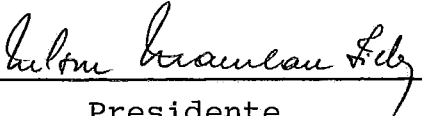


"DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA GRÁFICO PARA TERMINAIS"

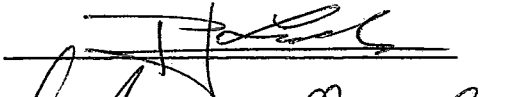
Selenê da Silva Cavalcanti

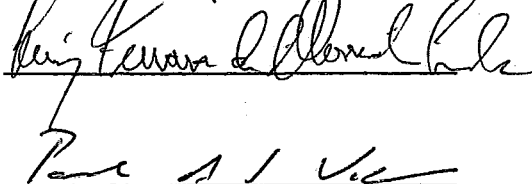
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovada por:



Presidente





RIO DE JANEIRO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO-BRASIL
MAIO DE 1976

A Geraldo Magela

AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esse trabalho fosse levado a efeito, e muito em particular:

A COPPE, pela bolsa de estudos.

A François Gallais-Hammonno, pela orientação na fase inicial deste trabalho.

A Nelson Maculan Filho, pela orientação na fase final deste trabalho e pelo apoio.

A Luiz Ferrara de Almeida Cunha e João José Neto, pelo incentivo.

A Zuleica da Silva Cavalcanti, pela revisão do texto.

A Regina Coeli Jacob, pelo trabalho de datilografia.

A meus amigos, pela atenção.

A meus familiares, por tudo.

RESUMO

O propósito deste trabalho é apresentar um sistema gráfico projetado para o computador MITRA-15 do LASS/COPPE e detalhar um pacote gráfico que opera sobre figuras tridimensionais.

A ênfase é dada à descrição do método de ação utilizado para a manipulação de coordenadas de que se compõe um objeto no espaço e escolha de pontos e linhas visíveis sobre o mesmo, segundo um observador colocado no infinito.

É descrito um procedimento capaz de transformar coordenadas e possibilitar a visão da mesma sob novo ponto de vista, como exemplos colocados no apêndice 2.

Uma idéia sobre a implementação dos algoritmos usados é ilustrada no apêndice 1, através da listagem dos mesmos, em linguagem ASSEMBLER do IBM-1130.

ABSTRACT

The purpose of this work is to show a graphic system designed for the mini-computer MITRA-15 of LASS/COPPE and to describe in detail a graphic package that deals with three-dimensional pictures.

The special approach is for the manipulation of the coordinates in space and the choice of visible points and lines for an object, relative to an observer fixed at an infinite point of view.

A procedure is described which can change the values of coordinates to allow a new view of an object, as illustrated in appendix 2.

An example of the implementation of the algorithms used is shown in appendix 1, consisting of ASSEMBLER language listings for the IBM 1130 computer.

ÍNDICECAPÍTULO I:

Introdução	pg.
1.1 - Os sistemas gráficos	1
1.1.1 - Apreciação	1
1.1.2 - Alternativas	2
1.2 - Os processos gráficos de saída	3
1.3 - Objetivos do presente trabalho	4

CAPÍTULO II:

Considerações gerais	
2.1 - Histórico	6
2.2 - Alcance	7
2.3 - A criação de um sistema gráfico	8
2.4 - Funções gráficas	9
2.5 - O problema das linhas escondidas	10
2.6 - Conclusões	10

CAPÍTULO III:

Um sistema gráfico	
3.1 - Organização e terminologia	12
3.2 - Apresentação do programa de aplicação CONV	15
3.3 - Utilização	16
3.4 - Filosofia de tratamento	16
3.5 - Tempo e memória	18
3.6 - A organização do programa	18
3.7 - O sistema de projeção	19
3.8 - Os nós de informação	20
3.8.1 - O formato do nó de informação	22
3.9 - As subfiguras	23
3.10 - Os níveis de visibilidade	23
3.11 - Modularidade	24

CAPITULO IV:

A estrutura de dados	
4.1 - Introdução	25
4.2 - Estruturas de dados manipulados por CONV	26
4.3 - Procedimentos de entrada	27
4.3.1 - Filosofia de tratamento	27
4.3.2 - O procedimento de montagem e preenchimento da estrutura	28
4.3.2.1 - Descrição das variáveis	28

CAPITULO V:

Procedimentos gerais	
5.1 - Introdução	31
5.2 - Os pontos extremos	32
5.2.1 - A busca dos pontos extremos	33
5.2.1.1 - Descrição das variáveis	33
5.2.1.2 - Procedimento 2	34
5.3 - Os pontos que pertencem ao contorno-pontos do 1º nível	34
5.3.1 - Introdução	34
5.3.2 - Filosofia de tratamento	35
5.3.2.1 - Método de ação	35
5.3.2.1.1 - Casos particulares	36
5.3.3 - A busca dos pontos do 1º nível	38
5.3.3.1 - Descrição das variáveis	38
5.3.3.2 - Procedimento 3	39
5.4 - O critério da visibilidade	42
5.5 - Os pontos ligados aos do contorno-pontos do 2º nível	43
5.5.1 - Introdução	43
5.5.2 - Filosofia de tratamento	43
5.5.3 - O caso dos pontos em linha reta	43
5.5.4 - A busca dos pontos do 2º nível	44
5.5.4.1 - Descrição das variáveis	44
5.5.4.2 - Procedimento 4	44

CAPITULO VI:

Procedimentos de saída e rotinas de transformação	
6.1 - As linhas visíveis-pontos do 3º nível	47
6.2 - A busca dos pontos do 3º nível	48
6.2.1 - Procedimento 5	48
6.3 - A interpretação dos códigos de I	48
6.4 - A exibição da figura	49
6.4.1 - Procedimento 6	49
6.5 - Rotinas de transformação	50

<u>CONCLUSÃO</u>	52
------------------	----

APÊNDICE 1

Listagens dos algoritmos usados	
Procedimento 1	54
Procedimento 2	57
Procedimento 3	59
Procedimento 4	68
Procedimento 5	78
Procedimento 6	82

APÊNDICE 2

Exemplos de figuras trabalhadas por CONV e desenhadas pelo PLOTTER	85
--	----

<u>BIBLIOGRAFIA</u>	87
---------------------	----

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - OS SISTEMAS GRÁFICOS

1.1.1 - APRECIÇÃO:

De um modo geral, toda vez que a facilidade de display gráfico é incorporada a um computador, sistemas gráficos novos são escritos para suportá-lo. O projeto e implementação deste software é uma atividade que absorve tempo e energia em larga escala. Apesar do dispêndio de recursos humanos, o resultado é, na maioria das vezes, insatisfatório. Os usuários costumam encontrar dificuldades de programação e de falta de generalidade nos sistemas gráficos, que por sua vez são responsáveis por uma sobrecarga do computador, em termos de memória e tempo envolvido na computação do grande número de testes que estes precisam executar.

O contínuo surgimento de novos sistemas gráficos traz a seus usuários grandes inconveniências e têm dado aos sistemas gráficos iterativos uma reputação má [9]. Isso não seria problema se o inverso acontecesse: cada sistema de software dando suporte a uma variedade de configurações de hardware. Nos últimos tempos tem sido notado algum progresso nesse sentido: poucos sistemas têm sido desenvolvidos, com o objetivo de suportar uma variedade de terminais. São os chamados "sistemas gráficos independentes do dispositivo", muito populares entre projetistas de programas de aplicação, apesar de não serem considerados ótimos.

Sistemas gráficos necessitam ser mais do que independentes do dispositivo. Eles precisam ser sistemas de propósito geral

cujo objetivo deve ser o de suportar uma larga variedade de aplicações. Os sistemas gráficos dificilmente satisfazem a essa condição porque seus projetistas os dirigem para aplicações específicas visando sua otimização. É muito comum acontecer, que uma aplicação inesperada para um certo sistema resulte em grande número de modificações e até reformulação dos mesmos. Isso não aconteceria se os projetistas se preocupassem em fazer um conjunto geral de funções para seus sistemas.

Outra idéia é fazer sistemas gráficos de alto nível [4] os quais pudessem prover meios simples e poderosos de se escrever aplicações gráficas, evitando ao usuário o conhecimento de facilidades de baixo nível de hardware. Seria ideal poder-se fazer programas de aplicação gráfica tão fáceis de se escrever e manter como qualquer outro tipo de programa iterativo, destruindo o mito da dificuldade em torno da programação gráfica.

1.1.2 - ALTERNATIVAS:

Alguns sistemas são construídos em forma de "pacotes gráficos", isto é, como um conjunto de funções ou subrotinas a serem chamadas por programas de aplicação escritos em uma linguagem de programação padrão. Outra alternativa é projetar-se uma linguagem especial de programação, o que pode ser feito tomando-se por base uma outra já existente, extendendo-a e modificando-a onde for necessário a fim de permitir-se o desenvolvimento de certas tarefas gráficas. Há aspectos positivos e práticos para a construção pacotes gráficos ao invés de uma linguagem especial:

- Uma boa e particular razão é que é virtualmente impossível a escolha de uma linguagem que satisfaça a todos os programado -

res.

- Um pacote gráfico pode ser projetado para usar várias linguagens diferentes.

São razões como estas que facilitam uma eventual escolha entre ambas as opções.

1.2 - OS PROCESSOS GRÁFICOS DE SAÍDA

Uma das maiores responsabilidades de um projetista é produzir um sistema que o usuário possa entender.

Fazer analogia com o plotter é um modo de simplificar o processo gráfico de saída. Ao usuário é informado que manipula uma espécie de pena que pode abandonar o traçado de linhas à medida que a figura se movimenta na tela e desenhar outras, em obediência a funções escolhidas previamente por ele.

Sob o ponto de vista do projetista, as coisas não são tão simples. Supondo-se que as rotinas de saída passassem dados gráficos diretamente para a tela do display, encontra-se o seguinte problema: se estas rotinas forem executadas uma única vez, a figura por elas definida surgiria na tela e desapareceria em seguida. É o problema da regeneração da imagem, dependente do hardware utilizado e da frequência com que são executadas as rotinas de saída. Desse modo, as rotinas de saída desempenham a função de algoritmo de visualização, enviando à tela aspectos contínuos do que se encontra armazenado nas estruturas de dados manipuladas pelo sistema.

Nos processos iterativos ou seja, quando a entrada de dados fornece respostas imediatas, sempre que a estrutura de dados é modificada a imagem deve ser mudada também. Este conceito é extremamen

te simples e igualmente difícil quanto à implementação. O problema reside no fato de que as rotinas escritas para programas de aplicação devem ser suficientemente rápidas para garantir a regeneração da imagem na tela, evitando que ela enfraqueça ou desapareça. Se as rotinas forem bem simples e a estrutura de dados pequena, esse problema pode ser evitado, bem como através do uso de sistemas multi-programados.

1.3 - OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

Neste trabalho é descrito o programa CONV, o qual faz parte do projeto de um sistema gráfico projetado para uma unidade exibidora controlada pelo minicomputador MITRA-15. O propósito de CONV é o de manipular os dados tridimensionais que compõem um objeto convexo no espaço, permitindo ao usuário uma visão do mesmo sob ângulos diferentes, mediante rotação em relação a um dos eixos coordenados.

O objetivo deste trabalho é o de mostrar as diversas fases de implementação de CONV e descrevê-las em detalhes, abordando seus problemas específicos. Isto se deve ao fato de as rotinas de manipulação de raios cotódicos, concernentes ao sistema gráfico citado, serem desenvolvidas em paralelo a este trabalho. Pelo mesmo motivo, CONV foi implementado no IBM-1130, utilizando o PLOTTER como unidade de saída.

O apêndice 1 apresenta as listagens de CONV em linguagem ASSEMBLER do IBM-1130 sob a forma de programa principal, sem ser quebrado em rotinas. Essa medida visa a facilitar sua compreensão bem como a transcodificação posterior para linguagem ASSEMBLER do MITRA-15.

A utilização do sistema será efetuada por meio de chamadas inseridas no programa do usuário, escrito em linguagem FORTRAN.

Como equipamento básico, o usuário conta com uma configuração mínima de hardware:

C.P.U.

Leitora/perfuradora de fita de papel

Console

Unidade exibidora (osciloscópio)

CAPÍTULO 2

CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 - HISTÓRICO

Os gráficos emitidos por computador começaram a ser estudados no início dos anos 60, através do SKETCHPAD de I.E.Sutherland [1]. Apesar de os elementos constituintes do hardware de computadores e de displays terem se tornado acessíveis antes da referida época, foi Sutherland quem mostrou que o homem poderia interagir com computadores através de métodos mais diretos do que bits, números ou de cartões perfurados. Certamente ele não estava sozinho; os melhores componentes do grupo de pesquisadores dos laboratórios da General Motors buscavam meios para que seus projetistas usassem os computadores com maior eficiência. O resultado foi o DAC-I (Design Augmented by Computers), o qual foi exposto um par de anos mais tarde durante a "Fall Joint Computer Conference" [2].

Ambos os trabalhos pioneiros acima descritos utilizaram máquinas grandes e um hardware construído especialmente para display. Mais tarde, um grupo encabeçado por Prince e Chasen, na Lockheed Georgia Company, elaborou um sistema gráfico para computador em um computador menor. Seu projeto inicial se destinava a permitir que o usuário gerasse instruções em uma máquina de controle numérico.

