL(NIVEL,NIVID) : GOSUB 500 : GOSUB 8630
2555 NIVID = NIVID + 1
2560 IF TP$(PT1) = "C" THEN GOTO 2580
2570 A1=VAL(MID$(E$(PT1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(PT1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(PT1),48,22)) : GOTO 2590
2580 X1=VAL(MID$(E$(PT1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(PT1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(PT1),48,22))
2590 IF TP$(PT2) = "C" THEN GOTO 2610
2600 A2=VAL(MID$(E$(PT2),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(PT2),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(PT2),48,22)) : X2$=MID$(E$(PT2),70,1) : GOTO 2650
2610 X2=VAL(MID$(E$(PT2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(PT2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(PT2),48,22)) : X2$= MID$(E$(PT2),70,1)
2650 IF INTER$ = "CC" THEN GOTO 2700
2660 IF INTER$ = "CR" THEN GOTO 2680
2670 T(NIVEL,NIVID) = T(NIVEL,NIVID-1) + ((A1*X2 + B1*Y2 - D1)/(A1^2 + B1^2)^.5 + R2)/2 : GOTO 2760
2680 T(NIVEL,NIVID) = T(NIVEL,NIVID-1) + ((A2*X1 + B2*Y1 - D2)/(A2^2 + B2^2)^.5 + R1)/2
2690 GOTO 2760
2700 TT = ((X1-X2)^2 + (Y1-Y2)^2)^.5
2710 IF MID$(E$(PT1),71,1) = "M" THEN GOTO 2740
2720 IF MID$(E$(PT2),71,1) = "M" THEN GOTO 2750
2730 T(NIVEL,NIVID) = T(NIVEL,NIVID-1) + (R1 + R2 - TT)/2 : GOTO 2760
2740 T(NIVEL,NIVID) = T(NIVEL,NIVID-1) + (-R1 + R2 + TT)/2 : GOTO 2760
2750 T(NIVEL,NIVID) = T(NIVEL,NIVID-1) + (R1 - R2 + TT)/2
2760 NIVID = NIVID - 1 : GOTO 2416
3000 ICTD = 0 : LOCATE 1,1 : INICIO = INICIAL(NIVEL,NIVID) : GOSUB 500 : GOSUB 8630
3001 GOTO 2350
3005 REM
3006 LOCATE 1,1 : PRINT " ENTRE COM QUALQUER TECLA PARA CONTINUAR " : INPUT K$
3008 FOR I=1 TO N1
3010 PRINT E$(I)
3015 NEXT I
3020 REM
3050 REM
3051 IF PASS2 = 1 THEN DISUP = T(1,1)* 2 : FUMAX = T(1,1) * 2
3052 N1=NC
3053 FOR I=1 TO NC
3054 E$(I)=EC$(I)
3055 REM PRINT E$(I)
3056 NEXT I
3057 PRINT " FURO MAXIMO = ";FUMAX
3058 IF DMAXI=0 THEN DMAXI = FUMAX : GOTO 3060
3060 IF DMAXI < FUMAX THEN PRINT " DIAMETRO MAXIMO = "; DMAXI
3061 PRINT "DIAMETRO p/ SUPERF = ";DISUP
3062 PRINT "ENTRE COM DIAMETRO / PARA OUTRO EXEMPLO ENTRE COM - 0 - " : INPUT DIAM
3063 PRINT " DIAMETRO = ";DIAM

```

```

3064 IF DIAM= 0 THEN PRINT " FINAL GERAL DIAM = 0 " : GOTO 3
3065 PRINT "ENTRE COM % DE CORTE " : INPUT DDIAM : GOTO 3500
3066 PRINT " % DE CORTE = ";DDIAM * 100
3067 PRINT " ENTRE COM A % DE ACABAMENTO=" : INPUT VACAB1 : GOTO 3540
3068 PRINT " % DE ACABAMENTO = "; VACAB1 * 100 : VACAB = VACAB1 * DIAM
3069 IF DMAXI ( (DIAM + VACAB + .1) THEN PRINT "DIAMETRO DA FERR e GRANDE " : GO
TO 3061
3070 IF (DIAM + VACAB * 2) > FUMAX THEN PRINT " DIMINUIR O DIAMETRO DA FERR " : G
OTO 3061
3071 PRINT "ENTRE COM ZSUP" : INPUT ZSUP : PRINT " ENTRE COM ZBASE" : INPUT ZBAS
E : PRINT " ENTRE COM ZPASSE " : INPUT ZPROF
3072 PROF =INT((ZSUP-ZBASE)/ZPROF + .9999999)
3073 PRINT " ENTRE COM A ROTACAO " : INPUT ROTAC%
3074 PRINT " ENTRE COM O AVANCO " : INPUT AVANC% : PRINT " ENTRE COM O AVANCO DO
ACABAMENTO " : INPUT AVANC%
3075 CLS :A= 2*DDIAM-1 : B=(1-A^2)^.5
3076 IF B=0 THEN COMAIOR=90 :GOTO 3079
3077 COMAIOR=2*ATN(A/B)*180/3.141593
3079 IF PROF= 0 THEN PROF = 1
3080 ZPASSE=(ZSUP-ZBASE)/PROF : LOCATE 1,1
3081 PRINT " IMPRIMIR DADOS TECNOLOGICOS ENTRE COM -S-" : INPUT K$
3082 IF K$ ="S" THEN GOSUB 3400
3084 NIVEL=1 : NIVID=1 : ICTD=0 : DTESTE=0:DSUP=0 :DPERC=0 : NORMA = 0 : IMAIS =
0 : JP = 0 : ID = 0 : INES = 0 : PAULA = 0 : IVETE = 0 :PG$(0) = " " : INICIO
= INICIAL(1,0) : GOSUB 500 : GOSUB 1380 : GOSUB 1790 :GOSUB 8630
3085 ICTD=ICTD +1
3090 IF ICTD=1 THEN TMAIS= VACAB : DTESTE = VACAB :DTESP(NIVEL*2+1) = DTESTE :GO
SUB 9500 : GOSUB 500 : GOSUB 1380 : GOSUB 1790 : DPERC=DIAM/2 : GOTO 3095
3092 IF ICTD=2 THEN DPERC=DPERC+ VACAB : DSUP=DPERC + DIAM/2
3093 IF ICTD > 2 THEN DPERC=DTESTE + DIAM/2
3094 REM
3095 IF T(NIVEL,NIVID) = 0 THEN GOTO 3200
3100 IF T(NIVEL,NIVID) > DPERC THEN GOTO 3130
3104 REM
3105 P=VAL(MID$(PM105X$(NIVEL,NIVID),1,2))
3106 IF P > 0 THEN GOTO 3110
3107 GOSUB 3800 : IF IVETE > 0 THEN IVETE=0 : GOTO 3200
3108 IF DTESTE > T(NIVEL,NIVID) THEN GOTO 3900
3109 IF DPERC > DTESTE THEN DPERC=(T(NIVEL,NIVID)+ DTESTE)/2 :GOTO 3300 ELSE GOS
UB 3900:DPERC=(DPERC+T(NIVEL,NIVID))/2 : GOTO 3300
3110 GOSUB 4300 : MID$(E$(P),72)=MID$(PM105X$(NIVEL,NIVID),3,2)
3111 P=VAL(MID$(PM105X$(NIVEL,NIVID),3,2))
3112 MID$(E$(P),70) = MID$(PM105X$(NIVEL,NIVID),5,1)
3125 NIVID = NIVID + 1 : GOTO 3095
3130 INICIO=INICIAL(NIVEL,NIVID -1)
3135 IF ICTD =1 THEN TMAIS=DIAM/2-VACAB : DPERC(NIVEL*2+1) = DIAM/2 :GOSUB 9500
:GOSUB 500 : GOSUB 8630 :GOSUB 3085
3137 IF ICTD=2 THEN TMAIS=VACAB : DPERC(NIVEL*2+1) = DIAM/2+VACAB : GOSUB 9500 :
GOSUB 500 : GOSUB 8630 : GOTO 3142
3138 IF IMAIS = 7 THEN IMAIS = 0 : GOTO 3141
3140 TMAIS = DIAM/2
3141 DPERC(NIVEL*2+1) = DPERC :GOSUB 9500 : GOSUB 500 : GOSUB 8630
3142 IF NORMA=10 THEN NORMA=0 : GOTO 3155
3143 IF COEFME > COMAIOR THEN D =DDIAM : GOTO 3146
3144 D= (.9899999 - (1-SIN(COEFME/2*3.141593/180)))/2)
3145 IF D < .5 THEN D=.5
3146 LOCATE 1,1 :PRINT COEFME,D
3148 DTESTE = DTESTE + D*DIAM
3150 IF ITM=25 THEN DTESTE(INES)=DTESTE : ITM=0
3153 GOSUB 4300
3155 DTESTE(NIVEL*2+1) = DTESTE
3156 REM
3157 IF T(NIVEL,NIVID)=0 THEN GOTO 3178
3160 IF T(NIVEL,NIVID) > DTESTE THEN GOTO 3185
3162 P=VAL(MID$(PM105X$(NIVEL,NIVID),1,2))
3163 IF P =0 THEN GOSUB 3800 : IF IVETE=0 THEN GOTO 3955 ELSE GOTO 3178
3164 IF MID$(PM105X$(NIVEL,NIVID),6,1)=" " THEN IF ICTD =1 THEN RETURN

```

```

3165 MID$(E$(P),72)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3,2)
3166 P=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3,2))
3167 MID$(E$(P),70) = MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5,1)
3176 NIVID=NIVID + 1 : GOTO 3157
3178 NIVEL=NIVEL*2
3180 IF T(NIVEL,0) = 0 THEN NIVEL=NIVEL/2 : GOTO 3190
3182 IF T(NIVEL,0) > DTESTE THEN NIVEL=NIVEL/2 : GOTO 3185
3183 NIVID = 0 : GOSUB 4950 : GOSUB 4300 : NIVID = 1 : GOTO 3157
3184 REM
3185 TMAIS=DTESTE-DPERC : DTESP(NIVEL*2+1) = DTESTE : GOSUB 9500 : GOSUB 500 : GO
SUB 1380 : GOSUB 1790
3187 REM
3190 DSUP=DPERC+DIAM/2 : GOSUB 3900 : GOTO 3085
3200 REM
3205 NIVEL = NIVEL*2
3215 REM
3220 IF T(NIVEL,0) > DPERC THEN NIVEL=NIVEL/2 : GOTO 3130
3225 NIVID=0 : ITM=25 : INES=NIVEL+1 : GOSUB 4950 : GOSUB 4300 : NIVID = 1 : GOTO 3
095
3250 REM
3300 REM
3305 IF NIVID = 1 THEN GOTO 3335
3310 IF DPERC ( T(NIVEL,NIVID-1) THEN DPERC =( T(NIVEL,NIVID-1) +T(NIVEL,NIVID)
)/2
3315 TMAIS = DPERC - DTESTE : IMAIS = 7 : GOTO 3130
3335 IF DPERC ( T(NIVEL/2,0) THEN DPERC =( T(NIVEL/2,0) +T(NIVEL,1) )/2
3345 TMAIS = DPERC - DTESTE : IMAIS = 7 : GOTO 3130
3400 LPRINT "DIAMETRO DA FRESA =",DIAM
3405 LPRINT " % DE CORTE      =",DDIAM *100; "%"
3410 LPRINT " % DE ACABAMENTO   =",VACAB1*100; "%"
3412 LPRINT "
3415 LPRINT "
3420 LPRINT " PLANO (Z) DA SUPERFICIE = ",ZSUP
3430 LPRINT " PLANO (Z) DA BASE      = ",ZBASE
3433 LPRINT " PASSE DE PROFUNDIDADE  = ",ZPROF
3435 LPRINT " N DE PASSE DE PROFUND. = ",PROF
3440 LPRINT " INCREMENTO NA PROFUNDID.= ",ZPASSE
3450 LPRINT " ROTACAO DA FRESA       = ",ROTAC$
3460 LPRINT " AVANCO DA FRESA        = ",AVANS$
3470 LPRINT " AVANCO NO ACABAMENTO   = ",AVANC$
3480 RETURN
3500 IF DDIAM > 1 THEN GOTO 3065
3510 IF DDIAM < .5 THEN DDIAM = .5 : GOTO 3066
3520 GOTO 3066
3540 IF VACAB1 > .5 THEN GOTO 3067
3550 IF VACAB1 < 0 THEN GOTO 3067
3560 GOTO 3068
3800 REM
3805 NIDIA=NIVEL*2 : NEVES=0
3810 IF T(NIDIA,0) > 0 THEN IVETE=10 : RETURN
3815 IVETE= 0 :RETURN
3820 REM
3900 REM
3905 NIDIA=NIVEL : NEVES=NIVID
3908 REM
3910 IF T(NIDIA,NEVES)=0 THEN GOTO 3930
3915 IF T(NIDIA,NEVES) <= DSUP THEN NEVES=NEVES + 1 : GOTO 3910
3920 RETURN
3930 NIDIA=NIDIA*2 : NEVES=0
3935 IF T(NIDIA,0) > 0 THEN GOTO 3915
3955 REM
3960 FOR K = 2 TO 15
3962 IF 2^K -2 = NIDIA THEN GOTO 8200
3964 IF 2^K > NIDIA THEN GOTO 3970
3965 NEXT K
3967 REM
3968 REM

```