Por volta de 1965 muita gente já se mostrava interessada pelos problemas envolvendo gráficos em computador. Os esforços e investimentos em hardware e, especialmente, em software começaram então a tomar vulto, apesar de produzirem poucos resultados práticos.

Isto se devia a numerosas razões como: custo de equipamento (eram altos porque muito poucas unidades eram produzidas), desenvolvimento demorado de sistemas de software (mais lento do que se esperava), programas de aplicação demorados devido a lentidão no desempenho dos próprios sistemas de software, e também porque era subestimado o esforço necessário para se produzir os programas de aplicação. Contudo, adicionar aos computadores a capacidade de manipulação de gráficos se constituía em um enorme aumento do potencial de aplicação dos mesmos. Descobriu-se então que muito da atividade atualmente desempenhada inteiramente pelo homem, é realizada por uma série de ações intuitivas e auto-corrigíveis em pequenos espaços de tempo.

Mais tarde, com a baixa de custo do hardware, novas e baratas unidades (algumas de capacidade limitada) começaram a aparecer no mercado. Os sistemas de computadores de propósito geral não eram mais aversos às necessidades de unidades gráficas e seus usuários.

Hoje em dia existe um renovado e amadurecido interesse em gráficos. Um sinal desta crescente maturidade é o grande número de livros e artigos informativos que vêm sendo publicados, tendo em vista o estudo de gráficos emitidos por computador em todo o mundo. As aplicações vão desde simples gráficos a desenhos de circuitos eletrônicos. Técnicas para introduzir dados tri-dimensionais através de meios bi-dimensionais continuam a ser aperfeiçoadas, tendo em vista a criatividade e o bom senso na combinação de hardware com rotinas.

2.2 - ALCANCE

Um problema importante que envolve os gráficos emitidos por computador é o da divisão do trabalho. Isso quer dizer: que porcen

tagem do trabalho na computação de um gráfico deve ser levada a efeito por um computador (ao qual o display está acoplado) e qual a que deve ser controlada pelo próprio display, tratado como um terminal inteligente? Em outras palavras: quão próximo o poder da máquina pode estar do usuário e seu terminal o qual, por outro lado poderia estar longe do computador? E o usuário? Alguns os classificam como matemáticos, outros como artistas. Contudo, aplicações gráficas, software e hardware, são examinadas e pesquisadas no mundo inteiro bem como seu alto custo em termos de hardware e da complexidade necessitada pelo software. Aplicações em engenharia mecânica tem sido muito bem sucedidas, bem como em engenharia elétrica. Os horizontes se abrem, já que a necessidade de gráficos emitidos por computador continua a existir. Segundo muitos, seu sucesso só depende do aprimoramento dos projetos de sistemas de computação e, especialmente, de linguagens de programação.

2.3 - A CRIAÇÃO DE UM SISTEMA GRÁFICO

O processo de construção de um sistema gráfico pode ser descrito, resumidamente, da seguinte maneira: [9]

- 1 - Escolha da linguagem, sobre a qual se baseará o sistema.
- 2 - Projeto do conjunto de funções ou extensões da linguagem para E/S gráfica.
- 3 - Redação do manual do programador.
- 4 - Redação do software necessário ao desempenho das funções gráficas.

O desenvolvimento dos dois primeiros itens resulta no projeto do que poderia ser chamado de linguagem gráfica [5]. É impor-

tante fazer a distinção desta e de outras conotações do termo "linguagem gráfica", que pode ser associado a linguagem em linha para desenho e manipulação de figuras [6], comando de um programa gráfico [7] ou um sistema gráfico iterativo para definir programas [8]. O tipo de linguagem gráfica necessária a um sistema gráfico de propósito geral é a linguagem de alto nível convencional orientada para rotinas, convenientemente incrementada com funções gráficas.

2.4 - FUNÇÕES GRÁFICAS:

O projeto de funções gráficas ou extensões de linguagem é de importância vital na determinação do sucesso ou do fracasso de um sistema. Pode-se visualizar estas extensões como sendo um meio de oferecer ao usuário o controle de funções internas de hardware e software. Este controle deve ser simples e poderoso e nunca englobar um conjunto muito numeroso de funções, o que normalmente acarreta a dificuldade de interpretação e distinção entre funções, maior possibilidade de erros de operação, além de obrigar o usuário a dispendar maior tempo na leitura do manual de utilização das funções. Um número pequeno de poderosas funções gráficas é a maneira ideal de reduzir o perigo da redundância e da possibilidade de combinações errôneas de funções, além de eliminar os rodapés de advertências nos manuais, marca registrada de sistemas gráficos mal projetados [9]. A idéia é a de reduzir ao mínimo as possibilidades de erros de lógica por parte do usuário sem lhe fazer restrições e não a de reduzir simplesmente o número de funções. Se estas não podem atender as necessidades do usuário, ele mesmo se verá obrigado a escrever novas funções a fim de remediar o problema.

2.5 - O PROBLEMA DAS LINHAS ESCONDIDAS

O termo "gráfico emitido por computador", através do uso, tem se tornado conveniente para definir a área de técnicas e aplicações de computador na qual o dado fornecido pelo usuário é apresentado ou aceito por este sob a forma de linhas desenhadas ou diagramas. Em se tratando de objetos tri-dimensionais, é interessante a determinação de partes visíveis e não visíveis em relação a um observador colocado em um determinado ponto. O problema se baseia no fato de que a luz não pode atravessar um objeto opaco [10]. Assim sendo, se estabelece imediatamente que as linhas que se situam atrás de um objeto opaco são invisíveis aos olhos do observador e classificadas, portanto, como linhas escondidas.

Para o computador não existe uma maneira "opaca" de se deter a luz. É necessário pois, uma caracterização matemática da invisibilidade de algumas linhas componentes do objeto, as quais apesar de não serem vistas sob certos ângulos, podem sê-lo de outro. A determinação da visibilidade ou não de uma linha se constitui na solução para o problema.

2.6 - CONCLUSÕES

Tomando por base o progresso nos dias de hoje, torna-se um tanto óbvio o entusiasmo pelo processamento de imagens.

As aplicações em engenharia mecânica vêm demonstrando razoável sucesso por se basearem, em grande parte, em modelos matemáticos simples e pequeno número de interações. Por outro lado, a necessidade de simples, potentes e pequenos sistemas gráficos visando auxílio à programação de máquinas de controle numérico, permanece até nos dias

de hoje.

As aplicações em engenharia elétrica visando a impressão de desenhos de circuitos estão cada vez mais difundidas.

Continuam em desenvolvimento em todo o mundo, experiências em arquitetura e planejamento urbano.

Observa-se, contudo, que tão longe quanto se possa chegar, a situação do software geral para gráficos não é ainda muito clara. O software para gráficos iterativos não tem sido bem servido com o uso do FORTRAN e poucas são as pessoas que se aventuram fora desta linguagem de programação [9].

O futuro do processamento gráfico é muito promissor. Tomando-se por base que os gráficos contribuem para maior e melhor percepção e compreensão do ambiente pelo homem em um mundo técnico, pode-se afirmar que o futuro desse tipo de processamento é dos mais promissores. Sua necessidade é certamente incontestável. Também o é o avanço tecnológico em termos de hardware, o que contribui para tornar cada vez mais baratos os sistemas gráficos. Com o advento dos processadores microprogramados com memórias de controle cada vez maiores, os mecanismos para a manipulação de melhores sistemas começam a se tornar cada vez mais disponíveis. Displays a cores serão parte do futuro de muitos tipos de aplicação. Sistemas cada vez melhores e menores serão indicados para aplicações especiais e específicas.

O futuro do processamento de imagens está ligado diretamente aos futuros desenvolvimentos de toda a ciência dos computadores [3]. Os gráficos emitidos pelo computador poderão então ser oferecidos como benefício e ferramenta de trabalho, como o são as linguagens de programação e sistemas.

CAPÍTULO 3

UM SISTEMA GRÁFICO

3.1 - ORGANIZAÇÃO E TERMINOLOGIA

A definição da terminologia e a organização de um sistema gráfico são dois tópicos bastante discutidos. De um modo simplificado, propõem-se um diagrama de organização, mostrado na figura 1. Seu objetivo é o de focalizar somente os processos e dados essenciais à operação de um programa de aplicação gráfica.

Para efeito de um melhor entendimento e visando uma definição de terminologia, segue-se uma breve descrição de cada elemento da figura 1.

1 - Unidades de entrada:

São usadas pelo operador do programa de aplicação a fim de fornecer dados e comandos de controle.

2 - Manipulador de entradas:

É o processador dos pedidos de interrupção que partem das unidades de entrada, provendo assim meios para que o programa de aplicação receba os dados a serem manipulados.

3 - Estrutura de dados:

Contém os dados em forma adequada para manipulação pelo programa de aplicação.

4 - Procedimentos de entrada:

Recebem os dados do manipulador de entradas, fazem mu-

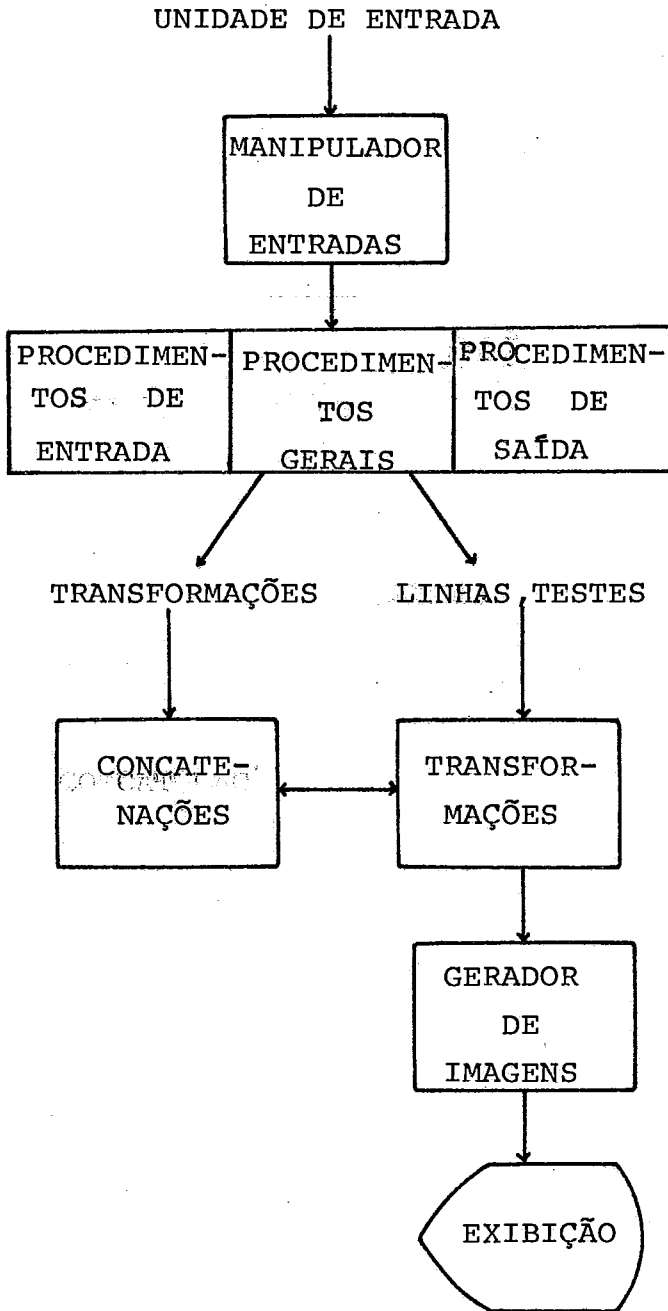


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO GRÁFICO DE E/S

Figura 1

danças apropriadas na estrutura de dados e passam o controle a outras rotinas.

5 - Procedimentos gerais:

São as partes do programa de aplicação que não envolvem diretamente E/S. São rotinas de apoio.

6 - Procedimentos de saída:

Definem a figura a ser exibida, geralmente em termos de dados armazenados na estrutura de dados do programa, isto é, definem como esses dados podem ser exibidos.

7 - Rotinas de Transformação:

São capazes de mudar escalas, fazer rotação e translação da informação gráfica gerada pelas rotinas de saída. O resultado é uma figura de tamanho e posição arbitrários. Desse grupo podem também fazer parte rotinas que selecionam partes específicas da figura a ser exibida, como se formassem uma espécie de janela.

8 - Procedimentos de concatenação:

Controlam as transformações sempre que necessário, verificando suas hierarquias.

9 - Gerador de imagens:

Converte informações em sinais convenientes à unidade de saída em questão.

O conjunto formado pelos itens 4, 5 e 6 é o programa de aplicação [9]. Contudo, a importância das rotinas de transformação deve ser ressaltada. É muito bom para o usuário poder efetuar as trans -

formações que deseja, livremente, para obter diferentes visões de uma figura, em diferentes escalas. Por esta e outras razões é interessante estender o domínio das rotinas de transformação a fim de que manipulem figuras tridimensionais. Isto acrescenta um pouco de complexidade ao sistema mas sua utilidade é de comprovada significação.

3.2 - APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA DE APLICAÇÃO CONV

É evidente que programas de computador não podem desenhar e sim seguir uma série de procedimentos que o usuário pensou poder resolver uma determinada classe de problemas. Tomando por base o próprio procedimento humano nesse sentido, podemos acrescentar alguns de seus elementos de experiência, perspicácia e criatividade à habilidade natural do computador de desempenhar procedimentos de rotina e repetidas operações de comparação sem a possibilidade de erro. É deduzível que pequena fração do esforço envolvido no processo de desenho requer criatividade, enquanto a maior parte do trabalho se concentra em atenção a milhares de detalhes como cálculos, restauração de informações, captura de dados, etc.

O programa CONV se baseia em processos bastante intuitivos e simples na manipulação das coordenadas de que se compõe um objeto tridimensional. Inicialmente é pesquisado o contorno da projeção do mesmo sobre um plano frontal $X'Y'$. Em seguida, e a partir de pontos pertencentes ao contorno, é resolvido o problema da visibilidade ou não das linhas de que se compõe a figura projetada.

A característica "não iterativo" se deve à indisponibilidade de suporte de hardware que permita a instalação de dispositivos tais como "light pen", console para display, etc. Em nível de hardware

serão gerados apenas os elementos primitivos: pontos, segmentos de reta e caracteres alfanuméricos. A manipulação desses elementos a nível de software é que ocasiona a formação das figuras.

Para sua exibição, os objetos contam com o mini-computador MITRA-15 e um osciloscópio a ele conectado. Suas coordenadas devem portanto ser inteiras e pertencer ao intervalo (0,512) ou seja, qualquer número X a ser alimentado no sistema deve obedecer a seguinte convenção:

$$0 < X < 512 \text{ e } X \in \mathbb{N}$$

3.3 - UTILIZAÇÃO:

A utilização de CONV é muito simples e obtida através de chamada feita pelo usuário em programa FORTRAN da seguinte maneira:

```
CALL CONV (END, GRAUS)
```

END é o endereço simbólico do início da cadeia de coordenadas do usuário.

GRAUS especifica o ângulo para a rotação do objeto. Se GRAUS for igual a zero significa que o usuário não deseja obter a rotação do mesmo.

Uma vez acionado, o programa permanece em seu laço principal a fim de possibilitar a exibição contínua de um objeto por tempo indeterminado. A obtenção de nova posição, nesta versão de CONV, é conseguida através de abandono do programa e nova chamada.

3.4 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Os dados oferecidos como entrada pelo usuário são examinados e armazenados em estrutura conveniente à sua manipulação rápida.

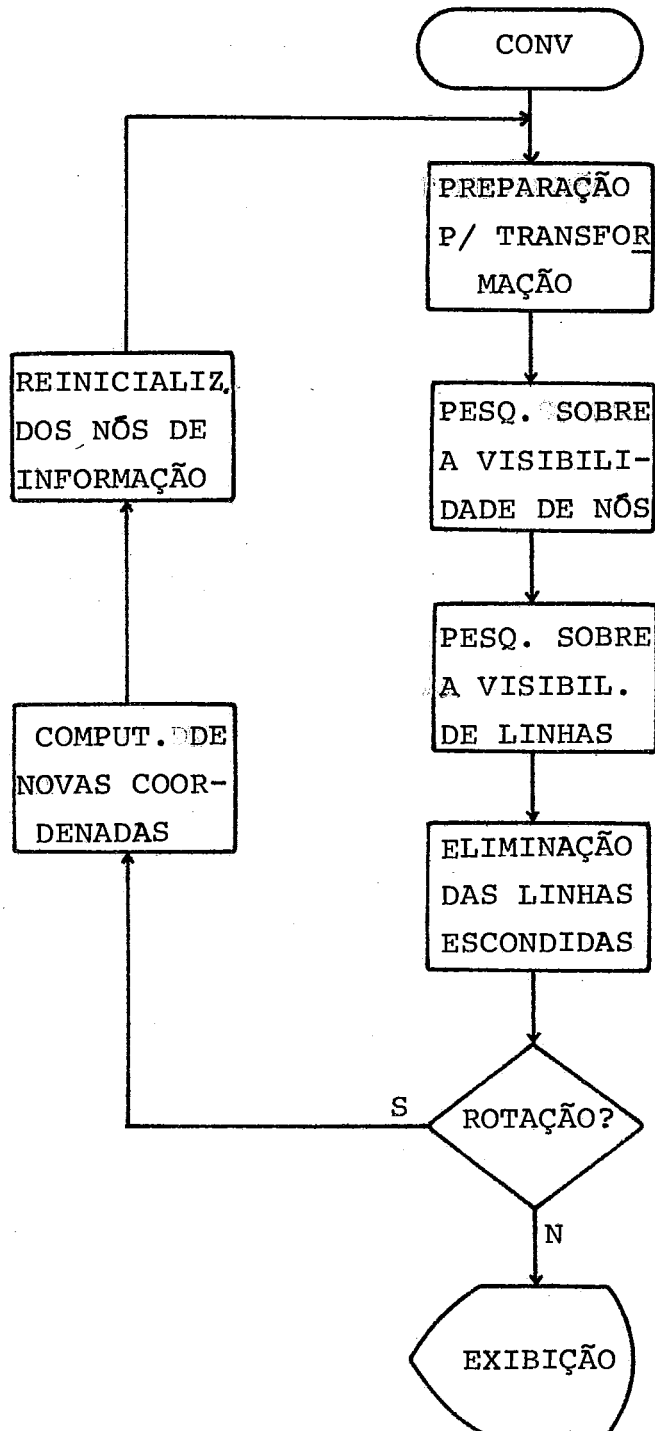


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE CONV

Figura 2

Esses dados são inicialmente analisados com o objetivo de se definir o

contorno do objeto a ser exibido. Este processo se baseia no estudo da projeção do objeto sobre o plano $X'Y'$, segundo um observador posicionado no infinito. A determinação das linhas escondidas é feita, portanto, "de fora para dentro" da projeção. O resultado é a projeção do objeto sobre o mesmo plano com a eliminação das linhas escondidas mediante ou não rotação feita em relação a um eixo coordenado no espaço.

A figura 2 dá uma idéia geral dos procedimentos principais do programa.

3.5 - TEMPO E MEMÓRIA

O problema do algoritmo é a detecção e eliminação das linhas escondidas. Esse trabalho de pesquisa envolve muita computação, o que corresponde a dispêndio de tempo. É de inteira responsabilidade do usuário o gasto de memória, quanto ao fornecimento de dados para o programa. Sua preocupação deve ser sempre a de minimizar o número de linhas a serem traçadas sobre o objeto que ele quer desenhar. Quanto maior for o número de dados, maior será o tempo gasto em pesquisá-los e maior também a área de memória necessária à sua carga e armazenamento em estrutura conveniente.

3.6 - A ORGANIZAÇÃO DO PROGRAMA

O programa CONV é organizado em fases para sua melhor compreensão. As fases são independentes entre si, tendo como único ponto em comum o acesso aos nós de informação de que se compõe a cadeia de entrada fornecida pelo usuário. Cada fase tem tarefas específicas de pesquisa e armazenamento de informações para a seguinte.

3.7 - O SISTEMA DE PROJEÇÃO

Um modo conveniente de se descrever um sólido é em função de seus vértices com o objetivo de formar arestas e faces. Esses vértices, por convenção, são percorridos no sentido horário pelo algoritmo, aresta por aresta, segundo sua projeção em um plano conveniente.

A projeção de um ponto sobre um plano é definida como o pé da perpendicular que vai do ponto ao plano. Esta perpendicular é única, visto que por um ponto dado passa uma e somente uma perpendicular a um plano específico. Por conseguinte, se temos um segmento de reta \overline{AB} e um plano E quaisquer, a projeção de \overline{AB} sobre E é o conjunto de todos os pontos que são projeções dos pontos de que se compõe \overline{AB} , sobre E.

De um modo mais geral podemos afirmar que a projeção de um polígono convexo é convexa, e num nível mais elevado, que a de um sólido convexo é igualmente convexa. Esta é a idéia sobre a qual o programa CONV se baseia. A manipulação dos segmentos de reta é feita sobre os dois sistemas coordenados:

1 - Sistema 0 (x, y, z)

Sistema tridimensional de eixos, sobre o qual os objetos devem ser definidos.

2- Sistema 0' (x', y')

Sistema bidimensional representativo do plano de projeção paralelo ao plano $x=0$, que intercepta o semi-eixo positivo dos X. (figura 3).

Os objetos definidos a três dimensões são transformados em objetos bidimensionais a fim de poderem ser exibidos. A impres-

são de profundidade é dada pela visão em perspectiva do objeto (P).

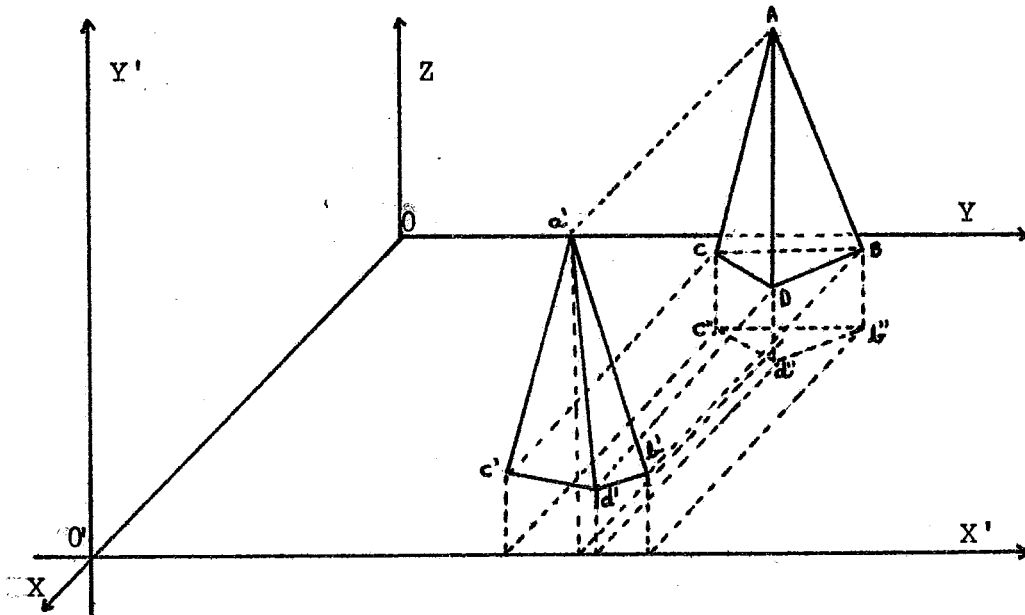
Considerando-se P' a projeção de P sobre $X'Y'$, a qualquer ponto $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $P_i \in P$, será associado um outro $P'_i(x'_i, y'_i)$, $P'_i \in P'$.

Assim sendo:

$$y_i = x'_i$$

$$z_i = y'_i$$

As coordenadas x_i não fazem parte da projeção do objeto P sobre o plano $X'Y'$ mas são muito importantes na determinação das linhas escondidas. É através delas que se obtêm informação sobre quais os pontos que mais se aproximam ou afastam do observador.



OS SISTEMAS DE PROJEÇÃO

Figura 3

3.8 - OS NÓS DE INFORMAÇÃO

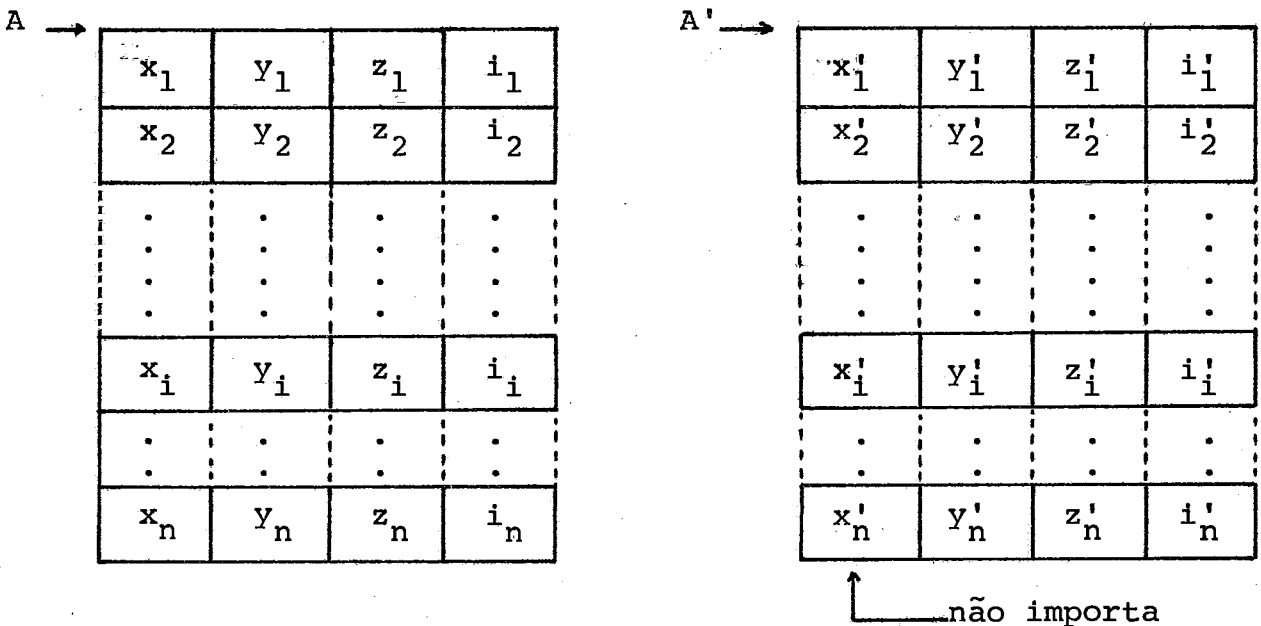
Os nós de informação são armazenados em uma fila, de acordo com os dados introduzidos pelo usuário. Esta fila de nós deve

ser o mais compacta possível para que se evite gasto de memória e tempo. Ao usuário cabe a responsabilidade de arranjar os dados de modo a evitar o mais possível a repetição de linhas no traçado de seu objeto.