```

3970 NIVEL NIDIA/2
3971 IF INT(NIVEL/2)=NIVEL/2 THEN NIVEL=NIVEL+1 : PAULA=10 : GOTO 3973
3972 NIVEL=(NIVEL-1)/2 : GOTO 3971
3973 NIVID= 1 : ICTD=ICTD+1
3974 IF DTESP(NIVEL) + .01 > DPERC(NIVEL) THEN DPERC = DTESP(NIVEL) + DIAM/2 : D
TESTE = DTESTE(NIVEL) : DSUP = DPERC : NORMA = 10 : GOSUB 3900 : GOTO 3095
3980 DTESTE = DTESTE(NIVEL) : DPERC= DPERC(NIVEL) : DSUP = DPERC + DIAM/2 : NORM
A = 0 : GOSUB 3900 : INICIO = INICIAL(NIVEL,NIVID-1) : GOTO 3156
3988 GOTO 3095
3995 REM
4000 CLS: JP=JP+1 : PG$(JP)="I  G01 G90 X" +STR$(XP1P2) + " Y" + STR$(YP1P2)
4001 REM
4002 REM
4003 JP=JP+1 : PG$(JP)=PG$(JP-1) : PG$(JP-1)="I  G01 G91 Z" + STR$(-INT(ZPASSE*10
00 + .499)-5000) + "F " + AVAN$ : JP=JP+1 : PG$(JP)="I  G43 Z 5000 S " + ROTAC$ +
" M03"
4004 JP= JP+ 1 : PG$(JP) = "I  M21" : JP=JP+1 : PG$(JP)="I  T01 M06"
4005 JP=JP+1 : PG$(JP) = "I  G54" + " X" + STR$(INT(XZERO*1000+.499))+" Y"+STR$(
INT(YZERO*1000+.499)) + " Z"+STR$(INT(ZSUP*1000+.499)):JP=JP+1 : PG$(JP)="I  G53
X450000" : JP=JP+1 : PG$(JP)="I  G00 G40 G53 G90 Y150000 Z600000 B0"
4006 NP=0
4007 FOR I=1 TO JP
4010 IF MID$(PG$(I),1,1)="I" THEN NP=0 : P=JP+1-I : PGF$(P)=PG$(I) : GOTO 4016
4015 IF MID$(PG$(I),1,1) = "N" THEN P= JP+NP+1-I-VAL(MID$(PG$(I),2,2)) : PGF$(P)
=PG$(I) : NP=NP +1
4016 NEXT I
4018 GOSUB 4060
4019 PGF$(0)="N05 Z"
4020 IF PROF = 1 THEN GOTO 4085
4024 REM
4026 REM
4027 K=0
4028 FOR I=JP-4 TO JP
4029 K=K+1
4030 PG$(K)=PGF$(I)
4032 NEXT I
4034 K=JP-5
4036 FOR J=1 TO PROF-1
4038 K=K + 1 : PGF$(K)= "      G00 G91 Z " + STR$(2*INT(ZPASSE*1000 +.499) + 20000
)
4039 FOR I=7 TO JP-5
4040 IF I = 8 THEN K= K+ 1 : PGF$(K) = "      G91 Z -15000" : K = K + 1 : PGF$(K)
= "      G01 Z " + STR$(-2 * INT(ZPASSE *1000 +.499) -5000) : GOTO 4043
4041 K=K+1
4042 PGF$(K)=PGF$(I)
4043 NEXT I
4044 NEXT J
4046 FOR I=1 TO 5
4047 K=K+1 : PGF$(K)=PG$(I)
4048 NEXT I
4049 JP = K
4050 GOTO 4085
4060 REM
4062 MID$(PGF$(7),7,1)="0" : K$=MID$(PGF$(7),6,2)
4063 FOR I=8 TO JP-5
4064 P=LEN(PGF$(I))
4065 IF K$ =MID$(PGF$(I),6,2) THEN K$ = MID$(PGF$(I),6,2) : PGF$(I)=MID$(PGF$(I)
,1,4) + MID$(PGF$(I),9,P) : GOTO 4067
4066 K$=MID$(PGF$(I),6,2)
4067 IF I > 18 THEN PGF$(I)=MID$(PGF$(I),1,4) + MID$(PGF$(I),4,P)
4068 NEXT I
4069 PGF$(9)=MID$(PGF$(9),1,4) + "G90" +MID$(PGF$(9),4,LEN(PGF$(9)))
4071 FOR I=10 TO JP-5
4073 IF I > 18 THEN GOTO 4077
4074 IF MID$(PGF$(I),5,5)="G01 Z" THEN PGF$(I+1)=MID$(PGF$(I+1),1,4) + "G90" + M
ID$(PGF$(I+1),4,LEN(PGF$(I+1))) : GOTO 4079
4077 IF MID$(PGF$(I),6,5)="G01 Z" THEN PGF$(I+1)=MID$(PGF$(I+1),1,5) + "G90" + M

```



```

IDS(PGF$(I+1),5,LEN(PGF$(I+1)))
4079 NEXT I
4080 RETURN
4085 NBLOCO =5
4086 FOR I = 1 TO JP
4087 NBLOCO=NBLOCO + 5
4088 K$=STR$(NBLOCO)
4090 IF NBLOCO ( 98 THEN MID$(PGF$(I),1)="N" +MID$(K$,2,2) ELSE MID$(PGF$(I),1)=
"N" + MID$(K$,2,3)
4092 PRINT PGF$(I)
4093 NEXT I
4095 NUMERO =NUMERO + 1
4097 K$ = "N" + STR$(NUMERO) + ARQUI$
4098 MID$(K$,2) = "0"
4100 OPEN K$ FOR OUTPUT AS#1
4110 FOR I=0 TO JP
4120 PRINT #1,PGF$(I)
4125 REM LPRINT PGF$(I)
4130 NEXT I
4135 REM PRINT " OPERACAO COMPLETA"
4140 CLOSE #1
4150 REM
4160 FOR I=1 TO 5
4170 DPERC(I)=0 : DTESTE(I)=0
4180 NEXT I
4183 PRINT " QUER IMPRIMIR ? SE NAO ENTRE COM N"
4185 INPUT K$
4187 IF K$ ="N" THEN GOTO 4200
4190 FOR I = 0 TO JP
4192 LPRINT PGF$(I)
4195 NEXT I
4200 GOTO 3052
4300 REM
4350 REM
4352 J = VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7,1))
4355 IF J=0 THEN RETURN
4360 FOR I=1 TO J
4365 PT1= VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3+J*5,2))
4370 MID$(E$(PT1),72)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5+5*J,2)
4375 PT1= VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5+J*5,2))
4380 MID$(E$(PT1),70)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7+5*J,1)
4385 NEXT I
4390 RETURN
4400 REM
4408 INICIO=INICIAL(NIVEL,NIVID) : TMAIS=TDM : GOSUB 9500 : ITM =0
4412 NIDIA =NIVEL : NUCA = 0
4416 FOR I=0 TO PB
4417 PCAPM(I) = 0
4418 IF PCANC(I)= 0 THEN GOTO 4500
4420 IF PCANC(I)=10 THEN GOTO 4427
4421 IF PCANC(I)= 9 THEN SWAP PD2(I),PD5(I) : GOTO 4427
4422 IF PCANC(I)=12 THEN SWAP PD2(I),PD5(I) : GOTO 4700
4423 IF PCANC(I)=22 THEN GOTO 4700
4424 IF PCANC(I)=15 THEN GOTO 4700
4426 IF PCANC(I)=25 THEN SWAP PD2(I),PD5(I) : GOTO 4700
4427 IF I =0 THEN T(NIVEL,NIVID+1) = TDM + T(NIVEL,NIVID) :NIVID= NIVID+ 1 : PM
1D5X$(NIVEL,NIVID) =" " ELSE PM1D5X$(NIVEL,NIVID) = PM1D5X$(NIVEL,NIVID) +
" "
4428 IF MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7,1)=" " THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7)="0"
: P=0: J=3 : GOTO 4460 ELSE P= VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7,1)): P = P + 1 :
J=5 + P * 5
4429 IF NUCA = 0 THEN GOTO 4460
4430 IF NUCA = 2 THEN GOSUB 4490 : GOTO 4460
4431 P1 = INICIAL(NIVEL,NIVID) : GOSUB 4890 : IF NP = 2 THEN GOTO 4460
4432 MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3+5*P) = MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),1,5)
4433 IF NP = 0 THEN GOSUB 4495 : MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6) = "2" : NUCA=2 : GOTO 4
460

```

```

4434 N1=N1+1:IF NP2=1 THEN E$(N1)=E$(PD2(I)):PT1 =PD2(I) :PT2 =PD5(I) :ANG(N1)=A
NG(PD2(I)) :K$=STR$(PT2) :K(N1) = K(PD2(I)) : GOTO 4436
4435 E$(N1)=E$(PD5(I)):PT1 =PD5(I) :PT2 =PD2(I) :ANG(N1)=ANG(PD5(I)) :K$=STR$(PT
2) :K(N1) = K(PD5(I)) : GOTO 4436
4436 IF PT2 < 10 THEN MID$(E$(N1),72)=K$ : MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3) = K$ ELS
E MID$(E$(N1),72)=MID$(K$,2,2) : MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3) = MID$(K$,2,2)
4439 K$ = STR$(PT1)
4440 IF PT1 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),1)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,NI
VID),1)=MID$(K$,2,2)
4441 NP = PT2
4442 NORMA = VAL(MID$(E$(NP),72,2))
4443 IF NORMA = PT1 THEN K$ = STR$(N1) ELSE NP = NORMA : GOTO 4442
4444 IF N1 < 10 THEN MID$(E$(NP),72)=K$: MID$(E$(N1),1) = K$ ELSE MID$(E$(NP),72
)=MID$(K$,2,2) : MID$(E$(N1),1) = MID$(K$,2,2)
4446 INICIO = PT2: GOSUB 8930 : IF P1 < > 11 THEN GOTO 4450
4447 MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),1) = MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),3+5*P,5)
4449 GOTO 4848
4450 NIVEL = NIVEL * 2 : GOSUB 4495 : NUCA = 2
4451 INTER$=MID$(E$(PT1),3,1) + MID$(E$(PT2),3,1) : J = 5 : SWAP PT1,PD2(I) : SW
AP PT2,PD5(I)
4452 IF INTER$ = "CC" THEN GOSUB 8050 : GOTO 4454
4453 IF INTER$ = "CR" THEN GOSUB 8100 ELSE GOSUB 8150
4454 MID$(E$(PT2),70) = MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5,1) :PD2 = INICIAL(NIVEL,0) : PD5
= PT2 :SWAP PT1,PD2(I) : SWAP PT2,PD5(I) : GOSUB 4565
4456 IF NP2 = 1 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6) = "1" ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6
) = "3"
4457 K$ = STR$(P)
4458 MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7)=MID$(K$,2,1)
4459 GOTO 4848
4460 K$=STR$(PD5(I))
4462 IF PD5(I) < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=K$ : MID$(E$(PD2(I)),72) =
K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) =MID$(K$,2,2) : MID$(E$(PD2(I)),72) = MID$(
K$,2,2)
4464 IF NUCA = 2 THEN PD2 = INICIAL(NIVEL,0) : PD5 = PD2(I) : GOSUB 4565 :GOTO 4
848
4466 INICIO = PD2(I) : GOSUB 8930 : IF P1 = 11 THEN GOTO 4848
4468 IF NUCA = 0 THEN NUCA = 1 : DMENOR = 9600 : INICIO = PD2(I) : GOSUB 500 :
GOSUB 9300
4470 INTER$=MID$(E$(PD2(I)),3,1) + MID$(E$(PD5(I)),3,1)
4472 IF P=0 THEN J=5 ELSE J=P*5 +7
4474 IF INTER$ = "CC" THEN GOSUB 8050 : GOTO 4478
4476 IF INTER$ = "CR" THEN GOSUB 8100 ELSE GOSUB 8150
4478 K$=STR$(PD2(I))
4480 IF P=0 THEN J=1 ELSE J=3+P*5
4482 IF PD2(I) < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL
,NIVID),J) =MID$(K$,2,2)
4484 IF P = 0 THEN MID$(E$(PD5(I)),70)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5,1) ELSE MID$(
E$(PD5(I)),70) = MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7+P*5,1)
4486 GOTO 4848
4490 REM
4492 P1 = INICIAL(NIVEL,0) : GOSUB 4890 : IF NP = 2 THEN RETURN
4494 P1 = INICIAL(NIVEL+1,0) : GOSUB 4890 : IF NP = 2 THEN PRINT " FAZ PARTE DA
CAVIDAD " : RETURN ELSE PRINT " MAIS DE DUAS CAVIDADES " : END
4495 SWAP PM1D5X$(NIVEL,0),PM1D5X$(NIVEL/2,NIVID) :SWAP T(NIVEL,0),T(NIVEL/2,NIV
EL) :T(NIVEL+1,0) = T(NIVEL,0) : SWAP INICIAL(NIVEL,0),INICIAL(NIVEL/2,NIVID) :
NIVID = 0 : RETURN
4500 REM
4502 IF 2 * NIDIA = NIVEL THEN PRINT "HA MAIS DE UMA BIPARTICAO 4502" : END
4506 NIVEL = NIVEL * 2 : N1=N1 + 1
4507 IF NUCA = 0 THEN PM1D5X$(NIVEL,0)=" "
4508 REM
4509 IF MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7,1)=" " THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7)="0" : P=0 :
T(NIVEL,0)=T(NIVEL) + T(NIVEL/2,NIVID) : T(NIVEL+1,0)=T(NIVEL,0) :GOTO 4525
4510 SWAP T(NIVEL,0), T(NIVEL/2,NIVID)
4511 SWAP PM1D5X$(NIVEL,0),PM1D5X$(NIVEL/2,NIVID)
4512 T(NIVEL+1,0)=T(NIVEL,0)
4514 P=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7,1)) : P=P+1

```