Sobre o ponto de vista do usuário, a cadeia de coordenadas que define seu sólido forma uma matriz $4 \times N$ palavras. N é o número de vértices V_i do mesmo.

OBS:

Tendo em vista o caráter provisório da implementação do algoritmo (levando em conta que seu projeto é para o MITRA-15 e não para o IBM 1130) deixamos de dimensionar as matrizes, que poderão eventualmente assumir valores definitivos em sua forma final.



ASPECTOS DA FILA DE E/S

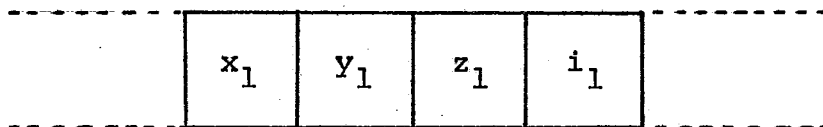
Figura 4

A figura 4 mostra a matriz A de entrada e a matriz A' de saída. A primeira mostra os nós fonte e a segunda, os nós transformados.

A exibição do sólido é feita mediante sua projeção sobre o plano X'Y' (figura 3). Desse modo e, para esse objetivo, as coordenadas X do sólido são ignoradas pelo algoritmo convenientemente.

3.8.1 - O FORMATO DO NÓ DE INFORMAÇÃO

Cada nó de informação corresponde a dados sobre um único ponto componente do objeto a ser exibido. Estes dados se referem às coordenadas cartesianas do ponto no espaço. Assim sendo, para um ponto genérico P_i do espaço, teremos um nó de 4 palavras onde as informações são distribuídas da seguinte forma:

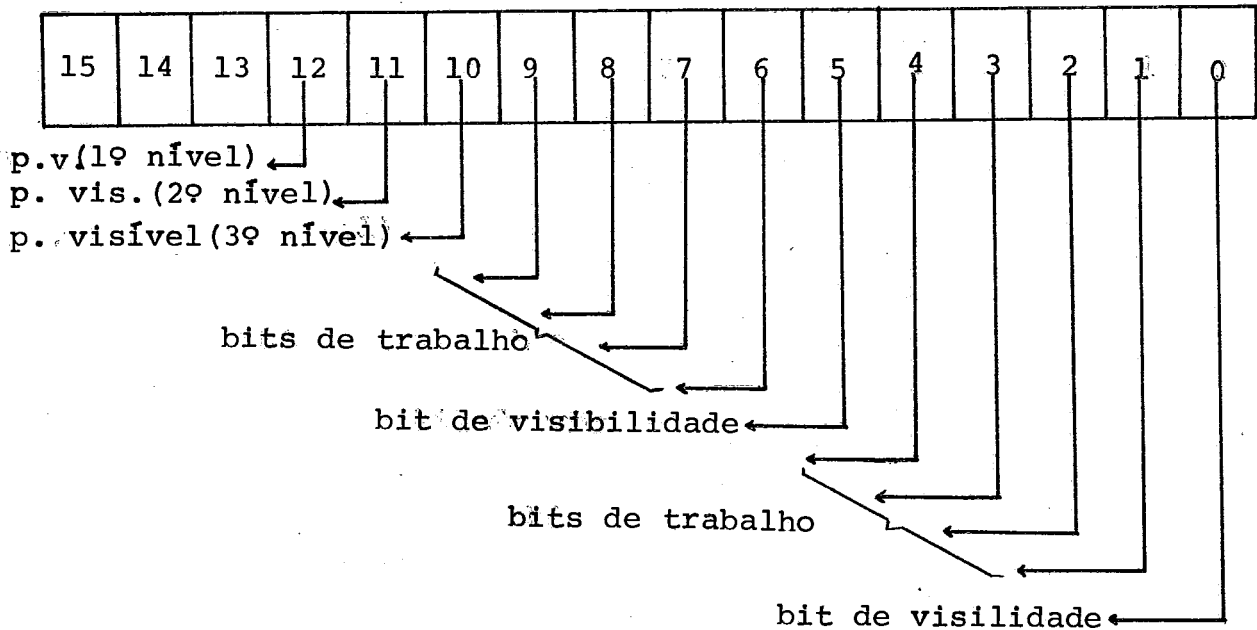


UM NÓ DE INFORMAÇÃO

Figura 5

Onde:

- 1 - x_1, y_1 e z_1 são as coordenadas espaciais de P_i .
- 2 - i_1 é uma palavra de trabalho a ser utilizadas por todas as fases do programa. Seu conteúdo final indica se o ponto correspondente a este nó é visível ou não. A configuração de seus bits é o seguinte:



A PALAVRA DE TRABALHO I

Figura 6

Observe-se que a condição "verdadeiro" estará associada ao valor 1 (bit ligado) e a condição "falso" ao valor 0 (bit desligado).

3.9 - AS SUBFIGURAS:

Uma subfigura será interpretada como um conjunto de linhas que formam ou não um polígono qualquer sobre uma face do objeto, sem contudo ser confundida com suas arestas. Esse polígono pode ser côncavo ou convexo. A restrição de ser convexo é feita somente ao objeto.

3.10 - NÍVEIS DE VISIBILIDADE:

Os níveis de visibilidade dos pontos componentes de uma figura projetada sobre X'Y' obedecem a uma hierarquia relacionada unicamente à disposição de suas coordenadas sobre o mesmo e foram in-

troduzidas para facilidade de implementação do algoritmo.

- Os pontos classificados como do 1º nível são aqueles que pertencem ao contorno da figura, isto é, pertencem aos segmentos de reta que limitam a projeção do objeto sobre X'Y'.

- Os pontos do 2º nível são aqueles imediatamente ligados aos do contorno da figura e que não pertencem a ele.

- Os pontos do 3º nível são os pontos restantes de que se compõe a figura.

A utilização dessas informações é levada a efeito pelos procedimentos de saída na definição final da figura a ser exibida, bem como pelos procedimentos gerais que as usam para otimizar seus processos de pesquisa.

3.11 - MODULARIDADE:

Cada fase do programa CONV é um subprograma independente dos demais. A utilização ou mudança total de qualquer um deles não provoca nenhum transtorno na filosofia do algoritmo, visto que cada fase se preocupa somente em trabalhar dados para a seguinte.

Esses dados são bits a serem ligados ou não na palavra de trabalho de cada nó.

CAPÍTULO 4

A ESTRUTURA DE DADOS

4.1 - INTRODUÇÃO

Os programas de computador usualmente operam problemas baseados em tabelas de informação. Em muitos casos estas tabelas não são simplesmente massas amorfas de valores numéricos; elas envolvem relações muito importantes entre os elementos que contêm.

Em sua mais simples definição, uma tabela deve ser uma lista linear de elementos com importantes propriedades de construção que podem responder a perguntas como: quem é o primeiro elemento da lista? Quem é o último? Quais os elementos que precedem ou seguem um outro?

Em sua forma mais complicada, uma tabela é uma matriz bidimensional ou n-dimensional para os valores maiores de n, o que pode ser uma estrutura em árvore representando a hierarquia de seus elementos ou então uma complicada estrutura multiligada com um grande número de conexões, comparáveis às do cérebro humano [11] .

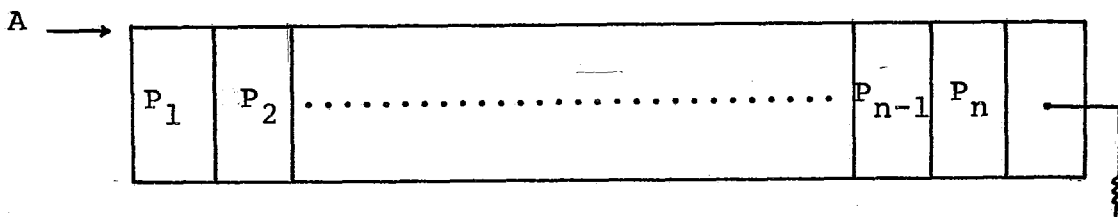
De um modo geral, para se aproveitar das facilidades que um computador oferece é importante adquirir-se uma boa compreensão do relacionamento dos dados que se está usando, bem como das técnicas de representação e manipulação dessas estruturas dentro da máquina. O objetivo é a flexibilidade e velocidade de processamento que elas podem oferecer.

Para o caso específico de CONV, a necessidade de se saber a todo momento informações sobre um segmento de reta qualquer componente do objeto em estudo, nos levou a procurar um modo simples

de relacionar cada ponto com todos os outros conectados a ele. Esta solução acarretou maior gasto de memória mas nos trouxe a vantagem da velocidade, que é o fator de importância primordial na regeneração de uma figura em exibição numa tela de display.

4.2 - ESTRUTURAS DE DADOS MANIPULADAS POR CONV

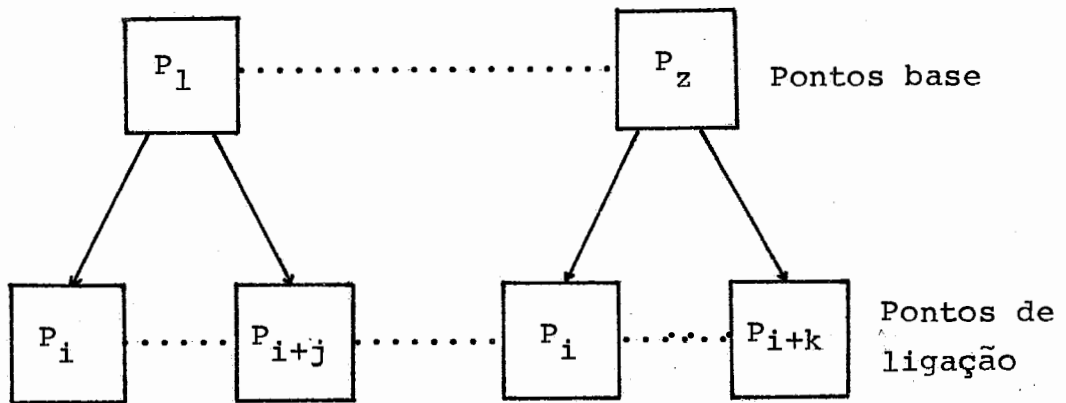
Os dados de entrada fornecidos pelo usuário constam de uma seqüência de coordenadas muito difíceis de serem manipuladas e entendidas pelo programa. O tempo investido para percorrer tal cadeia é muito grande devido ao número enorme de comparações que devem ser feitas a fim de se identificar um segmento de reta e sua posição no objeto. Isso se deve, em parte, às repetições de referências a um mesmo ponto, pois cada vértice de um objeto se liga, no mínimo, a três outros. A figura 7 ilustra esta idéia e mostra como os dados de entrada são armazenados na memória, em uma fila, cujo endereço simbólico é A.



A ESTRUTURA DE DADOS DO USUÁRIO

Figura 7

N é o número de pontos usados pelo usuário para o traçado do objeto no espaço. Uma estrutura mais flexível é apresentada na figura 8 onde cada ponto (vértice ou não) é relacionado a todos os outros que a ele se ligam.



A ESTRUTURA DE DADOS DO PROGRAMA

Figura 8

Um ponto base é aquele tomado como referência. Os pontos de ligação são aqueles que formam um segmento de reta com o ponto base no espaço. Um objeto tem tantos pontos base quantos são os pontos que definem seu traçado.

4.3 - PROCEDIMENTOS DE ENTRADA

4.3.1 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Duas tabelas são usadas para concretizar a estrutura anteriormente descrita:

1 - PT:

Tabela onde são armazenados os pontos base. Sua dimensão é de $2N+1$ palavras, onde N é o número total de pontos base componentes do objeto no espaço. Duas palavras são usadas para cada referência a um ponto base. A primeira contém o endereço do ponto na cadeia A do usuário. A segunda palavra é um ponteiro para a tabela

de pontos de ligação.

2 - SEG:

Tabela de pontos de ligação. As informações armazenadas em SEG são endereços de pontos guardados em A. Sua dimensão é variável e depende do objeto a ser exibido.

O motivo pelo qual se usou endereços de pontos e não os próprios, foi o de evitar gasto de memória, lembrando que cada ponto é definido por três coordenadas. Esses endereços se referem sempre à primeira palavra do nó de informação, em sua primeira ocorrência em A. É um modo de acelerar a pesquisa na referida cadeia, a qual é feita de modo seqüencial.

4.3.2 - O PROCEDIMENTO DE MONTAGEM E PREENCHIMENTO DA ESTRUTURA

4.3.2.1 - Descrição das variáveis

1 - LIVPT:

Ponteiro para a próxima palavra livre de PT.

2 - LISEG:

Ponteiro para a próxima palavra livre de SEG.

3 - FIXSG:

Ponteiro para a primeira palavra de cada grupo de pontos de ligação.

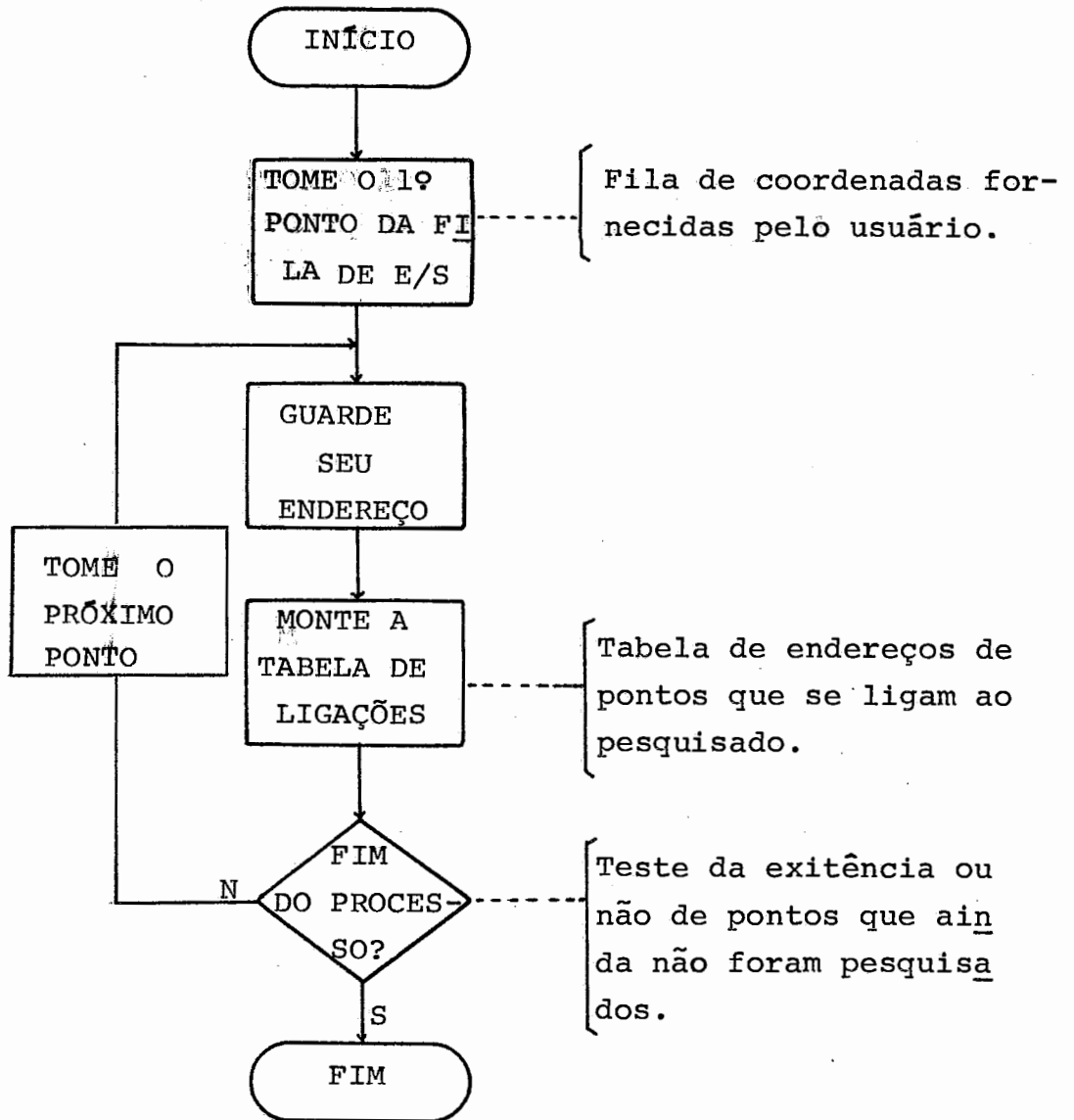
4.3.2.2 - Procedimento 1:

1.1. - Início.

1.2 - $R \leftarrow \text{end}[\text{primeira palavra ao primeiro nó de A}]$.

1.3 - $PT [LIVPT] \leftarrow R$. $LIVPT \leftarrow LIVPT + 1$.

1.4 - $PT [LIVPT] \leftarrow LISEG$. $LIVPT \leftarrow LIVPT + 1$.



PROCEDIMENTO 1 - DIAGRAMA GERAL

Figura 9

- 1.5 - $R \leftarrow \text{end}$ [ponto ligado ao apontado por R] .
- 1.6 - $\text{SEG} [\text{LISEG}] \leftarrow R1$. $\text{LISEG} \leftarrow \text{LISEG} + 1$.
- 1.7 - O ponto apontado por R se liga a mais algum ponto? Se sim, vá em frente, c.c. vá a 1.9.
- 1.8 - $R1 \leftarrow$ [end nova ligação do ponto apontado por R] .

- 1.9 - R1 aponta o último nó de A? Se sim, vá em frente, c.c. vá a 1.11.
- 1.10 - Todos os pontos de A já foram pesquisados? Se sim, vá a 1.12, c.c. vá em frente.
- 1.11 - O nó apontado por R1 já está em SEG? Se sim, vá a 1.7, c.c. vá a 1.6..
- 1.12 - Fim .

A figura 9 ilustra o procedimento descrito acima.

CAPÍTULO 5

PROCEDIMENTOS GERAIS

5.1 - INTRODUÇÃO

O procedimento para a eliminação das linhas escondidas é um conjunto de quatro procedimentos principais, que funcionam como um todo, de modo que, em determinada ordem, a saída gerada por um se constitui na entrada para o outro.

Os procedimentos trabalham sobre cada segmento de reta que compõe o objeto no espaço. Um segmento é comparado com os outros e quando resulta invisível é imediatamente marcado na fila de pontos para que não se perca tempo com posteriores comparações com ele.

Mesmo invisível, o segmento de reta não é retirado da fila. Isso porque formar uma nova fila somente com os segmentos de reta visíveis seria muito dispendioso. A solução adotada foi guardar na quarta palavra do nó de informação de um dos pontos extremos, a decisão final sobre a visibilidade ou não do segmento de reta a que pertence.

Há outro motivo pelo qual não é aconselhável destruir a fila de pontos. Se isso acontece o usuário perde a opção de chamar CONV tantas vezes quantas quizer em seu programa para obter diferentes vistas do objeto que deseja exibir, através do uso de uma rotina de transformação.

Para facilitar a compreensão dos procedimentos gerais vamos descrever os algoritmos usados por cada um em separado na ordem relativa a sua influência sobre os demais. Esta influência deve ser atendida apenas como hierarquia de transferência de informações, como já foi dito anteriormente.

5.2 - OS PONTOS EXTREMOS:

A idéia básica do algoritmo CONV é a que este trabalha sobre linhas e não sobre superfícies. Isto significa que os sólidos a serem exibidos são considerados como um conjunto de segmentos de reta cuja situação no espaço é conhecida através das coordenada $P_i(x_i, y_i, z_i)$ de seus pontos extremos. A primeira fase do algoritmo se preocupa em conhecer os pontos extremos da figura. Isso quer dizer que dada uma figura P , projeção do objeto P_i do espaço sobre o plano $X'Y'$ definiremos os pontos de P $XMIN(P)$, $XMAX(P)$, $YMIN(P)$, $YMAX(P)$ da seguinte maneira:

$$XMIN(P) \ll x_i' , \forall x_i' \in P$$

$$XMAX(P) \gg x_i' , \forall x_i' \in P$$

$$YMIN(P) \ll y_i' , \forall y_i' \in P$$

$$YMAX(P) \gg y_i' , \forall y_i' \in P$$

Estas condições são necessárias mas não suficientes,

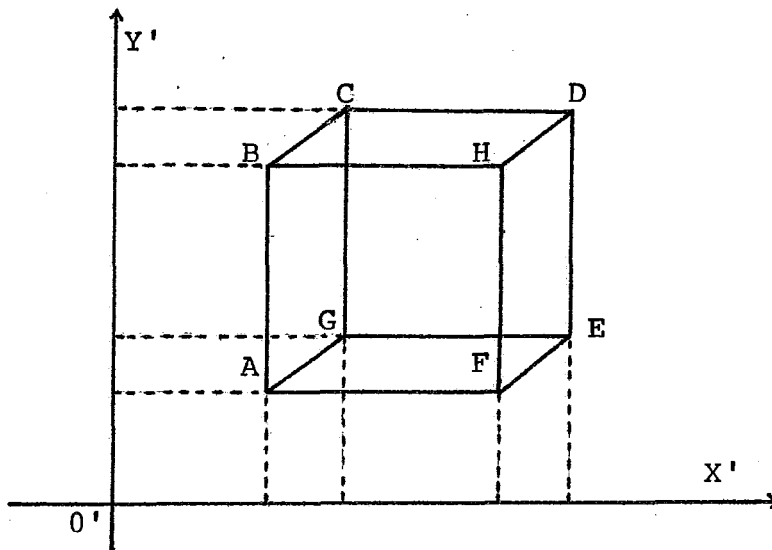


FIGURA APRESENTANDO MAIS DE UM PONTO EXTREMO PARA CADA SITUAÇÃO

Figura 10

haja visto casos como o que mostra a figura 10, onde, por exemplo os pontos A e B satisfazem a primeira condição acima. Adotaremos a seguinte convenção: dada uma figura P' qualquer do plano X'Y' e seus pontos XMIN de abcissas iguais, existe um C tal que:

$$C = \{ x'_i \in P' \mid x'_i = XMIN(P) \}$$

Um x'_i será escolhido de modo que:

$$x'_j \in C \mid \forall x'_i \in C, y'_j < y'_i, y'_j \in \text{n\~o}[x'_j], y'_i \in \text{n\~o}[x'_i]$$

O objetivo desta fase é demarcar a área a ser ocupada pela figura no plano X'Y'. Desta maneira podemos afirmar que todos os pontos de P pertencentes à projeção de P' sobre X'Y' deve satisfazer as seguintes condições:

$$P'_i(x'_i, y'_i) \in P' \Rightarrow (XMIN(P) \ll x'_i \ll XMAX(P)) \wedge (YMIN(P) \ll y'_i \ll YMAX(P)), x'_i, y'_i \in \mathbb{R}$$

5.2.1 A BUSCA DOS PONTOS EXTREMOS:

A função deste procedimento é a de detetar e marcar os pontos considerados críticos. Trata-se dos pontos extremos definidos anteriormente. Devido a sua simplicidade, deixamos de apresentar o diagrama geral do procedimento.

5.2.1.1 - Descrição das variáveis:

As variáveis usadas neste procedimento são:

1 - XMIN, XMAX, YMIN e YMAX:

Variáveis que guardam os valores dos pontos críticos para posteriores consultas.

2 - R:

Ponteiro para a primeira palavra do nó que se quer pesquisar.

5.2.1.2 - Procedimento 2

- 2.1 - Início.
- 2.2 - $R \leftarrow \text{end}[\text{primeira palavra do primeiro nó da fila de pontos}]$.
- 2.3 - Salve X e Y desse ponto.
- 2.4 - $R \leftarrow R + 1$.
- 2.5 - Todos os nós já foram visitados? Se sim, vá a 2.10, c.c. vá em frente.
- 2.6 - R aponta o nó de menor X? Se sim, salve X e vá a 2.4, c.c. vá em frente.
- 2.7 - Idem para o maior X.
- 2.8 - Idem para o menor Y.
- 2.9 - Idem para o maior Y.
- 2.10 - Marque na fila de pontos todos os nós que contenham algum ponto extremo.
- 2.11 - Fim.

5.3 - OS PONTOS QUE PERTENCEM AO CONTORNO-PONTOS DO 1º NÍVEL

5.3.1 - INTRODUÇÃO

O contorno de um objeto P, convexo, que se projeta de modo ortogonal sobre o sistema bi-dimensional de eixos X'Y', é um polígono P' de um número finito de lados, dentro e sobre o qual se limitam as projeções de todas as arestas que compõem esse objeto. Isso se deve à própria definição de objeto convexo. Os lados de P' são, desta maneira, as projeções das arestas do contorno do objeto P segundo um observador situado no infinito. É intuitivo pois concluir que, independentemente do fato de haverem arestas de P que estão escondidas ou não, o

contorno do objeto será sempre visível aos olhos do observador. Desse modo, o conjunto de lados de P' é a projeção ortogonal de P tal como o observador pode vê-lo.

5.3.2 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Uma das primeiras sensações que o olho humano tem ao se deparar com um objeto é a sensação de massa, de espaço ocupado pelo mesmo. Para ele não constitui problema o reconhecimento de silhuetas. Sua capacidade de ver, distinguir e comparar formas, bem como a de transmitir ao cérebro todas as informações necessárias sobre profundidade, etc, é instantânea. Para uma máquina porém, esses procedimentos intuitivos não são tão fáceis. É necessário que se envolva muito tempo de computação até que ela possa "ver", "compreender" e exibir o que "viu" e está guardado em sua memória.