```

4516 K$=STR$(P)
4518 MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7)=MID$(K$,2,1)
4520 PM1D5X$(NIVEL,0)=PM1D5X$(NIVEL,0)+" "
4522 MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3+5*P)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1,5)
4525 INTER$=MID$(E$(PD2(I)),3,1)+MID$(E$(PD5(I)),3,1):NIVID=0
4526 IF P=0 THEN J=5 ELSE J=P*5+7
4528 IF INTER$="CC" THEN GOSUB 8050:GOTO 4532
4530 IF INTER$="CR" THEN GOSUB 8100 ELSE GOSUB 8150
4532 NIVID=0
4535 E$(N1)=E$(PD5(I)):E$(N1+1)=E$(PD2(I)):K(N1)=K(PD5(I)):K(N1+1)=K(PD2(I))
4537 K$=STR$(N1)
4540 IF N1 < 10 THEN MID$(E$(PD2(I)),72)=K$:MID$(E$(N1),1)=K$ ELSE MID$(E$(PD2(I)),72)=MID$(K$,2,2):MID$(E$(N1),1)=MID$(K$,2,2)
4543 K$=STR$(N1+1)
4545 IF N1+1 < 10 THEN MID$(E$(PD5(I)),72)=K$:MID$(E$(N1+1),1)=K$ ELSE MID$(E$(PD5(I)),72)=MID$(K$,2,2):MID$(E$(N1+1),1)=MID$(K$,2,2)
4547 X$=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5,1)
4550 IF X$="S" THEN MID$(E$(N1),70)="S":MID$(E$(N1+1),70)="L" ELSE MID$(E$(N1),70)="L":MID$(E$(N1+1),70)="S"
4552 K$=STR$(PD2(I))
4554 IF PD2(I) < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1)=MID$(K$,2,2)
4556 K$=STR$(PD5(I))
4558 IF PD5(I) < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3)=MID$(K$,2,2)
4562 N1=N1+1:NUCA=2:PD2=PD2(I):PD5=PD5(I):GOSUB 4565
4563 GOTO 4848
4565 INICIO=PD2:K=1:DMENOR=9600:GOSUB 500:GOSUB 9200
4567 INICIO=PD5:K=2:GOSUB 500:GOSUB 9200:RETURN
4569 REM
4634 REM
4700 REM CASOS 12,22,15,25
4702 IF 2 * NIDIA = NIVEL THEN PRINT "HA MAIS DE UMA BIPARTICAO 4702":END
4704 NIVEL=NIVEL*2:N1=N1+1
4705 PM1D5X$(NIVEL,0)=" "
4706 SWAP PM1D5X$(NIVEL,0),PM1D5X$(NIVEL/2,NIVID)
4708 IF MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7,1)=" " THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6)="10":P=0:T(NIVEL,0)=TM(NIVEL)+T(NIVEL/2,0):T(NIVEL+1,0)=TM(NIVEL+1)+T(NIVEL/2,0):GOTO 4725
4710 SWAP T(NIVEL,0),T(NIVEL/2,NIVID)
4712 T(NIVEL+1,0)=T(NIVEL,0)
4714 P=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7,1)):P=P+1
4716 K$=STR$(P)
4718 MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6)="1"+MID$(K$,2,1)
4720 PM1D5X$(NIVEL,0)=PM1D5X$(NIVEL,0)+" "
4722 MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3+5*P)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1,5)
4725 IF PCANC(I)=22 OR PCANC(I)=25 THEN E$(N1)=E$(PD5(I)):K(N1)=1:PT1=PD2(I):PT2=PD5(I):GOTO 4738 ELSE E$(N1)=E$(PD2(I)):K(N1)=1
4728 PT1=PD2(I)
4730 PT2=VAL(MID$(E$(PT1),72,2))
4732 IF PT2=PD5(I) THEN GOTO 4738
4734 PT1=PT2
4736 GOTO 4730
4738 K$=STR$(N1)
4740 IF N1 < 10 THEN MID$(E$(PT1),72)=K$:MID$(E$(N1),1)=K$ ELSE MID$(E$(PT1),72)=MID$(K$,2,2):MID$(E$(N1),1)=MID$(K$,2,2)
4742 K$=STR$(PT1)
4744 IF PT1 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1)=MID$(K$,2,2)
4745 K$=STR$(PT2)
4746 IF PT2 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3)=MID$(K$,2,2)
4747 INTER$=MID$(E$(PD2(I)),3,1)+MID$(E$(PD5(I)),3,1)
4748 J=5
4750 IF INTER$="CC" THEN GOSUB 8050:GOTO 4753
4751 IF INTER$="CR" THEN GOSUB 8100:GOTO 4753

```

```

4752 GOSUB 8150
4753 NIVID=0
4755 X$=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5,1)
4756 MID$(E$(N1),70) = X$
4758 PM1D5X$(NIVEL,0)=PM1D5X$(NIVEL,0)+" "
4760 P=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7,1)) : P=P+1
4761 K$=STR$(P)
4762 MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),7)= MID$(K$,2,1)
4763 IF PCANC(I)=12 OR PCANC(I)=15 THEN PT1=PD2(I) : PT2=PD5(I) ELSE PT1=PD5(I) :
PT2=VAL(MID$(E$(PD2(I)),72,2))
4765 K$=STR$(PT2)
4766 IF PT2 < 10 THEN MID$(E$(PT1),72)=K$ : MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5*P+5)=K$ ELSE
MID$(E$(PT1),72)=MID$(K$,2,2) : MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5*P+5)=MID$(K$,2,2)
4768 K$=STR$(PT1)
4769 IF PT1 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3+5*P)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),
3+5*P) =MID$(K$,2,2)
4770 PD2 = PD2(I) : PD5 = PD5(I) : GOSUB 4565
4772 INTER$=MID$(E$(PT1),3,1) + MID$(E$(PT2),3,1)
4774 J = 5*P + 7
4776 IF INTER$ = "CC" THEN GOSUB 8050 : GOTO 4780
4777 REM
4778 IF INTER$ = "CR" THEN GOSUB 8100 ELSE GOSUB 8150
4779 REM
4780 MID$(E$(PT2),70)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),5,1) : NUCA = 2
4784 GOTO 4848
4845 REM
4848 NEXT I
4849 IF PM1(0)=0 THEN GOTO 4930
4850 REM
4851 FOR I = 0 TO PS
4852 KT=0 : P1=PM1(I) : NCDR =0 : IF PCAPM(I) = 11 THEN GOTO 4880
4853 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
4855 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
4856 PT1=VAL(MID$(E$(P3),72,2)) : PT2=PT1
4860 REM INCIO DO LOOP
4862 IF P1=PM1(I) AND P2=PM2(I) THEN GOTO 4864 ELSE GOTO 4866
4864 IF P3=PM3(I) THEN KT=KT+1
4866 IF PT1=PT2 THEN NCDR=NCDR +1
4867 IF NCDR = 2 THEN GOTO 4875
4868 P1=P2 : P2=P3 : P3=PT2 : PT2=VAL(MID$(E$(PT2),72,2)) : GOTO 4860
4875 IF KT=2 THEN GOSUB 8900
4880 NEXT I
4885 GOTO 4930
4890 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2)) : NP=0 : PC=P2 : NCDR=0 : NP2 = 0 : INIPE = 0 : GO
TO 4894
4892 P2=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
4894 IF PC=P2 THEN NCDR=NCDR +1
4896 IF NCDR = 2 THEN RETURN
4897 IF PD2(I)=P2 THEN NP=NP+1 : NP2 = 1
4898 IF PD5(I) = P2 THEN NP=NP+1
4899 IF P2 = NORMA THEN INIPE = 3
4900 GOTO 4892
4914 NIVEL = NIVEL * 2 : SWAP INICIAL(NIVEL,0),INICIAL(NIVEL/2,NIVID)
4915 INICIAL(NIVEL+1,0)=PD2(I)
4916 SWAP PM1D5X$(NIVEL,0),PM1D5X$(NIVEL/2,NIVID)
4918 SWAP T(NIVEL,0), T(NIVEL/2,NIVID)
4920 MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6) = "2" : NIVID=0
4930 IF FUMAX < T(NIVEL,NIVID)* 2 THEN FUMAX = T(NIVEL,NIVID) * 2
4931 IF DMAXI > 0 THEN GOTO 4933
4932 DMAXI = 2 * T(NIVEL,NIVID)
4933 IF INICIAL(NIVEL,NIVID) = 0 THEN GOTO 2417
4934 IF NIVID > 0 THEN INICIO=INICIAL(NIVEL,NIVID) :GOSUB 500 : DMENOR=9600 : G
OSUB 9300
4940 GOTO 3000
4950 REM
4953 P = VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),6,1))
4954 IF P > 0 THEN GOTO 4980

```

```

4955 PD2=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1,2)) : PD5=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3,2)) :
X$=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5,1) : N1=N1 + 1
4960 E$(N1)=E$(PD5) : E$(N1+1)=E$(PD2)
4962 IF MID$(E$(PD5),3,1)="R" THEN ANG(N1)=ANG(PD5)
4965 K$=STR$(N1)
4970 IF N1 < 10 THEN MID$(E$(PD2),72)=K$ : MID$(E$(N1),1)=K$ ELSE MID$(E$(PD2),7
2)=MID$(K$,2,2) : MID$(E$(N1),1)=MID$(K$,2,2)
4972 K$=STR$(N1+1)
4974 IF N1+1 ( 10 THEN MID$(E$(PD5),72)=K$ : MID$(E$(N1+1),1)=K$ ELSE MID$(E$(P
D5),72)=MID$(K$,2,2) : MID$(E$(N1+1),1)=MID$(K$,2,2)
4976 IF X$="S" THEN MID$(E$(N1),70)="S" : MID$(E$(N1+1),70)="L" ELSE MID$(E$(N1
,70)="L" : MID$(E$(N1+1),70)="S"
4978 N1=N1+ 1 : RETURN
4980 IF P=2 THEN RETURN
4981 PT1=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),1,2)) : PT2=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),3,2)) :
X$=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5,1) : N1=N1 + 1
4983 IF P = 1 THEN E$(N1)=E$(PT1) : K(N1) = K(PT1) : ANG(N1) = ANG(PT1) ELSE E$(
N1) =E$(PT2) : K(N1) = K(PT2) : ANG(N1) = ANG(PT2) : PT2 = N1 : GOTO 4990
4984 P1 = PT2
4985 NP2 = VAL(MID$(E$(P1),72,2))
4986 IF NP2 = PT1 THEN K$ = STR$(N1) ELSE P1 = NP2 : GOTO 4985
4987 IF N1 < 10 THEN MID$(E$(P1),72)=K$ ELSE MID$(E$(P1),72)=MID$(K$,2,2)
4988 PT1 = N1
4990 K$=STR$(PT2)
4991 IF PT2 < 10 THEN MID$(E$(PT1),72)=K$ ELSE MID$(E$(PT1),72)=MID$(K$,2,2)
4993 MID$(E$(PT2),70)=MID$(PM1D5X$(NIVEL,0),5,1)
4995 RETURN
-----
5000 REM SUBROTINA DO INCENTRO
5010 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2))
5015 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
5017 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
5018 PM1=P1 : PM2=P2 : PM3=P3
5019 TTM= 9900
5020 P1$=MID$(E$(INICIO),72,2)
5025 P2$=MID$(E$(P1),72,2)
5030 P3$=MID$(E$(P2),72,2)
5035 TP$(P1)=MID$(E$(P1),3,1) : TP$(P2)=MID$(E$(P2),3,1)
5040 TOR$=P1$+P2$+P3$
5045 IF TP$(P1) = "C" THEN GOTO 5060
5050 A1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22))
5055 GOTO 5070
5060 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22))
5070 IF TP$(P2) = "C" THEN GOTO 5085
5075 A2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) : X2$=MID$(E$(P2),70,1)
5080 GOTO 5090
5085 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) : X2$= MID$(E$(P2),70,1)
5090 REM
5092 NCDR =0
5095 REM
5097 REM
5100 P3$=MID$(E$(P2),72,2) : PDOIS=0
5105 TR1$=P1$+P2$+P3$
5110 IF TR1$=TOR$ THEN NCDR=NCDR +1
5115 IF NCDR = 2 THEN RETURN
5120 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
5122 ILMAX = 5000 : ILIM = 0
5125 TP$(P3)=MID$(E$(P3),3,1)
5130 IF TP$(P3) = "C" THEN GOTO 5145
5135 A3=VAL(MID$(E$(P3),4,22)) : B3=VAL(MID$(E$(P3),26,22)) : D3=VAL(MID$(E$(P3)
,48,22)) : X3$=MID$(E$(P3),70,1)
5140 GOTO 5146
5145 X3=VAL(MID$(E$(P3),4,22)) : Y3=VAL(MID$(E$(P3),26,22)) : R3=VAL(MID$(E$(P3)
,48,22)) : X3$=MID$(E$(P3),70,1)

```

```

5146 IF MID$(E$(P2),71,1) = "F" THEN ILIM = 2 : ILMAX = R2
5147 IF MID$(E$(P1),71,1) = "F" THEN IF ILMAX > R1 THEN ILMAX = R1
5148 IF MID$(E$(P3),71,1) = "F" THEN IF ILMAX > R3 THEN ILMAX = R3
5150 REM
5152 INCENS= TP$(P1)+TP$(P2)+TP$(P3)
5153 REM PRINT INCENS,TRIS
5155 IF INCENS = "CCC" THEN PDOIS=2 : GOTO 5300
5160 IF INCENS = "CCR" THEN GOTO 5420
5165 IF INCENS = "CRC" THEN GOTO 5440
5170 IF INCENS = "CRR" THEN GOTO 5460
5175 IF INCENS = "RCC" THEN GOTO 6000
5180 IF INCENS = "RRC" THEN GOTO 6020
5185 IF INCENS = "RCR" THEN GOTO 5400
5190 IF INCENS = "RRR" THEN GOTO 5200
5200 REM CASO "RRR"
5202 REM
5205 DET=-(A1*B2*K(P3) + B1*K(P2)*A3 + K(P1)*A2*B3 - K(P1)*B2*A3- B1*A2*K(P3)- A
1*K(P2)*B3)
5210 XXX=-(D1*B2*K(P3) + B1*K(P2)*D3 + D2*B3*K(P1)- K(P1)*B2*D3-B1*D2*K(P3) - D1
*K(P2)*B3)/DET
5214 YYY=-(D2*A1*K(P3) + D1*K(P2)*A3 + A2*D3*K(P1)- K(P1)*D2*A3-D1*A2*K(P3) - A1
*K(P2)*D3)/DET
5220 TTT=(D1-A1*XXX-B1*YYY)/-K(P1)
5225 GOTO 6850
5300 REM CASO "CCC"
5305 REM
5310 CCC%=MID$(E$(P1),71,1)+MID$(E$(P2),71,1)+ MID$(E$(P3),71,1)
5315 IF CCC%="FFM" OR CCC%="MMF" THEN GOTO 5350
5320 IF CCC%="FMF" OR CCC%="MFM" THEN GOTO 5380
5322 REM
5325 A2=2*(X2-X1) : B2=2*(Y2-Y1)
5330 D2=-(X1^2 +Y1^2 -R1^2+ R2^2 -X2^2 -Y2^2)
5332 AKP2=2*(R1*K(P1)-R2*K(P2))
5335 A3=2*(X3-X1) : B3=2*(Y3-Y1)
5340 D3=-(X1^2 +Y1^2 -R1^2+ R3^2 -X3^2 -Y3^2)
5342 AKP3=2*(R1*K(P1)-R3*K(P3)) : AKP1=K(P1)
5345 GOTO 5470
5347 REM
5350 A1=2*(X1-X3) : B1=2*(Y1-Y3)
5355 D1=-(X3^2 +Y3^2 -R3^2+ R1^2 -X1^2 -Y1^2)
5357 AKP1=2*(R3*K(P3)-R1*K(P1))
5360 A2=2*(X2-X3) : B2=2*(Y2-Y3)
5365 D2=-(X3^2 +Y3^2 -R3^2+ R2^2 -X2^2 -Y2^2)
5368 AKP2=2*(R3*K(P3)-R2*K(P2)) : AKP3=K(P3)
5370 X1=X3 : Y1=Y3 : R1=R3 : A3=A1 : B3=B1 : D3=D1 : SWAP AKP1,AKP3
5372 GOTO 5470
5375 REM DE "CCC" P/ "RCR"
5380 A1=2*(X1-X2) : B1=2*(Y1-Y2)
5385 D1=-(X2^2 +Y2^2 -R2^2+ R1^2 -X1^2 -Y1^2)
5387 AKP1=2*(R2*K(P2)-R1*K(P1))
5390 A3=2*(X3-X2) : B3=2*(Y3-Y2)
5395 D3=-(X2^2 +Y2^2 -R2^2+ R3^2 -X3^2 -Y3^2)
5396 AKP3=2*(R2*K(P2)-R3*K(P3)) : AKP2=K(P2)
5397 A2=A1 : B2=B1 : D2=D1 : X1=X2 : Y1=Y2 : R1=R2 : SWAP AKP1,AKP2
5398 GOTO 5470
5399 REM
5400 REM
5405 A2=A1 : B2=B1 : D2=D1 : X1=X2 : Y1=Y2 : R1=R2
5407 AKP1=K(P2) : AKP2=K(P1) : AKP3=K(P3)
5410 GOTO 5470
5415 REM
5420 REM CASO CCR
5422 IF MID$(E$(P1),71,1)="F" THEN PDOIS=2
5423 IF MID$(E$(P2),71,1)="F" THEN PDOIS=2
5425 A2=2*(X2-X1) : B2=2*(Y2-Y1)
5430 D2=-(X1^2 +Y1^2 -R1^2+ R2^2 -X2^2 -Y2^2)
5432 AKP2=2*(R1*K(P1)-R2*K(P2))

```

```

5433 AKP1=K(P1) : AKP3=K(P3)
5435 GOTO 5470
5440 REM
5442 IF MID$(E$(P1),71,1)="F" THEN PDOIS=2
5443 IF MID$(E$(P3),71,1)="F" THEN PDOIS=2
5445 REM CASO CRC
5450 A3= 2*(X3-X1) : B3=2*(Y3-Y1)
5455 D3=-(X1^2 +Y1^2 -R1^2+ R3^2 -X3^2 -Y3^2)
5457 AKP3=2*(R1*K(P1)-R3*K(P3))
5458 AKP1=K(P1) : AKP2=K(P2)
5459 GOTO 5470
5460 REM
5465 AKP1=K(P1) : AKP2=K(P2) : AKP3=K(P3)
5470 REM
5471 IF (A3=0) AND (B3=0) THEN GOTO 6100
5472 IF (A2=0) AND (A3 = 0) THEN GOTO 5770
5473 IF (B2=0) AND (B3 = 0) THEN GOTO 5830
5475 IF (A2=0) AND (B3= 0) THEN GOTO 5540
5478 IF (A3=0) AND (B2 =0) THEN GOTO 5570
5480 IF A2 = 0 THEN GOTO 5590
5482 IF B2 = 0 THEN GOTO 5610
5485 IF A3 = 0 THEN GOTO 5620
5488 IF B3 = 0 THEN GOTO 5640
5495 REM
5500 E0=A3*B2 - B3*A2 : F0 = D3*B2- D2*B3 : G0 = B3*AKP2 -AKP3*B2
5505 C0=-G0/E0 : D0=F0/E0
5510 REM X=C0.t + D0
5515 GI= AKP2*A3 - A2*AKP3 : H0= A2*B3 - A3*B2 : K0=A2*D3 -A3*D2
5520 A0 = -GI/H0 : B0 = K0/H0
5525 REM Y= A0. t + B0
5530 GOTO 5660
5535 REM A2 = B3
5540 A0=AKP2/B2 : B0 = D2/B2
5545 REM Y = A0. t + B0
5550 C0 = AKP3/A3 : D0 = D3/A3
5555 REM X = C0. t + D0
5560 GOTO 5660
5565 REM A3=B2=0
5570 A0= AKP3/B3 : B0 = D3/B3
5575 C0= AKP2/A2 : D0 = D2/A2
5580 GOTO 5660
5585 REM A2=0
5590 A0 =AKP2/B2 : B0 = D2/B2
5595 C0 = (-B3*A0 + AKP3)/A3 : D0 = (-B3*B0 + D3)/A3
5600 GOTO 5660
5605 REM B2 = 0
5610 C0 =AKP2/A2 : D0 = D2/A2
5615 A0 = (-A3*C0 + AKP3)/B3 : B0 = (-A3*D0 + D3)/B3
5618 GOTO 5660
5620 REM A3=0
5625 A0 = AKP3/B3 : B0=D3/B3
5630 C0 = (-B2*A0 + AKP2)/A2 : D0 = (-B2*B0 + D2)/A2
5633 GOTO 5660
5635 REM B3=0
5640 C0 = AKP3/A3 : D0 = D3/A3
5645 A0 = (-A2*C0 + AKP2)/B2 : B0 = (-A2*D0 + D2)/B2
5650 REM
5660 REM SUBROTINA P/ Y=A0. t + B0 e X=C0. t + D0
5670 E0=D0-X1 : F0 = B0 - Y1
5675 REM G0t^2 + H0t + GI
5680 G0 = C0^2+ A0^2 -AKP1^2 : H0 = 2*(C0*E0 + A0*F0 - R1*AKP1)
5685 GI = E0^2 + F0^2 - R1^2
5686 IF G0=0 THEN GOTO 5800
5687 DEL = H0^2 - 4*GI*G0
5688 IF ABS( DEL) < COMPAR * 50 THEN DEL = 0 : GOTO 5690
5689 IF DEL < 0 THEN TTT = 11000 : GOTO 6850
5690 T01 = (-H0-DEL^.5)/2/G0 : T02 = (-H0 + DEL^.5)/2/G0

```

```

5691 IF T01 < COMPAR*10 AND T02 < COMPAR*10 THEN TTT = 11000 : GOTO 6850
5692 IF T01 > ILMAX THEN T01 = T02 : T02 = 9900
5693 IF T01 < 0 THEN T01=T02 : XT1=XT2 : T02=9990
5694 IF T01 > ILMAX THEN IF ILMAX = 2 THEN TTT = ILMAX :XXX = C0*TTT+D0 :YYY=A0*T
TT +B0 : GOTO 6850 ELSE GOTO 6840
5699 XT1 = C0*T01 + D0 : XT2 = C0*T02 + D0
5700 REM PRINT T01,XT1,T02,XT2
5701 IF T01 < 0 THEN T01=T02 : XT1=XT2 : T02=9990
5702 IF T01 <= 0 THEN TTT=9900 : GOTO 6850
5703 IF CCC$="FFF" THEN IF T02 < T01 GOTO 5704 ELSE GOTO 5705
5704 GOTO 5708
5705 T01=T02 : XT1 = XT2
5708 IF PDOIS=2 THEN GOTO 6270
5710 IF X2$ = " " THEN GOSUB 6600 ELSE GOSUB 6704
5715 IF (B1=0) OR (B2=0) THEN GOTO 5860
5720 IF ABS(X-XT1) > 10*COMPAR THEN GOTO 5750
5730 XXX= X
5731 IF C0=0 THEN TTT=T01 : GOTO 5740
5735 TTT=XXX/C0 -D0/C0
5740 YYY = A0*TTT + B0
5745 GOTO 6850
5750 XXX=XT2
5752 IF C0=0 THEN TTT=T02 : GOTO 5760
5755 TTT=XXX/C0 -D0/C0
5760 YYY = A0*TTT+ B0
5762 GOTO 6850
5765 REM A2=A3=0
5770 D0 = AKP3*B2 - B3*AKP2 : IF ABS(D0) < COMPAR THEN TTT = 11000 : GOTO 6850
5771 YYY=(D2*AKP3-D3*AKP2)/D0
5772 IF AKP2=0 THEN TTT=83*XXX/AKP3-D3/AKP3 : GOTO 5778
5775 TTT = B2*YYY/AKP2 - D2/AKP2
5778 T01=TTT
5780 IF X2$=" " THEN GOSUB 6600 ELSE GOSUB 6704
5785 XXX = X
5790 GOTO 6850
5800 REM CASO G0=0
5801 IF H0=0 THEN TTT=9900 : GOTO 6850
5802 T01=-G1/H0
5803 IF A0=0 THEN GOTO 5813
5804 XT1=C0*T01 + D0
5805 IF X2$ = " " THEN GOSUB 6600 ELSE GOSUB 6704
5807 IF ABS(X-XT1) > COMPAR THEN TTT=11000 : GOTO 6850
5808 XXX= X : TTT=T01
5810 YYY = A0*TTT + B0
5812 GOTO 6850
5813 YT1=B0
5815 IF X2$ = " " THEN GOSUB 6600 ELSE GOSUB 6704
5817 IF ABS(Y-YT1) < COMPAR THEN PRINT "T01 e SOLUCAO " ELSE TTT=11000 : GOTO 68
50
5818 YYY= Y : TTT=T01
5820 XXX = C0*TTT + D0
5822 GOTO 6850
5825 REM
5830 REM B2=83
5835 D0 = AKP3*A2 - A3*AKP2
5836 IF ABS(D0) < COMPAR THEN TTT = 11000 : GOTO 6850
5837 XXX=(D2*AKP3-D3*AKP2)/D0
5838 IF AKP2=0 THEN TTT=A3*XXX/AKP3-D3/AKP3 : GOTO 5842
5840 TTT = A2*XXX/AKP2 - D2/AKP2
5842 T01=TTT
5845 IF X2$=" " THEN GOSUB 6600 ELSE GOSUB 6704
5850 YYY= Y
5855 GOTO 6850
5860 YT1=A0*T01 + B0 : YT2=A0*T02 + B0
5865 IF ABS(Y-YT1) < 10*COMPAR THEN YYY=Y ELSE YYY=YT2
5870 TTT = YYY/A0 - B0/A0
5880 XXX=C0*TTT + D0

```



```

5885 GOTO 6850
5990 REM CASO RCC
5980 REM
6000 A2=2*(X3-X2) : B2=2*(Y3-Y2)
6002 IF MID$(E$(P2),71,1)="F" THEN P00IS=2
6003 IF MID$(E$(P3),71,1)="F" THEN P00IS=2
6005 D2=-(X2^2 +Y2^2 -R2^2+ R3^2 -X3^2 -Y3^2)
6006 AKP2=2*(R2*K(P2)-R3*K(P3))
6007 AKP1=K(P3) : AKP3=K(P1)
6008 X1=X3 : Y1=Y3 : R1=R3 : A3=A1 : B3=B1 : D3=D1
6009 GOTO 5470
6010 REM
6020 REM CASO "RRC" P/ "CRR"
6030 X1=X3 : Y1=Y3 : R1=R3 : A3=A1 : B3=B1 : D3=D1
6035 AKP1=K(P3) : AKP3 =K(P1) : AKP2=K(P2)
6040 GOTO 5470
6100 REM CASO A3=0 AND B3=0
6110 TTT=-D3/AKP3
6115 T01=TTT
6120 IF B2=0 THEN GOTO 6210
6125 REM Y= A0. t + B0
6130 A0=-A2/B2 : B0=(D2 + AKP2*TTT)/B2
6140 C0=B0 - A0
6145 D0 = R1 + AKP1*TTT
6150 E0 = 1 + A0^2
6155 F0 = 2*A0*C0 - 2*X1
6160 G0 = X1^2 + C0^2 - D0^2
6165 DEL = F0^2 - 4*G0*E0
6170 IF DEL < 0 THEN PRINT " ERRO EM 6170 "
6175 XT1 = (-F0 + DEL^.5)/2/E0 : XT2= (-F0 - DEL^.5)/2/E0
6180 T01=TTT
6185 IF X2$= " " THEN GOSUB 6000 ELSE GOSUB 6704
6190 XXX = X
6195 YYY= A0*XXX+ B0
6200 GOTO 6850
6210 REM B2=0
6220 XXX= (AKP2*TTT + D2)/A2
6225 A0=(XXX -X1) : B0=R1 + AKP1*TTT
6230 C0 = A0^2 -B0^2 + Y1^2
6235 DEL = 4*Y1 - 4*C0
6240 YT1=(2*Y1 + DEL^.5)/2 : YT2 = (2*Y1 - DEL^.5)/2
6245 IF X2$= " " THEN GOSUB 6600 ELSE GOSUB 6704
6250 YYY= Y
6260 GOTO 6850
6270 REM
6275 GOSUB 6704
6280 IF B1=0 OR B2=0 THEN GOTO 6320
6285 IF ABS(X-XT1) < B0*COMPAR THEN GOSUB 6600 :GOTO 6290 ELSE GOTO 6346
6290 IF B2=0 OR B3=0 THEN GOTO 6330
6295 IF ABS(X-XT1) < B0*COMPAR THEN GOTO 6300 ELSE GOTO 6346
6300 XXX=XT1
6302 IF C0=0 THEN TTT=T01 :GOTO 6307
6305 TTT=XXX/C0 -D0/C0
6307 YYY=A0*TTT + B0
6310 GOTO 6850
6315 REM
6320 YT1=A0*T01 + B0
6325 IF ABS(Y-YT1) < B0*COMPAR THEN GOSUB 6600 : GOTO 6290 ELSE GOTO 6346
6330 YT1=A0*T01 + B0
6335 IF ABS(Y-YT1) < B0*COMPAR THEN YYY=YT1 : GOTO 6340
6336 GOTO 6350
6340 TTT=YYY/A0 -B0/A0
6342 XXX=C0*TTT + D0
6345 GOTO 6850
6346 REM
6350 REM TESTE DE T02
6352 IF T02 > 9000 THEN GOTO 6800 ELSE SWAP T01,T02 :SWAP XT1,XT2 : GOSUB 6704

```