Por convenção, CONV, através do PROCEDIMENTO 3, define o contorno P' do objeto sobre $X'Y'$, examinando-o no sentido horário. Como ponto de partida é usado um dos pontos extremos previamente calculados. Esses pontos, por sua própria condição são implicitamente componentes de P' . A busca dos demais pontos é feita de modo muito simples através do coeficiente angular conveniente a cada situação dos pontos de P' .

5.3.2.1 - Método de ação

O coeficiente angular ou declividade de uma reta é a tangente trigonométrica de sua inclinação. O coeficiente angular de uma reta que passa por dois pontos $P_1'(x_1', y_1')$ e $P_2'(x_2', y_2')$ é dado por:

$$m = \frac{Y_1' - Y_2'}{X_1' - X_2'} \quad , \quad m \in \mathbb{R}$$

Para facilitar a escolha dos coeficientes angulares, cada figura apresentada ao programa é imediatamente dividida em quatro setores:

1º setor:

Semi-plano situado à esquerda da reta que liga os pontos XMIN e YMAX. Para os pontos desse setor o coeficiente angular escolhido é o maior dos m_i tal que $m_i > 0$.

2º setor:

Semi-plano situado acima da reta que liga os pontos YMAX e XMAX. Para os pontos do 2º setor, o coeficiente angular escolhido é o maior dos m_i tal que $m_i < 0$.

3º setor:

Semi-plano situado à direita da reta que liga os pontos XMAX e YMIN. Nesse caso é tomado o maior dos m_i tal que $m_i > 0$.

4º setor:

Semi-plano situado abaixo da reta que liga os pontos YMIN e XMIN. Para pontos nesse setor é escolhido o maior do m_i tal que $m_i < 0$.

5.3.2.1.1 Casos particulares

Há casos em que os coeficientes angulares podem assumir valores como zero e infinito, como nos casos de retas paralelas ao eixo dos X' e das paralelas ao eixo dos Y' , respectivamente. As soluções adotadas para estes casos em relação a cada setor são:

1- $m=0$:

- Para o 1º setor nunca será interessante a escolha de um coefi-

ciente angular nulo. Isto se deve ao fato de que nesse caso haverá pelo menos um que satisfaça a condição de ser maior que zero, a menos que se tenha atingido um ponto crítico conveniente.

- Para o 2º setor, se $x_2' - x_1' > 0$, então o segmento de reta $\overline{x_2' x_1'}$ é considerado como pertencente ao contorno, caso contrário poderia acontecer:

1 - Quebrar o sentido convencional de varredura dos pontos da figura (sentido horário).

2 - Pegar um ponto já pesquisado, alterando assim a lista de pontos do contorno.

- Para o 3º setor a situação é análoga à do 1º setor.

- Para o 4º setor, se $x_2' - x_1' < 0$, segmento de reta $\overline{x_2' x_1'}$ é considerado como pertencente ao contorno. Ver itens 1 e 2 relacionados ao 2º setor.

2 - $m = \infty$:

- Para o 1º setor, se $y_2' - y_1' > 0$, o segmento de reta $\overline{y_2' y_1'}$ é considerado como componente do contorno da figura, caso contrário poderia acontecer:

1 - Quebrar o sentido convencional de varredura dos pontos da figura (sentido horário).

2 - Pegar um ponto já pesquisado, o que altera a lista de pontos do contorno.

- Para o 2º setor esse coeficiente angular não é interessante. Sua ocorrência indica que o 3º setor foi alcançado.

- Para o 3º setor, se $y_2' - y_1' < 0$, o segmento de reta $\overline{y_2' y_1'}$ é considerado como pertencente ao contorno, caso contrário não. A justificativas são as mesmas apresentadas para o 1º setor.

- Para o 4º setor o motivo da não escolha de $m=\infty$ é análogo ao apresentado para o 2º setor.

Ao término da comparação exaustiva de todos os segmentos de reta que compõem a figura, uma nova fila de pontos é formada. Esta fila contém somente pontos pertencentes ao contorno. Seu objetivo é minimizar o número de acessos à fila de pontos componentes do objeto.

5.3.3 - BUSCA DOS PONTOS DO 1º NÍVEL

5.3.3.1 - Descrição das variáveis

1 - TABPC:

Vetor $1 \times N$, onde N é o número de pontos do contorno armazenados.

2 - TABP:

Ponteiro para TABPC.

3 - PONTO:

Ponteiro para o nó que contém o ponto base atual.

4 - SECT:

Ponteiro para o setor atual.

5 - PAL:

Ponteiro para um ponto ligado ao ponto base.

6 - ALFA:

Variável com o objetivo de guardar o coeficiente angular da reta que passa pelos pontos base e de ligação.

7 - ALFMX:

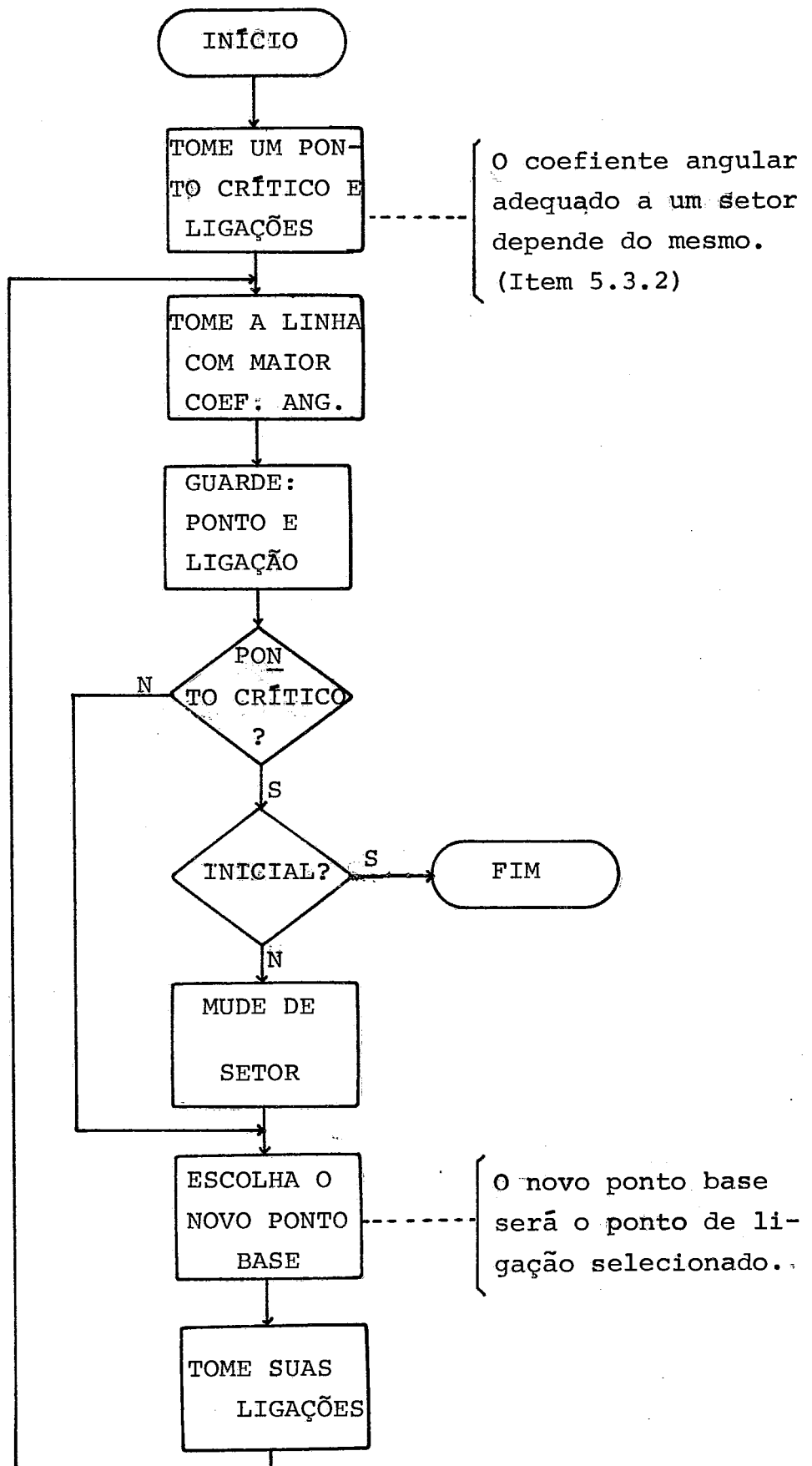
Variável com o objetivo de guardar o maior ALFA.

5.3.3.2 - Procedimento 3

- 3.1 - Início .
- 3.2 - PONTO ← end [nó XMIN] .
- 3.3 - Se end [nó YMAX] ≠ end [nó XMIN] , vá a 3.5.c.c. vá em frente.
- 3.4 - SECT ← 1 .
- 3.5 - TABPC [TABP] ← PONTO . TABP ← TABP + 1 .
- 3.6 - PAL ← end [próxima ligação de PONTO em PT] .
- 3.7 - Se SECT = 0 , vá a 3.10 , c.c. vá em frente .
- 3.8 - Se SECT = 1 , vá a 3.20 , c.c. vá em frente .
- 3.9 - Se SECT = 2 vá a 3.30 , c.c. vá a 3.39 .
- 3.10 - Se não ocorreu nenhum dos casos especiais, determine ALFA e vá em frente, c.c. vá a 3.47 .
- 3.11 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual faça ALFM ← ALFA e vá a 3.6. c.c. vá em frente .
- 3.12 - Se ALFMX < ALFA faça ALFMX ← ALFA, c.c. vá em frente .
- 3.13 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO, vá em frente, c.c. vá a 3.6 .
- 3.14 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por YMAX vá em frente, c.c. vá a 3.18 .
- 3.15 - SECT ← SECT + 1 .
- 3.16 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por XMAX, vá em frente, c.c. vá a 3.18 .
- 3.17 - SECT ← SECT + 1 .
- 3.18 - PONTO ← end [nó ALFMX] . Vá a 3.5 .
- 3.19 - Vá a 3.5 ,
- 3.20 - Se não ocorreu nenhum dos casos especiais, determine ALFA e vá em frente, c.c. vá a 3.47 .
- 3.21 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual, vá em frente, c.c. vá a 3.6 .

faça $ALFMX \leftarrow ALFA$ e vá a 3.6. c.c. vá em frente.

- 3.22 - Se $ALFA > ALFMX$, faça $ALFMX \leftarrow ALFA$, c.c. vá em frente .
- 3.23 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO, vá em frente, c.c. vá a 3.6 .
- 3.24 - Se $ALFMX$ é o coeficiente angular da reta que passa por $XMAX$ vá em frente, c.c. vá a 3.23 .
- 3.25 - $SECT \leftarrow SECT + 1$.
- 3.26 - Se $ALFMX$ é o coeficiente angular da reta que passa por $YMIN$, vá em frente, c.c. vá a 3.28..
- 3.27 - $SECT \leftarrow SECT + 1$.
- 3.28 - $PONTO \leftarrow \text{end}[\text{nó } ALFMX]$.
- 3.29 - Vá a 3.5 .
- 3.30 - Se não ocorreu nenhum dos casos especiais, determine $ALFA$ e vá em frente, c.c. vá a 3.47 .
- 3.31 - Se $ALFMX$ não foi determinado em relação ao ponto base atual, faça $ALFMX \leftarrow ALFA$ e vá a 3.6, c.c. vá em frente.
- 3.32 - Se $ALFA > ALFMX$ faça $ALFMX \leftarrow ALFA$, c.c. vá em frente .
- 3.33 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO, vá em frente c.c. vá a 3.6 .
- 3.34 - Se $ALFMX$ é o coeficiente angular da reta que passa por $YMIN$ vá em frente c.c. vá a 3.38 .
- 3.35 - $SECT \leftarrow SECT + 1$.
- 3.36 - Se $ALFMX$ é o coeficiente angular da reta que passa por $XMIN$ faça $TABPC [TABP] \leftarrow PONTO$ e vá a 3.46, c.c. siga em frente.
- 3.37 - $PONTO \leftarrow \text{end}[\text{nó } ALFMX]$.
- 3.38 - Vá a 3.5 .
- 3.39 - Se não ocorreu um dos casos especiais, determine $ALFA$ e vá em



PROCEDIMENTO 3 -
DIAGRAMA GERAL

Figura 11

frente, c.c. vá a 3.47.

- 3.40 - Se ALFMX não foi determinado em relação ao ponto base atual, faça ALFMX←ALFA e vá a 3.6. c.c. vá em frente.
- 3.41 - Se ALFA > ALFMX, faça ALFMX←ALFA, c.c. vá em frente.
- 3.42 - Se já foram pesquisadas todas as ligações de PONTO vá em frente c.c. vá a 3.6.
- 3.43 - Se ALFMX é o coeficiente angular da reta que passa por XMIN vá a 3.46 c.c. vá em frente.
- 3.44 - PONTO←end [nó ALFMX].
- 3.45 - Vá a 3.5.
- 3.46 - FIM.
- 3.47 - Se $m = \infty$ vá a 3.50, c.c. vá em frente.
- 3.48 - PONTO←PAL. Se ocorrer um dos casos de ordenadas especiais válidas vá a 3.5. c.c. vá a 3.6 .
- 3.49 - Se não for o caso de mudanças de setor vá a 3.5, c.c. vá a 3.52
- 3.50 - PONTO←PAL Se ocorrer um dos casos de abcissas especiais válidas vá a 3.5, c.c. vá a 3.6. *ave*
- 3.51 - Se não for o caso de uma mudança de setor vá a 3.5, c.c. vá em frente.
- 3.52 - SECT←SECT + 1.
- 3.53 - Vá ao setor especificado por SECT.

O procedimento 3 é ilustrado pela figura 11.

5.4 - O CRITÉRIO DE VISIBILIDADE

Por definição, todos os segmentos de reta que compõem uma figura convexa são interiores a seu contorno ou pertencem a ele.

Um segmento de reta será dito visível se e somente se

contiver, pelo menos, três pontos visíveis. Isso porque nem sempre o segmento que une dois pontos visíveis é visível.

5.5 - OS PONTOS LIGADOS AOS DO CONTORNO-PONTOS DO 2º NÍVEL

5.5.1 - INTRODUÇÃO

A pesquisa das ligações visíveis dos pontos que se conectam aos do contorno de um objeto é feita no espaço tridimensional através das coordenadas X. Os pontos do 2º nível são aqueles considerados visíveis e que se ligam aos do contorno.

5.5.2 - FILOSOFIA DE TRATAMENTO

Através de um plano que passa por três pontos consecutivos do contorno pode-se determinar quais os que se situam na frente e quais os que se situam atrás do mesmo. Os primeiros são considerados visíveis ao passo que os segundos, não.

5.5.3 - O CASO DOS PONTOS EM LINHA RETA

O procedimento 4 se baseia na determinação de planos, tomando por base três pontos consecutivos do contorno da projeção de um objeto sobre o plano $X'Y'$. A seleção dos pontos não situados sobre o mesmo suporte de reta é feita antes de se executar o procedimento 4 propriamente dito. A ocorrência de três ordenadas iguais ou três abcissas iguais resulta na pesquisa de um novo ponto do contorno da figura, e assim sucessivamente até que se quebre o laço (figura 12).

5.5.4 - A BUSCA DE PONTOS DO 2º NÍVEL

5.5.4.1 - Descrição das variáveis

1 - PPC:

Ponteiro para o 1a. ligação de PPC1. Ponto do contorno.

2 - PPC1:

Ponteiro para um ponto do contorno, o ponto base.

3 - PPC2:

Ponteiro para a 2a. ligação de PPC1. Ponto do contorno.

4 - PPC3:

Ponteiro para o ponto ligado a PPC1 que não pertence ao contorno (em geral).

5 - N:

Contador de pontos sobre um mesmo segmento de reta.

5.5.4.2 - Procedimento 4

4.1 - Início .

4.2 - $PPC1 \leftarrow PPC + 1$.

4.3 - $PPC2 \leftarrow PPC + 2$.

4.4 - Se $X'[PPC] = PPC1$ vá em frente, c.c. vá a 4.8 ..

4.5 - Se $X'[PPC] = PPC2$ vá em frente, c.c. vá a 4.10 .

4.6 - $N \leftarrow N + 1$.

4.7 - $PPC2 \leftarrow PPC + 3$. Vá a 4.5 .

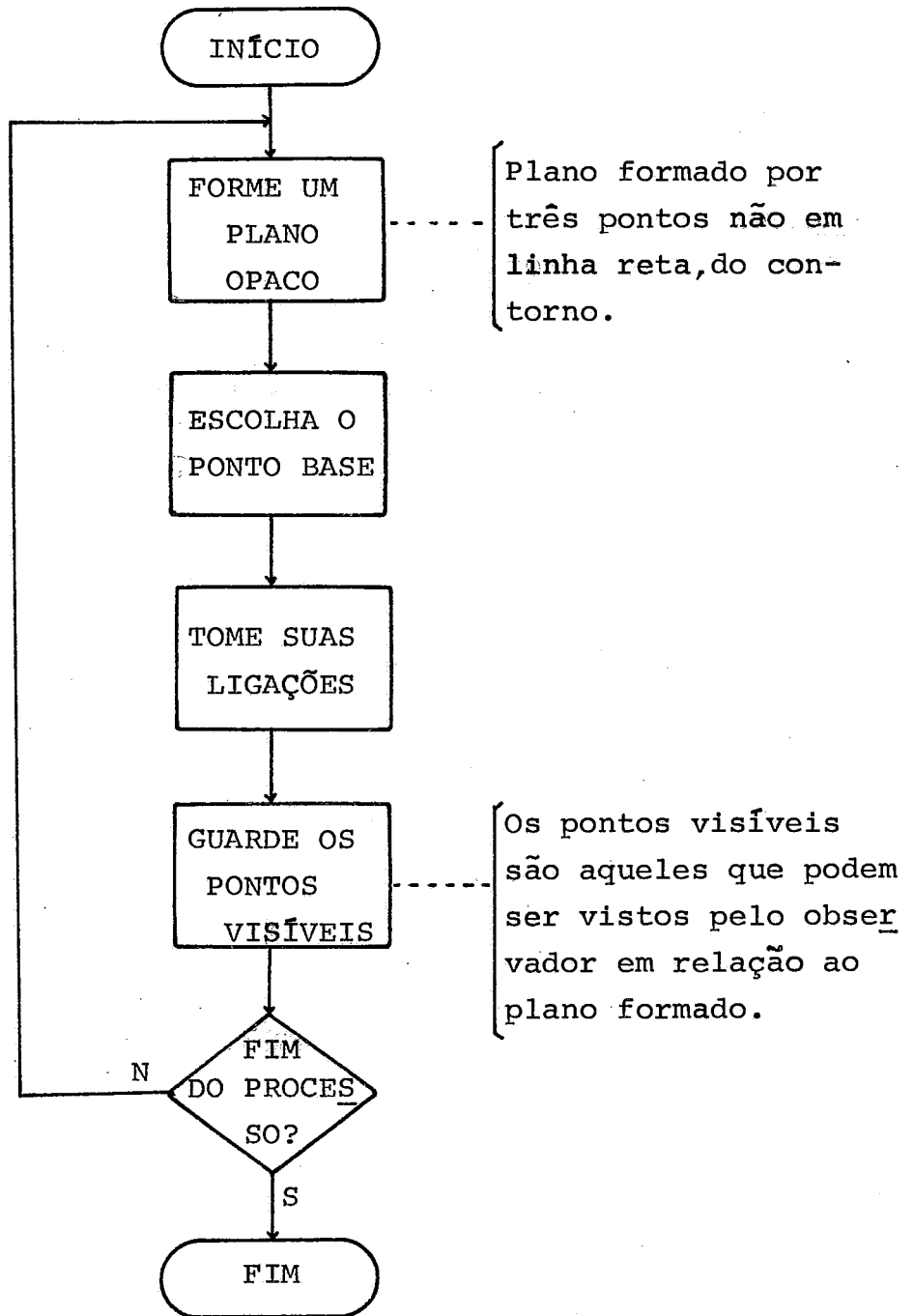
4.8 - Se $Y^*[PPC] = Y' [PPC1]$ vá em frente c.c. vá a 4.10 ..

4.9 - Se $Y'[PPC] = Y' [PPC2]$ vá a 4.6 vá em frente .

4.10 - Procure PPC1 em PT .

4.11 - Pegue a primeira ligação de PPC1 em SEG .

4.12 - Se for o mesmo nó apontado por PPC vá a 4.14, c.c. vá em frente.



PROCEDIMENTO 4 - DIAGRAMA GERAL

Figura 12

4.13 - Se for o mesmo nó apontado por PPC2 vá em frente, c.c. vá a 4.15.

4.14 - Pegue a próxima ligação de PPC1 em SEG e vá a 4.12.

- 4.15 - Se for zero vá em frente, c.c. vá a 4.22.
- 4.16 - Se $N=0$ vá a 4.21, c.c. vá em frente .
- 4.17 - $PPC \leftarrow PPC + 1$.
- 4.18 - $PPC1 \leftarrow PPC + 2$.
- 4.19 - $N \leftarrow N-1$. Vá a 4.10.
- 4.20 - Se todos os pontos de TABPC já foram pesquisados vá a 4.26, c.c. vá em frente.
- 4.21 - $PPC \leftarrow PPC1$.
- 4.22 - $PPC3 \leftarrow$ ligações de PPC1.
- 4.23 - $X_1 \leftarrow$ ponto de projeção de $\overline{PPC \text{ PPC2}} \wedge \overline{PPC1 \text{ PPC3}}$ sobre $X'Y'$.
- 4.24 - Se $X [X_1] \in \overline{PPC \text{ PPC2}} \vee X [X_1] \in \overline{PPC1 \text{ PPC3}}$ vá a 4.27, c.c. vá em frente .
- 4.25 - $\overline{PPC1 \text{ PPC3}}$ é visível. Marque os nós que a representam e vá a 4.20.
- 4.26 - Fim.
- 4.27 - Pegue a próxima ligação de PPC1 em SEG e vá a 4.15.

CAPÍTULO 6PROCEDIMENTOS DE SAÍDA E ROTINAS DE TRANSFORMAÇÃO6.1 - AS LINHAS VISÍVEIS - PONTOS 3º NÍVEL

A função do procedimento de saída é interpretar as informações captadas pelos procedimentos anteriores, definindo a figura a ser exibida. No caso de CONV, como o processamento dos segmentos de reta têm sido efetuados "de fora para dentro da figura" um dos procedimentos de saída deve se preocupar em "fechar" a projeção da mesma sobre X'Y'. Trata-se da complementação do processo de busca das linhas visíveis e, conseqüentemente, das linhas escondidas que conclue o algoritmo. A decisão sobre a visibilidade ou não dos segmentos de reta, tendo em vista a convexidade do objeto se baseia em duas regras:

- 1 - O segmento de reta que une dois pontos visíveis (não do contorno) é sempre visível.
- 2 - O segmento de reta que une dois pontos escondidos é sempre escondido.

As informações básicas sobre a visibilidade dos pontos já foi obtida e armazenada na quarta palavra componente de cada nó de informação (palavra I de trabalho).

O mesmo critério se aplica a todos os segmentos de reta que pertencem às faces do objeto. É considerado visível todo aquele segmento de reta situado sobre uma face visível do objeto(subfigura). O tratamento dispensado a esse nível de pontos é inteiramente dependente dos procedimentos anteriores, resultando na última fase do algoritmo.

6.2 - A BUSCA DAS LINHAS VISÍVEIS

Este procedimento é pequeno e rápido. Sua função é a de completar as palavras I de cada nó. A única variável usada é P, cujo objetivo é o de percorrer a fila de pontos cujo endereço simbólico é A e descobrir os pontos do 3º nível, como mostra o procedimento.

6.2.1 - PROCEDIMENTO 5

5.1 - Início.

5.2 - $P \leftarrow$ [end primeiro nó de A].

5.3 - Se o ponto referenciado por P é visível vá a 5.6, c.c. vá em frente.

5.4 - $P \leftarrow P + 1$.

5.5 - Se já foram visitados todos os nós de A vá a 5.9, c.c. vá a 5.3.

5.6 - Localize o ponto referenciado por P em PT.

5.7 - Marque convenientemente todas as ligações do ponto apontado por P ..

5.8 - Vá a 5.4 .

5.9 - Fim.

Ao término desta fase, a figura já se encontra completamente definida e o comando é passado ao procedimento o qual se encarregará da exibição da mesma, mediante chamadas convenientes às rotinas que compoem o gerador de imagens do sistema.

6.3 - A INTERPRETAÇÃO DOS CÓDIGOS DE I

Toda utilização do campo I de um nó é feita visando a determinação das linhas escondidas. Contudo, nem todos os bits de I fa-

zem parte do código de visibilidade das linhas que compoem uma figura. É bom ressaltar que os mesmos não ficaram totalmente inaproveitados, tendo sido utilizados como bits de trabalho no decorrer das diversas fases de pesquisa dos pontos. Assim sendo, o código estudado pelo procedimento só faz referência aos bits 10,11,12 e 0 e não ao conteúdo total de I como se segue:

- 1 - Bits 10 e 0 ligados: linha visível com ligações visíveis.
- 2 - Bits 12 e 0 ligados: linha pertencente ao contorno (visível).
- 3 - Bits 10 ou 11 ligados: linha inexistente que une dois pontos visíveis e coplanares ou linha repetida, segundo definição do usuário.
- 4 - Bit 0 desligado linha escondida, de acordo com a posição atual do objeto no espaço.
- 5 - Bits 10,11,12 e 0 desligados linha inexistente ou repetida sobre uma face escondida do sólido.

6.4 - A EXIBIÇÃO DA FIGURA

Um ponteiro semelhante ao usado no procedimento anterior é usado, com o mesmo propósito no procedimento 8, como se segue:

6.4.1 - PROCEDIMENTO 6

6.1 - Início.

6.2 - $P \leftarrow \text{end}[\text{primeiro nó de } A]$.

6.3 - Se o nó apontado por P representa um ponto visível, vá a 6.7, c.c. vá em frente.

6.4 - Envie à unidade exibidora as coordenadas x' e y' da nó apontado por P , juntamente com a condição de linha visível.

6.5 - $P \leftarrow P + 1$.

6.6 - Se todos os nós de A já foram visitados vá a 6.9, c.c. vá a 6.3.