```

6355 IF B1=0 OR B2=0 THEN GOTO 6380
6357 IF ABS(X-XT1) > 10*COMPARE THEN GOTO 6800 ELSE GOSUB 6600
6360 IF B2=0 OR B3=0 THEN GOTO 6390
6362 IF ABS(X-XT1) > 10*COMPARE THEN GOTO 6800
6365 REM T01 COMO SOLUCAO
6367 XXX=XT1
6370 IF C0=0 THEN TTT=T01 :GOTO 6375
6372 TTT=XXX/C0 -D0/C0
6375 YYY=A0*TTT + B0
6377 GOTO 6850
6380 REM
6382 YT1=A0*T01 + B0
6385 IF ABS(Y-YT1) > 10*COMPARE THEN TTT=9990 :GOTO 6850 ELSE GOSUB 6600 :GOTO 63
60
6390 YT1=A0*T01 + B0
6392 IF ABS(Y-YT1) > 10*COMPARE THEN TTT=9990 : GOTO 6850
6395 TTT=YYY/A0 -B0/A0
6397 XXX=C0*TTT + D0
6399 GOTO 6850
6400 REM
6600 PT1=P1 : PT2=P2
6601 P1=P2
6605 IF TP$(P1) ="C" THEN GOTO 6610
6607 A1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) +K(P1)*T01
6608 GOTO 6615
6610 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) +K(P1)*T01
6615 P2=P3
6617 IF TP$(P2) ="C" THEN GOTO 6625
6620 A2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) +K(P2)*T01 : X2%=MID$(E$(P2),70,1)
6624 GOTO 6640
6625 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) +K(P2)*T01 : X2%=MID$(E$(P2),70,1)
6640 REM
6650 INTER$= TP$(P1) + TP$(P2)
6660 GOSUB 10690
6661 P1=PT1 : P2=PT2
6662 RETURN
6704 IF TP$(P1)="C" THEN GOTO 6707
6705 D1 =VAL(MID$(E$(P1),48,22)) + T01*K(P1)
6706 GOTO 6708
6707 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) +K(P1)*T01
6708 IF TP$(P2) ="C" THEN GOTO 6712
6710 D2 =VAL(MID$(E$(P2),48,22)) + T01*K(P2) : X2%=MID$(E$(P2),70,1)
6711 GOTO 6715
6712 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) +K(P2)*T01 : X2%=MID$(E$(P2),70,1)
6715 REM
6716 INTER$= TP$(P1) + TP$(P2)
6717 GOSUB 10690
6719 RETURN
6800 IF T01P$ ="S" THEN T01P$="N" : GOTO 6367
6810 TTT = 11000 : GOTO 6850
6840 REM
6842 IF NIVFOL = 3 THEN T01 = ILMAX : T02 = ILMAX : GOTO 5699 ELSE TTT = 11000
6850 REM PRINT TTT,XXX,YYY
6852 IF TTT > 10000 THEN GOTO 6860
6853 IF ABS(TTT-TTM) < COMPARE THEN GOTO 6856
6854 IF TTT < TTM THEN PM1=P1 : PM2=P2 : PM3=P3 : TTM=TTT : XXM=XXX : YYM=YYY : P
M1(0)=P1 : PM2(0)=P2 : PM3(0)=P3 : XXM(0)=XXX : YYM(0)=YYY : PS=0
6855 GOTO 6860
6856 PS=PS+1 : PM1(PS)=P1 : PM2(PS)=P2 : PM3(PS)=P3 : XXM(PS)=XXX : YYM(PS)=YYY
6860 P2=VAL(P3$)
6870 P1=VAL(P2$)

```

```

6880 TP$(P1)=MID$(E$(P1),3,1)
6890 IF TP$(P1)="C" THEN GOTO 6910
6900 A1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) : X1%=MID$(E$(P1),70,1)
6905 GOTO 6920
6910 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) : X1%=MID$(E$(P1),70,1)
6920 TP$(P2)=MID$(E$(P2),3,1)
6925 IF TP$(P2)="C" THEN GOTO 6940
6930 A2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) : X2%=MID$(E$(P2),70,1)
6935 GOTO 6950
6940 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) : X2%=MID$(E$(P2),70,1)
6950 P1%=P2%
6960 P2%=P3%
6980 REM FINAL DO LOOP
6990 IF NIVFOL = 3 THEN RETURN
6995 GOTO 5100
7000 REM
7005 REM
7010 REM
7015 NCDR = 0
7020 P1%=MID$(E$(INICIO),72,2)
7025 P2%=MID$(E$(P1),72,2)
7030 P1=VAL(P1%) : P2= VAL(P2%)
7033 PD2=P1 : PD5=P2
7034 TDM=15000
7035 CONTRIS=P1%+P2%
7040 REM
7050 REM INICIO DO LOOP
7055 P2%=MID$(E$(P1),72,2)
7065 CONTRIO%=P1%+P2%
7070 IF CONTRIS=CONTRIO% THEN NCDR=NCDR + 1
7075 IF NCDR = 2 THEN RETURN
7080 P2=VAL(P2%)
7085 DD%=MID$(E$(P2),3,1) + MID$(E$(P2),71,1)
7090 IF DD%="CM" THEN GOSUB 7200
7093 REM
7095 P1=P2 : P1%=P2%
7100 GOTO 7050
7150 REM
7180 REM
7190 REM
7200 REM
7207 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
7210 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) : P4=P3
7212 P5=VAL(MID$(E$(P4),72,2))
7215 SWAP X2,XX(P2,P3) : SWAP Y2,YY(P2,P3)
7217 REM
7220 GOSUB 8470 : GOSUB 8000
7225 AR1(P2)=A : BR1(P2)=B : DR1(P2)=DR
7230 K1(P2)=K : ANG12=ANG(P2)
7235 SWAP X2,XX(P2,P3) : SWAP Y2,YY(P2,P3)
7240 SWAP X2,XX(P1,P2) : SWAP Y2,YY(P1,P2)
7245 GOSUB 8470 : GOSUB 8000
7247 REM
7250 AR2(P2)=A : BR2(P2)=B : DR2(P2)=DR
7255 K2(P2)=K : ANG22=ANG(P2)
7260 SWAP X2,XX(P1,P2) : SWAP Y2,YY(P1,P2)
7265 ANGULO(P2)=ANG22-ANG12
7267 IF K1(P2)*K2(P2)=1 THEN ANGULO(P2)=ANGULO(P2) + 180
7270 IF ANGULO(P2) < 0 THEN ANGULO(P2) = ANGULO(P2) + 360
7330 REM
7335 REM
7340 P5%=MID$(E$(P4),72,2)

```

```

7345 IF P1$=P5$ THEN RETURN
7350 P5=VAL(MID$(E$(P4),72,2))
7355 P6=VAL(MID$(E$(P5),72,2))
7420 TP$(P5)=MID$(E$(P5),3,1)
7425 IF TP$(P5)="C" THEN GOTO 7600
7430 A5=VAL(MID$(E$(P5),4,22)) : B5=VAL(MID$(E$(P5),26,22)) : D5=VAL(MID$(E$(P5)
,48,22))
7440 DET = A5^2 + B5^2
7450 D= B5*X2 - A5*Y2
7460 X=(B5*D + D5*A5)/DET
7465 Y=(B5*D5 - D*A5)/DET
7468 REM PRINT X,Y
7470 A0=((XX(P4,P5)-X)^2 + (YY(P4,P5)-Y)^2)^.5
7475 B0=((XX(P5,P6)-X)^2 + (YY(P5,P6)-Y)^2)^.5
7480 C0=((XX(P4,P5)-XX(P5,P6))^2 + (YY(P4,P5)-YY(P5,P6))^2)^.5
7485 D0=ABS(C0-A0-B0)
7487 REM
7488 REM
7490 IF D0 > COMPAR THEN TT=15500 : GOTO 7900
7495 D=AR1(P2)*X + BR1(P2)*Y - DR1(P2)
7496 IF ABS(D) < COMPAR THEN K1=K1(P2) : PCANC1=10 : GOTO 7500
7497 K1=D/ABS(D)
7500 D=AR2(P2)*X + BR2(P2)*Y - DR2(P2)
7502 IF ABS(D) < COMPAR THEN K2=K2(P2) : PCANC2=10 : GOTO 7510
7505 K2=D/ABS(D)
7510 KT= K1(P2)-K1 + K2(P2)-K2
7512 IF ANGULO(P2) > 180 THEN GOTO 7515
7513 IF KT (> 0 THEN TT=15500 : GOTO 7900
7514 GOTO 7525
7515 IF KT < 4 THEN TT=15500 : GOTO 7900
7525 TT =(ABS((A5*X2 + B5*Y2 - D5)/(A5^2 + B5^2)^.5) - R2)/2
7526 REM
7527 REM PRINT TT,P2,P5
7530 GOTO 7800
7600 REM CASO TP$(P5)="C"
7605 S1$=MID$(E$(P5),71,1)
7613 X5=VAL(MID$(E$(P5),4,22)) : Y5=VAL(MID$(E$(P5),26,22)) : R5=VAL(MID$(E$(P5)
,48,22))
7615 SWAP XX(P1,P2),X2 : SWAP YY(P1,P2),Y2 : SWAP XX(P2,P3),X5 : SWAP YY(P2,P3),
Y5
7620 GOSUB 8470 : GOSUB 8000
7622 REM
7623 ACC=A : BCC=B : DCC=DR
7625 SWAP XX(P1,P2),X2 : SWAP YY(P1,P2),Y2 : SWAP XX(P2,P3),X5 : SWAP YY(P2,P3),
Y5
7630 KP2P5=K : DECR=ANG(P2)
7635 ANGULO12=DECR - ANG12
7640 IF K1(P2)*KP2P5 = 1 THEN ANGULO12 = ANGULO12 + 180
7645 IF ANGULO12 < 0 THEN ANGULO12 = ANGULO12 + 360
7650 KP5P2 =-KP2P5
7655 ANGULO22 = ANG22 - DECR
7660 IF KP5P2*K2(P2) = 1 THEN ANGULO22 = ANGULO22 + 180
7661 REM
7665 IF ANGULO22 < 0 THEN ANGULO22 = ANGULO22 + 360
7666 REM
7670 SOANG1=ABS(ANGULO(P2) - ANGULO12 - ANGULO22)
7675 IF SOANG1 > COMPAR THEN TT=15500 : GOTO 7900
7676 IF ANGULO12 < .5 THEN PCANC12=10
7677 IF ANGULO22 < .5 THEN PCANC22=10
7678 SWAP XX(P2,P3),X5 : SWAP YY(P2,P3),Y5
7680 SWAP XX(P1,P2),XX(P4,P5) : SWAP YY(P1,P2),YY(P4,P5)
7685 GOSUB 8470 : GOSUB 8000
7690 K1(P5)=K : ANG15=ANG(P2)
7695 AR1(P5)=A : BR1(P5)=B : DR1(P5)=DR
7697 SWAP XX(P2,P3),XX(P5,P6) : SWAP YY(P2,P3),YY(P5,P6)
7698 SWAP XX(P1,P2),XX(P5,P6) : SWAP YY(P1,P2),YY(P5,P6)
7699 REM

```

```

7700 GOSUB 8470 : GOSUB 8000
7703 AR2(P5)=A : BR2(P5)=B : DR2(P5)=DR
7705 K2(P5)=K : ANG25=ANG(P2)
7706 REM
7707 SWAP XX(P2,P3),XX(P5,P6) : SWAP YY(P2,P3),YY(P5,P6)
7708 SWAP X5,XX(P1,P2) : SWAP Y5,YY(P1,P2)
7709 SWAP XX(P1,P2),XX(P2,P3) : SWAP YY(P1,P2),YY(P2,P3)
7710 SWAP XX(P1,P2),XX(P4,P5) : SWAP YY(P1,P2),YY(P4,P5)
7711 ANGULO(P5) = ANG25 - ANG15
7712 REM
7713 IF K1(P5)*K2(P5) = 1 THEN ANGULO(P5)=ANGULO(P5) + 180
7715 IF ANGULO(P5) < 0 THEN ANGULO(P5) = ANGULO(P5) + 360
7717 ANGULO15 =DECR - ANG15
7720 IF K1(P5)*KP5P2 = 1 THEN ANGULO15 = ANGULO15 + 180
7722 IF ANGULO15 < 0 THEN ANGULO15 = ANGULO15 + 360
7725 ANGULO25 = ANG25 - DECR
7727 IF K2(P5)*KP2P5 = 1 THEN ANGULO25 = ANGULO25 + 180
7730 IF ANGULO25 < 0 THEN ANGULO25 = ANGULO25 + 360
7731 REM
7732 REM
7733 SOANG2=ABS(ANGULO(P5) -ANGULO15 -ANGULO25)
7734 IF SOANG2 > COMPAR THEN TT=15500 : GOTO 7900
7735 IF ANGULO15 < .5 THEN PCANC15=10
7736 IF ANGULO25 < .5 THEN PCANC25=10
7737 IF ST$="M" THEN GOTO 7740
7738 TT =(-(X5-X2)^2 + (Y5-Y2)^2)^.5 -R2 + R5) /2
7739 GOTO 7742
7740 TT =(((X5-X2)^2 + (Y5-Y2)^2)^.5 -R2 -R5)/2
7742 REM
7750 REM
7800 IF TT < 0 THEN TT=15500 : GOTO 7900
7820 IF TT > 10000 THEN GOTO 7900
7830 IF ABS(TT-TDM) > COMPAR THEN GOTO 7850
7831 REM
7832 FOR I=0 TO PB
7834 IF P2=PD5(I) AND P5=PD2(I) THEN GOTO 7900
7835 REM
7836 NEXT I
7838 PB=PB +1
7839 GOSUB 7855
7840 PD2(PB)=P2 : PD5(PB)=P5 : GOTO 7900
7850 IF TT < TDM THEN PD2=P2 : PD2(0)=P2 : PD5=P5 : PD5(0) = P5 : TDM=TT : PB=0
ELSE GOTO 7900
7851 IF TP$(P5)="C" THEN ACM =ACC : BCM=BCC : DCM=DCC
7852 GOSUB 7855
7854 GOTO 7900
7855 IF TP$(P5)="C" THEN GOTO 7870
7860 IF PCANC1=10 THEN PCANC(PB)=9 : RETURN
7865 IF PCANC2=10 THEN PCANC(PB)=10 : RETURN
7868 PCANC(PB) = 0 : RETURN
7870 IF PCANC22=10 AND PCANC15 =10 THEN PCANC(PB)=10 : RETURN
7873 IF PCANC12=10 AND PCANC25 =10 THEN PCANC(PB)=9 : RETURN
7875 IF PCANC12=10 THEN PCANC(PB)=12 : RETURN
7878 IF PCANC22=10 THEN PCANC(PB)=22 : RETURN
7880 IF PCANC15=10 THEN PCANC(PB)=15 : RETURN
7883 IF PCANC25=10 THEN PCANC(PB)=25
7885 RETURN
7890 REM
7900 REM PRINT TT,TDM,PD2,PD5
7910 REM PRINT "
7950 REM FINAL DO LOOP
7955 P4=P5 : PCANC1=0 : PCANC2=0 : PCANC12=0 : PCANC22=0 : PCANC15=0 : PCANC25=0
7960 GOTO 7330
8000 REM
8010 A=YY(P1,P2)-YY(P2,P3) : B=XX(P2,P3) - XX(P1,P2)
8020 D=XX(P2,P3)*YY(P1,P2) - XX(P1,P2)*YY(P2,P3)
8025 IF D=0 THEN GOTO 8034

```

```

8030 DR = D/(A^2 + B^2)^.5
8031 A=A*DR/D : B=B*DR/D
8032 IF A < 0 THEN A=-A : B=-B : DR=-DR
8033 GOTO 8040
8034 IF A=0 THEN B=1 : DR=0 : GOTO 8040
8036 IF B=0 THEN A=1 : DR=0 : GOTO 8040
8038 ABAB = (A^2 + B^2)^.5 : A= A/ABAB : B=B/ABAB : DR=0
8039 IF A < 0 THEN A=-A : B=-B
8040 REM PRINT A,B,DR
8041 RETURN
8050 REM
8055 X1=VAL(MID$(E$(PD2(I)),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(PD2(I)),26,22)) : R1=VAL(MID
$(E$(PD2(I)),48,22))
8060 X2=VAL(MID$(E$(PD5(I)),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(PD5(I)),26,22)) : R2=VAL(MID
$(E$(PD5(I)),48,22))
8065 IF ABS(Y2-Y1) < COMPAR THEN GOTO 8075
8070 IF Y2 > Y1 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "L" ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,N
IVID),J) = "S"
8072 RETURN
8075 IF X2 > X1 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "S" ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,N
IVID),J) = "L"
8080 RETURN
8100 REM
8105 A5=VAL(MID$(E$(PD5(I)),4,22)) : B5=VAL(MID$(E$(PD5(I)),26,22)) : D5=VAL(MID
$(E$(PD5(I)),48,22))
8110 X2=VAL(MID$(E$(PD2(I)),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(PD2(I)),26,22)) : R2=VAL(MID
$(E$(PD2(I)),48,22))
8115 D=B5*X2 -A5*Y2
8120 DET = A5^2 + B5^2
8125 XX(PD2(I),PD5(I)) = (B5*D + D5*A5)/DET
8130 YY(PD2(I),PD5(I)) = (B5*D5 - D*A5)/DET
8135 IF ABS(Y2-YY(PD2(I),PD5(I))) < COMPAR THEN GOTO 8145
8140 IF Y2 > YY(PD2(I),PD5(I)) THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "S" ELSE MID$(P
M1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "L"
8142 RETURN
8145 IF X2 > XX(PD2(I),PD5(I)) THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "L" ELSE MID$(P
M1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "S"
8147 RETURN
8150 REM
8155 A5=VAL(MID$(E$(PD2(I)),4,22)) : B5=VAL(MID$(E$(PD2(I)),26,22)) : D5=VAL(MID
$(E$(PD2(I)),48,22))
8160 X2=VAL(MID$(E$(PD5(I)),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(PD5(I)),26,22)) : R2=VAL(MID
$(E$(PD5(I)),48,22))
8165 D=B5*X2 -A5*Y2
8170 DET = A5^2 + B5^2
8175 XX(PD2(I),PD5(I)) = (B5*D + D5*A5)/DET
8180 YY(PD2(I),PD5(I)) = (B5*D5 - D*A5)/DET
8185 IF ABS(Y2-YY(PD2(I),PD5(I))) < COMPAR THEN GOTO 8195
8190 IF Y2 > YY(PD2(I),PD5(I)) THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "L" ELSE MID$(P
M1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "S"
8192 RETURN
8195 IF X2 > XX(PD2(I),PD5(I)) THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "S" ELSE MID$(P
M1D5X$(NIVEL,NIVID),J) = "L"
8197 RETURN
8200 REM
8205 REM ID = ID + 1 : TE(ID) = 1 : TEIN(ID) = 1 : PONT1(ID) = XP12 : PONT2(ID) =
YP12 : PONT3(ID) = XP23 : PONT4(ID) = YP23
8207 NP = 0
8210 FOR I = 1 TO ID
8220 IF TEIN(I) = 2 THEN NP = 0 : P=ID+1-I : TEF(P)=TE(I) : PONF1(P) = PONT1(I) :
PONF2(P) = PONT2(I) : PONF3(P) = PONT3(I) : PONF4(P) = PONT4(I) : PONF5(P) = PONT5(
I) : GOTO 8240
8235 P = ID + NP + 1 - I - MIRZ(I) : TEF(P) = TE(I) : NP = NP + 1
8238 PONF1(P) = PONT1(I) : PONF2(P) = PONT2(I) : PONF3(P) = PONT3(I) : PONF4(P) = P
ONT4(I) : PONF5(P) = PONT5(I)
8240 NEXT I
8250 REM DESENHO

```

```

8260 FOR I = 1 TO ID
8265 IF TEF(I) = 1 THEN LINE(PONF1(I),PONF2(I))-(PONF3(I),PONF4(I)) ELSE CIRCLE
(PONF1(I),PONF2(I)),PONF3(I),,PONF4(I),PONF5(I)
8266 FOR J = 1 TO 3000
8268 NEXT J
8270 NEXT I
8272 FOR I = 1 TO NIUMAX
8273 DPERC(I) = 0 : DTESTE(I) = 0 : PDIFER(I) = 0
8274 NEXT I
8280 LOCATE 1,1 : PRINT
8285 LOCATE 1,1 : PRINT "          SE QUISER POS-PROCESSAMENTO ENTRE COM S"
8290 INPUT K$
8295 IF K$ = "S" OR K$ = "s" THEN GOTO 4000 ELSE GOTO 3052
8300 REM
8303 PG$(1) = "I   M30" : PG$(2) = "I   M22" : PG$(3) = "I   T99 M06" : PG$(4) = "I
   G40 G53 G90 X450000 Y150000 Z600000 B0 M05" : PG$(5) = "I   G00 G91 Z 200000" :
JP=5 : RETURN
8460 REM
8470 IF ABS(XX(P2,P3)-XX(P1,P2)) < COMPAR THEN ANG(P2)=90:GOTO 8570
8480 IF ABS(YY(P2,P3)-YY(P1,P2)) < COMPAR THEN ANG(P2)=180:GOTO 8600
8490 ANG(P2)=ATN((YY(P2,P3)-YY(P1,P2))/(XX(P2,P3)-XX(P1,P2)))*180/3.1415932#
8500 IF XX(P2,P3) > XX(P1,P2) THEN GOTO 8530
8510 IF XX(P2,P3) < XX(P1,P2) AND ANG(P2) < 0 THEN K=1 ELSE K=-1
8520 GOTO 8540
8530 IF ANG(P2) > 0 THEN K=1 ELSE K=-1
8540 IF ANG(P2) < 0 THEN ANG(P2)=ANG(P2)+180
8550 REM PRINT ANG(P2)
8560 RETURN
8570 IF YY(P2,P3) > YY(P1,P2) THEN K=1 ELSE K=-1
8580 REM PRINT ANG(P2)
8590 RETURN
8600 IF XX(P2,P3) < XX(P1,P2) THEN K=1 ELSE K=-1
8610 REM PRINT ANG(P2)
8620 RETURN
8630 REM
8635 P1=INICIO
8640 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
8645 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2)) : PC=P2 : NP=0 : NCDR=0
8646 XP12 =INT((XX(P1,P2)-XINFI) * TRANSX/(XSUPRE -XINFI))
8647 YP12 = 195 - INT((YY(P1,P2)-YINFI) * TRANSY/(YSUPRE -YINFI))
8648 IF ICTD = 0 THEN GOTO 8665
8649 IF XX(P1,P2) > 0 THEN XXP1P2 = INT(XX(P1,P2) * 1000 + .499) ELSE XXP1P2 = I
NT(XX(P1,P2) * 1000 - .499)
8650 IF YY(P1,P2) > 0 THEN YYP1P2 = INT(YY(P1,P2) * 1000 + .499) ELSE YYP1P2 = I
NT(YY(P1,P2) * 1000 - .499)
8651 REM D=((XX(P1,P2)-XP1P2)^2 +(YY(P1,P2)-YP1P2)^2)^.5/1000
8652 IF ICTD = 1 THEN GOSUB 8300 :GOTO 8660
8654 IF PAULA = 10 THEN ID = ID + 1 : TEIN(ID) = 2 : PONT1(ID) = 0 : PONT2(ID) =
0 : PONT3(ID) = 0 : PONT4(ID) = 0 : GOTO 8657
8655 ID = ID + 1 : TE(ID) = 1 : TEIN(ID) = 2 : PONT1(ID) = XP12 : PONT2(ID) = YP1
2 : PONT3(ID) = X12A : PONT4(ID) = Y12A
8656 JP=JP+1 : PG$(JP)="I   G01 X" +STR$(XP1P2) + " Y" + STR$(YP1P2) : GOTO 8660
8657 JP=JP+1 : PG$(JP)="I   G01 Z "+STR$(-INT(ZPASSE*1000+.499)- 5000):JP=JP+1 :
PG$(JP)="I   G91 Z -15000"
8658 JP = JP + 1 : PG$(JP) = "I   G90 X" + STR$(XP1P2) + " Y" + STR$(YP1P2) : JP
= JP + 1
8659 PG$(JP)="I   G00 G91 Z "+ STR$(INT(ZPASSE*1000+.499)+20000): PAULA=0
8660 REM INICIO DO LOOP
8663 XP1P2=XXP1P2 : YP1P2=YYP1P2
8665 IF P2=PC THEN NCDR=NCDR+1
8670 IF NCDR=2 THEN IF ICTD = 0 THEN RETURN ELSE X12A = XP23 : Y12A = YP23 : RET
URN
8675 P3=VAL(MID$(E$(P2),72,2))
8676 REM
8677 REM IF MIRTYZ = 1 THEN GOTO 8690
8680 IF XX(P2,P3) > 0 THEN XXP2P3 = INT(XX(P2,P3) * 1000 + .499) ELSE XXP2P3 = I
NT(XX(P2,P3) * 1000 - .499)

```

```

8685 IF YY(P2,P3) > 0 THEN YYP2P3 = INT(YY(P2,P3) * 1000 + .499) ELSE YYP2P3 = I
NT(YY(P2,P3) * 1000 - .499)
8690 IF ICTD = 0 THEN GOTO 8700
8691 TP$(P2) = MID$(E$(P2),3,1)
8692 ID = ID + 1 : NP = NP + 1 : JP = JP + 1 : MIRTYZ = NELEM - NP
8700 IF TP$(P2) = "R" THEN GOTO 8738
8705 X2 = VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2 = VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2 = VAL(MID$(E$(P2)
,48,22))
8706 IF X2 > 0 THEN X2P = INT(X2 * 1000 + .499) ELSE X2P = INT(X2 * 1000 - .499)
8708 IF Y2 > 0 THEN Y2P = INT(Y2 * 1000 + .499) ELSE Y2P = INT(Y2 * 1000 - .499)
8709 IF R2 > 0 THEN R2P = INT(R2 * 1000 + .499) ELSE R2P = INT(R2 * 1000 - .499)
8710 IF MID$(E$(P2),71,1) = "F" THEN GOSUB 8765 ELSE GOSUB 8770
8711 SWAP X2,XX(P2,P3) : SWAP Y2,YY(P2,P3)
8712 SWAP XX(P1,P2),XX(P2,P3) : SWAP YY(P1,P2),YY(P2,P3) : GOSUB 8470
8713 IF ANG(P2) = 180 THEN GOTO 8716
8714 ANGULO1 = ANG(P2) * 3.141593 / 180
8715 IF YY(P1,P2) > YY(P2,P3) THEN ANGULO1 = ANGULO1 + 3.141593 : GOTO 8717 ELSE
GOTO 8717
8716 IF XX(P1,P2) < XX(P2,P3) THEN ANGULO1 = 6.283185 ELSE ANGULO1 = 3.141593
8717 SWAP X2,XX(P2,P3) : SWAP Y2,YY(P2,P3)
8718 SWAP XX(P2,P3),XX(P1,P2) : SWAP YY(P2,P3),YY(P1,P2) : GOSUB 8470
8719 IF ANG(P2) = 180 THEN GOTO 8722
8720 ANGULO2 = ANG(P2) * 3.141593 / 180
8721 IF YY(P1,P2) < YY(P2,P3) THEN ANGULO2 = ANGULO2 + 3.141593 : GOTO 8723 ELSE
GOTO 8723
8722 IF XX(P1,P2) > XX(P2,P3) THEN ANGULO2 = 6.283185 ELSE ANGULO2 = 3.141593
8723 SWAP XX(P2,P3),XX(P1,P2) : SWAP YY(P2,P3),YY(P1,P2)
8724 SWAP X2,XX(P1,P2) : SWAP Y2,YY(P1,P2)
8725 XC2 = INT((X2 - XINFI) * TRANSX / (XSUPRE - XINFI))
8726 YC2 = 195 - INT((Y2 - YINFI) * TRANSY / (YSUPRE - YINFI))
8727 GOTO 8738
8728 RC2 = ((XP23 - XC2)^2 + (YP23 - YC2)^2)^.5
8729 IF MID$(E$(P2),71,1) = "F" THEN SWAP ANGULO1,ANGULO2
8732 IF ICTD = 0 THEN CIRCLE (XC2,YC2),RC2,,ANGULO1,ANGULO2
8733 TE(ID) = 2 : TEIN(ID) = 1 : PONT1(ID) = XC2 : PONT2(ID) = YC2 : PONT3(ID) =
RC2 : PONT4(ID) = ANGULO1 : PONT5(ID) = ANGULO2 : MIRZ(ID) = MIRTYZ
8734 K$ = STR$(MIRTYZ)
8735 IF MIRTYZ < 10 THEN MID$(PG$(JP),2) = K$ ELSE MID$(PG$(JP),2) = MID$(K$,2,2)
8736 GOTO 8749
8738 XP23 = INT((XX(P2,P3) - XINFI) * TRANSX / (XSUPRE - XINFI))
8739 YP23 = 195 - INT((YY(P2,P3) - YINFI) * TRANSY / (YSUPRE - YINFI))
8740 IF TP$(P2) = "C" THEN GOTO 8728
8741 PG$(JP) = "N" + " " + "G01" + " X" + STR$(X2P) + " Y" + STR$(Y2P)
8742 IF ICTD = 0 THEN LINE(XP12,YP12)-(XP23,YP23)
8743 TE(ID) = 1 : TEIN(ID) = 1 : PONT1(ID) = XP12 : PONT2(ID) = YP12 : PONT3(ID)
= XP23 : PONT4(ID) = YP23 : MIRZ(ID) = MIRTYZ
8744 K$ = STR$(MIRTYZ)
8745 IF MIRTYZ < 10 THEN MID$(PG$(JP),2) = K$ ELSE MID$(PG$(JP),2) = MID$(K$,2,2)
8748 REM PRINT PG$(JP)
8749 IF ICTD = 1 THEN IF NP = 1 THEN PG$(JP) = PG$(JP) + " F " + AVANC$
8750 XP12 = XP23 : YP12 = YP23
8752 XXP1P2 = XXP2P3 : YYP1P2 = YYP2P3
8755 P1 = P2 : P2 = P3
8760 GOTO 8660
8765 PG$(JP) = "N" + " " + "G02" + " X" + STR$(X2P) + " Y" + STR$(Y2P) + " I" + STR$(X
2P - XXP1P2) + " J" + STR$(Y2P - YYP1P2) : RETURN
8770 PG$(JP) = "N" + " " + "G03" + " X" + STR$(X2P) + " Y" + STR$(Y2P) + " I" + STR$(X2
P - XXP1P2) + " J" + STR$(Y2P - YYP1P2) : RETURN
8790 REM
8800 REM
8805 P1 = VAL(MID$(E$(INICIO),72,2)) : NCDR = 0 : NELEM = 0
8807 P2 = VAL(MID$(E$(P1),72,2)) : PC = P2
8810 REM INICIO DO LOOP
8815 P2 = VAL(MID$(E$(P1),72,2))
8820 IF P2 = PC THEN NCDR = NCDR + 1
8825 IF NCDR = 2 THEN RETURN
8827 NELEM = NELEM + 1 : P1 = P2

```



```

8830 GOTO 8810
8900 REM
8905 K1 = I
8910 IF I+1 > PS THEN K=I : GOTO 8925
8912 PT1=PM2(I)
8915 FOR K=I+1 TO PS
8917 IF PT1=PM1(K) THEN K1 =K : PT1=PM2(K) : PM3(I)=PM3(K) : ELSE K=PS
8920 NEXT K
8922 IF K1=I THEN K = I : GOTO 8925
8923 K = K1
8925 GOSUB 9100 :I = K1 : RETURN
8930 REM
8933 NIVFOL = 0 : GOSUB 9600
8935 IF NIVFOL = 3 THEN GOTO 8937 ELSE RETURN
8937 FOR K = 0 TO PS
8940 IF PM1(K) = PD2(I) THEN GOTO 8944
8942 IF PM1(K) = PD5(I) AND PM3(K) = PD2(I) THEN PCAPM(K) = 11 : P1 = 11: GOTO 8
950 : ELSE GOTO 8946
8944 IF PM3(K) = PD5(I) THEN PCAPM(K) = 11 :P1 = 11: GOTO 8950
8946 NEXT K
8948 RETURN
8950 REM CANCELAR O ELEMENTO PM2(I), FINAL DA SUB-AREA
8951 P=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVEL),7,1))
8952 IF P = 0 THEN PM1D5X$(NIVEL,NIVID) = " " : RETURN
8955 K$= STR$(P-1)
8957 IF P-1 < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7) =MID$(K$,2,2)
8960 PM1D5X$(NIVEL,NIVID) = MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),1,2+5*(P-1))
8962 RETURN
9100 REM
9103 IF MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),7,1)=" " THEN P=0 :GOTO 9108
9105 P=VAL(MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVEL),7,1)) : P=P+1
9108 IF P > 0 THEN PM1D5X$(NIVEL,NIVID)= PM1D5X$(NIVEL,NIVID)+" "
9110 IF P=0 THEN J=1 ELSE J= 3 +P*5
9112 K$=STR$(PM1(K))
9115 IF PM1(K) < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=MID$(K$,2,2)
9118 IF P=0 THEN J=3 ELSE J=P*5 +5
9120 K$=STR$(PM3(K))
9122 IF PM3(K) < 10 THEN MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=K$ : MID$(E$(PM1(K)),72) =
K$ ELSE MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=MID$(K$,2,2) :MID$(E$(PM1(K)),72)=MID$(K$,
2,2)
9125 REM
9128 PM1=PM1(K) : PM3=PM3(K)
9130 GOSUB 9690
9133 K$=MID$(E$(PM3(K)),70,1)
9135 IF P=0 THEN J=5 ELSE J=7+ P*5
9140 MID$(PM1D5X$(NIVEL,NIVID),J)=K$
9145 RETURN
9200 REM
9215 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2))
9220 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9225 PC=P2 : NCDR=0
9230 REM INICIO DO CICLO
9235 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9240 IF PC=P2 THEN NCDR=NCDR+1
9245 IF NCDR=2 THEN RETURN
9250 D=((XANT-XX(P1,P2))^2 + (YANT-YY(P1,P2))^2)^.5
9255 IF D > DMENOR THEN GOTO 9270
9260 DMENOR=D : INICIAL(NIVEL,0)=P1
9265 IF K=1 THEN INICIAL(NIVEL +1,0)=PD5 ELSE INICIAL(NIVEL +1,0)=PD2
9270 P1=P2
9275 GOTO 9230
9300 REM
9302 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2))
9305 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9307 PC=P2 : NCDR=0

```

```

9310 REM INICIO DO CICLO
9315 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9317 IF PC=P2 THEN NCDR=NCDR+1
9320 IF NCDR=2 THEN RETURN
9325 D=((XANT-XX(P1,P2))^2 + (YANT-YY(P1,P2))^2)^.5
9330 IF D > DMENOR THEN GOTO 9340
9335 DMENOR=D : INICIAL(NIVEL,NIVID)=P1
9340 P1=P2
9345 GOTO 9310
9350 REM
9352 N1=N1+1
9355 X1$=STR$(XX(P1,P2)) : Y1$=STR$(YY(P1,P2))
9356 IF PDISP > 1 THEN PDISP=PDISP - 1
9357 IF LEN(X1$) > 22 THEN X1$=LEFT$(X1$,22) ELSE X1$=X1$+STRING$(22-LEN(X1$),"
")
9360 IF LEN(Y1$) > 22 THEN Y1$=LEFT$(Y1$,22) ELSE Y1$=Y1$+STRING$(22-LEN(Y1$),"
")
9362 E$(N1)=" C"+X1$+Y1$+" S"+"M "
9366 K$=STR$(P2)
9367 IF P2 < 10 THEN MID$(E$(N1),72)=K$ ELSE MID$(E$(N1),72)=MID$(K$,2,2)
9368 K$=STR$(N1)
9370 IF N1 < 10 THEN MID$(E$(P1),72)=K$ : MID$(E$(N1),1)=K$ ELSE MID$(E$(P1),72)
=MID$(K$,2,2) : MID$(E$(N1),1)=MID$(K$,2,2)
9371 TP$(P1)=MID$(E$(P1),3,1)
9372 IF TP$(P1) = "C" THEN GOTO 9375
9373 A1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) + K(P1)*.05
9374 GOTO 9376
9375 X1=VAL(MID$(E$(P1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(P1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P1)
,48,22)) + K(P1)*.05
9376 X2=XX(P1,P2) : Y2=YY(P1,P2) : R2=.05 : TP$(N1)="C" : X2$="S"
9380 P2=N1
9382 INTER$=TP$(P1) + TP$(P2)
9384 GOSUB 10690
9410 K(N1)=1
9415 XX(P1,P2)= X : YY(P1,P2)=Y
9416 REM PRINT X,Y
9417 COEF(P1,P2)=180
9420 P1=P2 : X1=X2 : Y1=Y2 : R1=R2
9431 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9432 TP$(P2)=MID$(E$(P2),3,1)
9433 IF TP$(P2) = "C" THEN GOTO 9437
9434 A2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) + K(P2)*.05 : MID$(E$(P2),70)="S"
9436 GOTO 9438
9437 X2=VAL(MID$(E$(P2),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(P2),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P2)
,48,22)) + K(P2)*.05 : MID$(E$(P2),70)="S"
9438 INTER$=TP$(P1)+TP$(P2)
9443 GOSUB 10690
9445 XX(P1,P2)=X : YY(P1,P2)=Y
9448 COEF(P1,P2)=180
9450 REM PRINT X,Y
9455 IF TP$(P2) = "C" THEN GOTO 9470
9460 A1=A2 : B1=B2 : D1=D2
9465 GOTO 9480
9470 X1=X2 : Y1=Y2 : R1=R2
9480 P1=P
9490 RETURN
9500 REM
9505 P1=VAL(MID$(E$(INICIO),72,2)) : NCDR=0
9507 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2)) : PC=P2
9510 REM INICIO DO LOOP
9515 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9520 IF P2=PC THEN NCDR=NCDR + 1
9525 IF NCDR=2 THEN RETURN
9530 DORR= VAL(MID$(E$(P2),48,22)) + TMAIS*K(P2)
9535 DORR$ = STR$(DORR)

```

```

9540 IF LEN(DORR$) > 22 THEN DORR$=LEFT$(DORR$,22) ELSE DORR$=DORR$+STRING$(22-L
EN(DORR$)," ")
9542 MID$(E$(P2),48,22)=DORR$
9543 P1=P2
9545 GOTO 9510
9600 REM
9602 REM
9605 PT1=INICIO : NIVFOL = 0
9610 P1=VAL(MID$(E$(PT1),72,2))
9615 P2=VAL(MID$(E$(P1),72,2))
9618 IF PT1 = P2 THEN NIVFOL = 2 : RETURN
9620 IF VAL(MID$(E$(P2),72,2))=PT1 THEN NIVFOL=3
9630 RETURN
9690 REM
9695 INTER$=MID$(E$(PM1),3,1) + MID$(E$(PM3),3,1)
9700 IF INTER$="RR" THEN RETURN
9701 IF MID$(E$(PM1),3,1) = "C" THEN GOTO 9704
9702 A1=VAL(MID$(E$(PM1),4,22)) : B1=VAL(MID$(E$(PM1),26,22)) : D1=VAL(MID$(E$(P
M1),48,22))
9703 GOTO 9705
9704 X1=VAL(MID$(E$(PM1),4,22)) : Y1=VAL(MID$(E$(PM1),26,22)) : R1=VAL(MID$(E$(P
M1),48,22))
9705 IF MID$(E$(PM3),3,1) = "C" THEN GOTO 9708
9706 A2=VAL(MID$(E$(PM3),4,22)) : B2=VAL(MID$(E$(PM3),26,22)) : D2=VAL(MID$(E$(P
M3),48,22))
9707 GOTO 9710
9708 X2=VAL(MID$(E$(PM3),4,22)) : Y2=VAL(MID$(E$(PM3),26,22)) : R2=VAL(MID$(E$(P
M3),48,22))
9710 IF INTER$="CC" THEN GOTO 9870
9715 REM
9720 IF INTER$="RC" THEN A2=A1:B2=B1:D2=D1:X1=X2:Y1=Y2:R1=R2
9730 IF B2=0 THEN GOTO 9930
9740 IF A2=0 THEN GOTO 9880
9750 B=2*(-D2*A2+A2*Y1*B2-X1*B2^2)
9760 A=B2^2+A2^2
9770 C=D2^2-2*D2*Y1*B2+Y1^2*B2^2+X1^2*B2^2-R1^2*B2^2
9780 DEL=B^2-4*A*C
9790 IF DEL < 0 THEN END
9800 X01=(-B+DEL^.5)/2/A
9810 X02=(-B-DEL^.5)/2/A
9820 IF ABS(XXM - X01) > 10*COMPAR THEN GOTO 9850
9830 IF X01 > X02 THEN MID$(E$(PM3),70)="L" ELSE MID$(E$(PM3),70)="S"
9840 GOTO 9990
9850 IF X02 > X01 THEN MID$(E$(PM3),70)="L" ELSE MID$(E$(PM3),70)="S"
9860 GOTO 9990
9870 REM
9872 A2=2*(X2-X1)
9874 B2=2*(Y2-Y1)
9876 D2=-(X1^2+Y1^2-R1^2+R2^2-X2^2-Y2^2)
9878 GOTO 9730
9880 REM
9882 Y=D2/B2
9884 ES=(Y-Y1)^2-R1^2+X1^2
9886 DEL=4*X1^2-4*ES
9890 IF DEL < 0 THEN END
9892 X01=(2*X1-DEL^.5)/2
9895 X02=(2*X1+DEL^.5)/2
9900 IF ABS(XXM - X01) > 10*COMPAR THEN GOTO 9915
9905 IF X01 > X02 THEN MID$(E$(PM3),70)="L" ELSE MID$(E$(PM3),70)="S"
9910 GOTO 9990
9915 IF X02 > X01 THEN MID$(E$(PM3),70)="L" ELSE MID$(E$(PM3),70)="S"
9920 GOTO 9990
9930 REM
9935 X=D2/A2
9940 DS=(X-X1)^2-R1^2+Y1^2
9945 DEL=4*Y1^2-4*DS
9950 IF DEL < 0 THEN END

```

```

9955 Y01=(2*Y1-DEL^.5)/2
9960 Y02=(2*Y1+DEL^.5)/2
9965 IF ABS(Y1M - Y01) > 10*COMPAR THEN GOTO 9980
9970 IF Y01 > Y02 THEN MID$(E$(PM3),70)="L" ELSE MID$(E$(PM3),70)="S"
9975 GOTO 9990
9980 IF Y02 > Y01 THEN MID$(E$(PM3),70)="L" ELSE MID$(E$(PM3),70)="S"
9990 RETURN
10680 REM
10690 DIST = 5000 : IF INTER$="CC" THEN GOTO 10980
10700 IF INTER$="RR" THEN GOTO 10900
10710 REM
10720 IF INTER$="RC" THEN A2=A1:B2=B1:D2=D1:X1=X2:Y1=Y2:R1=R2
10725 DIST =ABS((A2*X1 + B2*Y1 - D2)/(A2^2 + B2^2)^.5) - R1
10730 IF B2=0 THEN GOTO 11150
10740 IF A2=0 THEN GOTO 11030
10750 B=2*(-D2*A2+A2*Y1*B2-X1*B2^2)
10760 A=B2^2+A2^2
10770 C=D2^2-2*D2*Y1*B2+Y1^2*B2^2+X1^2*B2^2-R1^2*B2^2
10780 DEL=B^2 -4*A*C
10781 IF DEL > 0 THEN GOTO 10800
10782 IF ABS(DIST) < COMPAR * 100 THEN DEL = 0 : GOTO 10800
10783 IF DIST > 0 THEN END
10788 IF DEL > -100*COMPAR THEN DEL = 0 : GOTO 10800
10790 IF DEL < -COMPAR THEN END
10800 X01=(-B+DEL^.5)/2/A
10810 X02=(-B-DEL^.5)/2/A
10830 IF X2$="L" THEN GOTO 10870
10840 IF X01<X02 THEN X=X01 ELSE X=X02
10850 Y=(D2-A2*X)/B2
10860 GOTO 11270
10870 IF X01>X02 THEN X=X01 ELSE X=X02
10880 Y=(D2-A2*X)/B2
10890 GOTO 11270
10900 REM
10910 DET=A1*B2-A2*B1
10930 IF DET = 0 THEN END
10940 X=(-B1*D2+D1*B2)/DET
10950 Y=(-D1*A2+A1*D2)/DET
10970 GOTO 11280
10980 REM
10990 A2=2*(X2-X1)
11000 B2=2*(Y2-Y1)
11010 D2=- (X1^2+Y1^2-R1^2+R2^2-X2^2-Y2^2)
11015 DIST = ((X2-X1)^2 + (Y2-Y1)^2)^.5 -R1 - R2
11020 GOTO 10730
11030 REM
11040 Y=D2/B2
11050 ES=(Y-Y1)^2-R1^2+X1^2
11060 DEL=4*X1^2-4*ES
11062 IF DEL > 0 THEN GOTO 11080
11063 IF ABS(DIST) < COMPAR * 100 THEN DEL = 0 : GOTO 11080
11064 IF DIST > 0 THEN END
11065 IF DEL > -50*COMPAR THEN DEL = 0 : GOTO 11080
11070 IF DEL < 0 THEN END
11080 X01=(2*X1-DEL^.5)/2
11090 X02=(2*X1+DEL^.5)/2
11100 IF X2$="L" THEN GOTO 11130
11110 IF X01<X02 THEN X=X01 ELSE X=X02
11120 GOTO 11270
11130 IF X01>X02 THEN X=X01 ELSE X=X02
11140 GOTO 11270
11150 REM
11160 X=D2/A2
11170 Y2$=X2$
11180 DS=(X-X1)^2-R1^2+Y1^2
11190 DEL=4*Y1^2-4*DS
11191 IF DEL > 0 THEN GOTO 11210
11192 IF ABS(DIST) < COMPAR * 100 THEN DEL = 0 : GOTO 11210

```

```
11193 IF DIST > 0 THEN END
11195 IF DEL > -50*COMPAR THEN DEL =0 : GOTO 11210
11200 IF DEL < 0 THEN END
11210 Y01=(2*Y1-DEL^.5)/2
11220 Y02=(2*Y1+DEL^.5)/2
11230 IF Y2$="L" THEN GOTO 11260
11240 IF Y01<Y02 THEN Y=Y01 ELSE Y=Y02
11250 GOTO 11270
11260 IF Y01>Y02 THEN Y=Y01 ELSE Y=Y02
11270 IF INTER$="RC" THEN A1=A2:B1=B2:O1=D2:X2=X1:Y2=Y1:R2=R1
11280 RETURN
```

PROGRAMA TRANSFERENCIA

```

1 REM A subrotina 9690 a 9990 nao foi listada aqui pois e a mesma do programa
principal
2 CLEAR
3 KEY OFF
4 DIM X(30),Y(30),E$(30),D$(30)
5 PRINT "SE FOR AUTOCAD ENTRE COM - A - QUALQUER TECLA P/ CADTEC"
6 INPUT KAS$
7 IF KAS$="A" OR KAS$="a" THEN GOTO 1008
8 PRINT "ENTRE COM O NOME DO ARQUIVO"
10 INPUT KAS$
15 OPEN "I",1,KAS$
20 IF EOF(1) THEN GOTO 40
25 INPUT #1,A$
27 IF LEFT$(A$,1) <> "A" AND LEFT$(A$,1) <> "L" THEN GOTO 20
28 D$(I) = A$
29 REM PRINT D$(I)
30 I = I + 1
35 GOTO 20
40 CLOSE #1
50 N = I - 1
60 FOR I = 0 TO N
65 IF LEFT$(D$(I),1) = "A" THEN GOTO 250
70 M = LEN(D$(I)) : M1 = M + 1
72 REM PRINT M,D$(I)
75 FOR J = 1 TO 4
80 M1 = M1 - 1
85 IF MID$(D$(I),M1,1) <> " " THEN GOTO 80
90 IF J = 1 THEN Y(I) = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)) : M = M1 : GOTO 110
95 IF J = 2 THEN X(I) = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)) : M = M1 : GOTO 110
100 IF J = 3 THEN Y1 = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)) : M = M1 : GOTO 110
105 X1 = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1))
110 NEXT J
112 GOSUB 115
113 GOTO 500
115 A = Y1 - Y(I) : B = X(I) - X1 : D = X(I) * Y1 - Y(I) * X1
117 IF ABS(D) < .00005 THEN GOTO 126
118 DR = D/(A^2 + B^2)^.5 : A = A * DR/D : B = B * DR/D
120 IF ABS(A) < .00005 THEN IF B < 0 THEN B = 1 : DR = -DR : A = 0 : GOTO 130
121 IF ABS(B) < .00005 THEN IF A < 0 THEN A = 1 : DR = -DR : B = 0 : GOTO 130
124 IF A < 0 THEN A = -A : B = -B : DR = -DR
125 GOTO 130
126 IF ABS(A) < .00005 THEN A = 0 : B = 1 : DR = 0 : GOTO 130
127 IF ABS(B) < .00005 THEN A = 1 : B = 0 : DR = 0 : GOTO 130
128 ABAB = (A^2 + B^2)^.5 : B = B/ABAB : A = A/ABAB : DR = 0
129 IF A < 0 THEN A = -A : B = -B
130 COMPAR = COMPAR + ABS(DR)
132 REM PRINT A,B,DR
133 REM DR = DR/10
135 A1$=STR$(A):B1$=STR$(B):D1$=STR$(DR)
140 IF LEN(A1$) > 22 THEN A1$=LEFT$(A1$,22) ELSE A1$=A1$+STRING$(22-LEN(A1$)," ")
)
145 IF LEN(B1$) > 22 THEN B1$=LEFT$(B1$,22) ELSE B1$=B1$+STRING$(22-LEN(B1$)," ")
)
150 IF LEN(D1$) > 22 THEN D1$=LEFT$(D1$,22) ELSE D1$=D1$+STRING$(22-LEN(D1$)," ")
)
155 E$(I)=" R" +A1$+B1$+D1$+" "
160 IF I =0 THEN P =N+1 : K$ = STR$(N+ 1) ELSE K$ = STR$(I) : P = I
165 IF P < 10 THEN MID$(E$(I),1)=K$ ELSE MID$(E$(I),1)=MID$(K$,2,2)
170 K$ = STR$(I +1)
175 IF I+ 1 < 10 THEN MID$(E$(I),72)=K$ ELSE MID$(E$(I),72)=MID$(K$,2,2)
180 RETURN

```

```

250 REM CASO DE ARCO
255 M = LEN(D$(I)) : M1 = M + 1
260 FOR J = 1 TO 5
264 REM
265 IF M1=M THEN IF MID$(D$(I),M1,1) = " " THEN M = M-1 : M1 = M1 -1 : GOTO 264
268 M1 = M1 - 1
270 IF MID$(D$(I),M1,1) <> " " THEN GOTO 265
275 IF J = 1 THEN ANGF = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)): M = M1 : GOTO 300
280 IF J = 2 THEN ANGI = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)): M = M1 : GOTO 300
285 IF J = 3 THEN R = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)): M = M1 : GOTO 300
290 IF J = 4 THEN Y = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1)): M = M1 : GOTO 300
295 X = VAL(MID$(D$(I),M1+1,M-M1))
300 NEXT J
310 REM PRINT X,Y,R,ANGI,ANGF
315 REM X = X/10 : Y = Y/10 : R = R/10
316 GOSUB 320
318 GOTO 500
320 TROCAS = "N" : INVER$ = "N"
330 X1$=STR$(X):Y1$=STR$(Y):R1$=STR$(R)
340 IF LEN(X1$) > 22 THEN X1$=LEFT$(X1$,22) ELSE X1$=X1$+STRIN8$(22-LEN(X1$)," ")
)
350 IF LEN(Y1$) > 22 THEN Y1$=LEFT$(Y1$,22) ELSE Y1$=Y1$+STRIN8$(22-LEN(Y1$)," ")
)
360 IF LEN(R1$) > 22 THEN R1$=LEFT$(R1$,22) ELSE R1$=R1$+STRIN8$(22-LEN(R1$)," ")
)
370 E$(I)=" C" +X1$+Y1$+R1$+" "
375 IF I =0 THEN P =N+1 : K$ = STR$(N+ 1) ELSE K$ = STR$(I) : P = I
380 IF P < 10 THEN MID$(E$(I),1)=K$ ELSE MID$(E$(I),1)=MID$(K$,2,2)
385 K$ = STR$(I +1)
390 IF I+1 < 10 THEN MID$(E$(I),72)=K$ ELSE MID$(E$(I),72)=MID$(K$,2,2)
395 COMPAR = COMPAR + R
398 IF ANGF < ANGI THEN TROCAS = "S"
400 IF ANGI <= 90 THEN X(I) = X + COS(ANGI * 3.141593/180) * R : Y(I)= Y + SIN(ANGI *3.141593/180) * R : GOTO 416
405 IF ANGI <= 180 THEN X(I) = X - COS((180 -ANGI)* 3.141593/180) * R : Y(I)= Y + SIN((180- ANGI) *3.141593/180) * R : GOTO 416
410 IF ANGI <= 270 THEN X(I) = X - COS((ANGI -180)* 3.141593/180) * R : Y(I)= Y - SIN((ANGI-180) * 3.141593/180) * R : GOTO 416
415 X(I) = X + COS((360 -ANGI)* 3.141593/180) * R : Y(I)= Y - SIN((360- ANGI) * 3.141593/180) * R
416 REM
417 IF INVER$ = "N" THEN GOTO 430
418 INVER$ = "S"
419 IF I = 0 THEN GOTO 480
420 IF I = 1 THEN IF MID$(E$(0),3,1) = "R" THEN GOTO 480 ELSE GOSUB 900
425 GOTO 440
430 IF I = 0 THEN XP0 = X(0) : YP0 = Y(0) : INVER$ = "S" : SWAP ANGF,ANGI :GOTO 400
435 IF I = 1 THEN IF MID$(E$(0),3,1) = "R" THEN GOTO 440
436 IF I = 1 THEN XP1 = X(1) : YP1 = Y(1) : INVER$ = "S" : SWAP ANGF,ANGI :GOTO 400
440 IF ABS(X(I) -X(I-1)) < COMPAR/100 AND ABS(Y(I)-Y(I-1)) < COMPAR/100 THEN INVER$ = "S" : SWAP ANGF,ANGI : GOTO 400
450 REM PRINT I,X(I),Y(I)
480 IF TROCAS = "S" THEN SWAP ANGI,ANGF
485 IF ANGI > ANGF THEN MID$(E$(I),71) = "M" ELSE MID$(E$(I),71) = "F"
490 RETURN
500 NEXT I
550 COMPAR = COMPAR/N* .001
600 FOR I = 0 TO N
610 IF I = N THEN P = 0 ELSE P = I + 1
620 PM1 = I :PM3 = P
630 XXM = X(I) : YYM = Y (I)
640 GOSUB 9690
645 REM PRINT I, E$(PM3)
650 NEXT I
660 REM

```

```

700 MID$(KAS,4)= ".DAD"
710 OPEN KAS FOR OUTPUT AS#1
720 FOR I = 0 TO N
730 WRITE #1,E$(I)
740 PRINT E$(I)
750 NEXT I
760 CLOSE #1
770 PRINT " SE QUISER CONTINUAR ENTRE COM S "
775 INPUT KAS
780 IF KAS = "S" OR KAS ="s" THEN GOTO 2
800 END
900 REM
910 IF ABS(XP0-XP1) < COMPAR *.01 AND ABS(YP0-YP1) < COMPAR *.01 THEN X(0) =XP0
: Y(0) = YP0 : GOTO 950
920 IF ABS(XP0-X(1)) < COMPAR *.01 AND ABS(YP0-Y(1)) < COMPAR * .01 THEN X(0) =X
P0 : Y(0) = YP0 : : X(1) = XP1 : Y(1) = YP1 :SWAP ANGI,ANGF :GOTO 950
930 IF ABS(X(0)-X(1)) < COMPAR * .01 AND ABS(Y(0)-Y(1)) < COMPAR *.01 THEN X(1)
=XP1 : Y(1) = YP1 : SWAP ANGI,ANGF :RETURN
940 RETURN
950 IF MID$(E$(0),71,1) ="M" THEN MID$(E$(0),71) ="F" ELSE MID$(E$(0),71) ="M"
960 RETURN
1008 PRINT "ENTRE COM O NOME DO ARQUIVO"
1010 INPUT KAS
1015 OPEN "I",1,KAS
1020 IF EOF(1) THEN GOTO 1450
1025 INPUT #1,A$
1027 IF A$ <> "ARC" AND A$ <> "LINE" THEN GOTO 1020
1028 REM I + 1
1030 IF A$ = "ARC" THEN GOTO 1200
1033 FOR J = 1 TO 11
1035 INPUT #1,A$
1038 IF J = 4 THEN X1 = VAL(A$)
1040 IF J = 6 THEN Y1 = VAL(A$)
1043 IF J = 8 THEN X(I)= VAL(A$)
1045 IF J =10 THEN Y(I)= VAL(A$)
1050 NEXT J
1055 GOSUB 115
1060 GOTO 1400
1200 REM ARCO
1205 FOR J = 1 TO 13
1210 INPUT #1,A$
1212 REM
1215 IF J = 4 THEN X = VAL(A$) : GOTO 1240
1220 IF J = 6 THEN Y = VAL(A$) : GOTO 1240
1225 IF J = 8 THEN R = VAL(A$) : GOTO 1240
1230 IF J =10 THEN ANGI = VAL(A$) : GOTO 1240
1235 IF J =12 THEN ANGF = VAL(A$)
1240 NEXT J
1250 GOSUB 320
1400 REM
1402 PRINT E$(I)
1405 I = I + 1
1415 GOTO 1020
1450 CLOSE #1
1453 N = I -1
1455 K$ = STR$(N+1)
1460 IF N < 10 THEN MID$(E$(0),1)=K$ ELSE MID$(E$(0),1)=MID$(K$,2,2)
1465 PRINT E$(0)
1470 GOTO 550

```