6.7 - Envie à unidade exibidora as coordenadas x' e y' do nó apontado por P, juntamente com a condição de linha invisível.

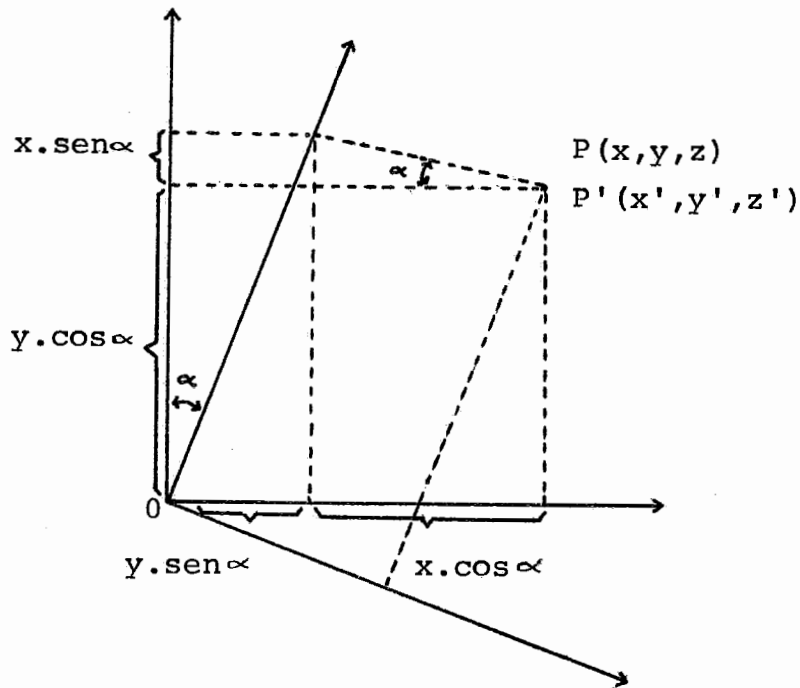
6.8 - Vá a 6.5.

6.9 - Fim.

6.5 - ROTINAS DE TRANSFORMAÇÃO

As rotinas de transformação promovem uma visão diferente de um objeto no espaço. Um exemplo dessa facilidade é a rotação em torno de um eixo coordenado. Para cada ponto pertencente ao objeto, novas coordenadas são obtidas a partir das equações (1), (2) e (3).

Sejam OX e OY os eixos primitivos, OX' e OY' os novos



ROTAÇÃO DO PLANO XY EM TORNO DO EIXO DOS Z

Figura 13

eixos, α o ângulo segundo o qual os eixos giraram e 0 a origem comum aos dois sistemas, como mostra a figura 10.

As fórmulas de rotação dos eixos segundo um ângulo , são as seguintes:

$$x' = x.\cos\alpha - y.\sen\alpha \quad \textcircled{1}$$

$$y' = x.\sen\alpha + y.\cos\alpha \quad \textcircled{2}$$

$$z' = z \quad \textcircled{3}$$

CONCLUSÃO

Devido a problemas provenientes da configuração mínima de hardware do sistema hospedeiro, o pacote gráfico apresentado neste trabalho tem sérias restrições quanto a ocupação de memória e funcionalidade. O manuseio específico de coordenadas inteiras afeta de modo lamentável as rotinas de transformação, tirando-lhes a natural potencialidade. Contudo, no caso de substituição do osciloscópio por um display gráfico, o programa pode ser facilmente adaptado, bastando que para isso sejam introduzidas pequenas modificações nas rotinas que montam ou manipulam as estruturas de dados. Esse processo não implicará em grandes dificuldades devido à modularidade do programa, o que permite o teste específico de cada uma de suas fases.

Qualquer expansão levada a efeito em nível de hardware manipulador de entradas com a finalidade de tornar o sistema iterativo não afetará o funcionamento do programa, desde que se tenha o cuidado de atualizar a fila de pontos que constituem a cadeia de entrada do usuário.

A aplicação mais importante deste trabalho é didática. Pretendeu-se mostrar um algoritmo simples e geral para a solução do problema das linhas escondidas para o caso de figuras convexas, o que pode servir como base para futuras expansões e melhoramentos do sistema proposto.

APÊNDICE 1

LISTAGEM DOS ALGORITMOS USADOS

PROCEDIMENTO 1

		00260	*****
		00261	*
		00262	
		00263	*
		00264	*****
0115	01	65000000	00265
0117	01	60000363	00266
0119	01	60000364	00267
0118	01	65800364	00268
011D	0	C100	00269
011E	01	D400036A	00270
0120	0	C101	00271
0121	01	D400036B	00272
0123	0	C102	00273
0124	01	D400036C	00274
0126	01	6580035B	00275
0128	01	C4000364	00276
012A	0	D100	00277
012B	01	C400035C	00278
012D	0	D101	00279
012E	0	7102	00280
012F	01	6000035B	00281
0131	01	C400035C	00282
0133	01	D4000361	00283
0135	01	65800364	00284
0137	0	C103	00285
0138	01	EC00035D	00286
013A	0	D103	00287
013B	01	C4000364	00288
013D	01	9400035E	00289
013F	01	D4000365	00290
0141	01	94000363	00291
0143	01	4C280155	00292
0145	01	C400035F	00293
0147	01	D4000366	00294
0149	01	4C000391	00295
0148	01	6580035C	00296
014D	01	C4000365	00297
014F	0	D100	00298
0150	0	7101	00299
0151	01	6000035C	00300
0153	0	1810	00301
0154	0	D100	00302
0155	01	C4000364	00303
0157	01	8400035E	00304
0159	01	D4000365	00305
015B	01	C4000098	00306
015D	01	94000365	00307
015F	01	4C1803CA	00308
0161	01	C400035D	00309
0163	01	D4000366	00310
0165	01	4C000391	00311

			*
			MONTAGEM DA ESTRUTURA
			*

	ESTRU	LDX	L1 A
		STX	L1 LUG1
		STX	L1 LUG2
	INIPT	LDX	I1 LUG2
		LD	1 0
		STO	L ATX
		LD	1 1
		STO	L ATY
		LD	1 2
		STO	L ATZ
		LDX	I1 LIVPT
		LD	L LUG2
		STO	1 0
		LD	L LISEG
		STO	1 1
		MDX	1 2
		STX	L1 LIVPT
		LD	L LISEG
		STO	L FIXSG
	BUSCA	LDX	I1 LUG2
		LD	1 3
		OR	L OITO
		STO	1 3
		LD	L LUG2
		S	L QUATR
		STO	L LUG3
		S	L LUG1
		BN	INI
		LD	L UM
		STO	L CHAVE
		B	L OUT
	GFI	LDX	I1 LISEG
		LD	L LUG3
		STO	1 0
		MDX	1 1
		STX	L1 LISEG
		SRA	16
		STO	1 0
	INI	LD	L LUG2
		A	L QUATR
		STO	L LUG3
		LD	L MARK
		S	L LUG3
		BZ	NOVOP
		LD	L OITO
		STO	L CHAVE
		B	L OUT

0167	0064	00312	PT	BSS	L	100
01CB	0190	00313	SEG	BSS		400
035B	1 0167	00314	LIVPT	DC		PT
035C	1 01CB	00315	LISEG	DC		SEG
035D	0 0008	00316	OITD	DC		8
035E	0 0004	00317	QUATR	DC		4
035F	0 0001	00318	UM	DC		1
0360	0 0000	00319	PRIMP	DC		*-*
0361	0 0000	00320	FIXSG	DC		*-*
0362	0 0000	00321	LUG	DC		*-*
0363	0 0000	00322	LUG1	DC		*-*
0364	0 0000	00323	LUG2	DC		*-*
0365	0 0000	00324	LUG3	DC		*-*
0366	0 0000	00325	CHAVE	DC		*-*
0367	0 0000	00326	ATX0	DC		*-*
0368	0 0000	00327	ATY0	DC		*-*
0369	0 0000	00328	ATZ0	DC		*-*
036A	0 0000	00329	ATX	DC		*-*
036B	0 0000	00330	ATY	DC		*-*
036C	0 0000	00331	ATZ	DC		*-*
036D	01 6580035C	00332	GF2	LDX	I1	LISEG
036F	0 C0F5	00333		LD		LUG3
0370	0 D100	00334		STO	1	0
0371	0 7101	00335		MDX	1	1
0372	0 1810	00336		SRA		16
0373	0 D100	00337		STO	1	0
0374	01 C4000098	00338		LD	L	MARK
0376	0 D101	00339		STO	1	1
0377	0 69E4	00340		STX	1	LISEG
0378	0 C0EC	00341	MAIS1	LD		LUG3
0379	0 80E4	00342		A		QUATR
037A	0 D0E9	00343		STO		LUG2
037B	0 D0E9	00344		STO		LUG3
037C	01 C4000098	00345		LD	L	MARK
037E	0 90E5	00346		S		LUG2
037F	01 4C1803CA	00347		BZ		NOVOP
0381	01 65800364	00348		LDX	I1	LUG2
0383	0 C100	00349		LD	1	0
0384	0 90E5	00350		S		ATX
0385	01 4C200378	00351		BNZ		MAIS1
0387	0 C101	00352		LD	1	1
0388	0 90E2	00353		S		ATY
0389	01 4C200378	00354		BNZ		MAIS1
038B	0 C102	00355		LD	1	2
038C	0 90DF	00356		S		ATZ
038D	01 4C200378	00357		BNZ		MAIS1
038F	01 4C000135	00358		B	L	BUSCA
0391	01 65800365	00359	OUT	LDX	I1	LUG3
0393	0 C100	00360		LD	1	0
0394	0 D0D2	00361		STO		ATX0
0395	0 C101	00362		LD	1	1
0396	0 D0D1	00363		STO		ATY0
0397	0 C102	00364		LD	1	2
0398	0 D0D0	00365		STO		ATZ0
0399	01 65800361	00366		LDX	I1	FIXSG
039B	0 C100	00367	OUTRO	LD	1	0

039C	01	4C180384	00368	BZ		OUTR
039E	0	D0C3	00369	STO		LUG
039F	01	C4800362	00370	LD	I	LUG
03A1	0	90C5	00371	S		ATX0
03A2	01	4C20038D	00372	BNZ		PEGN
03A4	0	C0BD	00373	LD		LUG
03A5	0	80B9	00374	A		UM
03A6	0	D0BB	00375	STO		LUG
03A7	01	C4800362	00376	LD	I	LUG
03A9	0	90BE	00377	S		ATY0
03AA	01	4C20038D	00378	BNZ		PEGN
03AC	0	C0B5	00379	LD		LUG
03AD	0	80B1	00380	A		UM
03AE	0	D0B3	00381	STO		LUG
03AF	01	C4800362	00382	LD	I	LUG
03B1	0	90B7	00383	S		ATZ0
03B2	01	4C20038D	00384	BNZ		PEGN
03B4	0	C0B1	00385	OUTR	LD	CHAVE
03B5	0	F0A9	00386	EOR		UM
03B6	01	4C180155	00387	BZ	L	INI
03B8	0	C0AD	00388	LD		CHAVE
03B9	0	1803	00389	SRA		3
03BA	0	F0A4	00390	EOR		UM
03BB	01	4C180378	00391	BZ	L	MAISI
03BD	0	7101	00392	PEGN	MDX	1 1
03BE	0	C100	00393	LD		1 0
03BF	01	4C20039B	00394	BNZ		OUTRO
03C1	0	C0A4	00395	LD		CHAVE
03C2	0	F09C	00396	EOR		UM
03C3	01	4C18014B	00397	BZ		GF1
03C5	0	C0A0	00398	LD		CHAVE
03C6	0	1803	00399	SRA		3
03C7	0	F097	00400	EOR		UM
03C8	01	4C18036D	00401	BZ		GF2
03CA	01	65000000	00402	NOVOP	LDX	L1 A
03CC	0	6997	00403	NOVO	STX	1 LUG2
03CD	0	C103	00404	LD		I 3
03CE	0	1803	00405	SRA		3
03CF	0	F08F	00406	EOR		UM
03D0	01	4C2003D9	00407	BNZ		ATUA
03D2	0	7104	00408	MDX		1 4
03D3	0	C100	00409	LD		1 0
03D4	01	94000098	00410	S	L	MARK
03D6	01	4C1803E0	00411	BZ		FIM
03D8	0	70F3	00412	B		NOVO
03D9	01	6580035C	00413	ATUA	LDX	I1 LISEG
03DB	0	7101	00414	MDX		1 1
03DC	01	6D00035C	00415	STX	L1	LISEG
03DE	01	4C000118	00416	B	L	INIPT
03E0	01	6580035B	00417	FIM	LDX	I1 LIVPT
03E2	01	C4000098	00418	LD	L	MARK
03E4	0	D100	00419	STO		1 0

- PROCEDIMENTO 2

0099	0	0000	00154	XMIN	DC	*-*
009A	0	0000	00155	YMIN	DC	*-*
009B	0	0000	00156	YMAX	DC	*-*
009C	0	0000	00157	XMAX	DC	*-*
009D	0	0000	00158	PONTM	DC	*-*
			00159	*****		
			00160	*		*
			00161	*	CALCULO DAS COORDENADAS MAXIMAS	*
			00162	*		*
			00163	*****		
009E	01	65000000	00164	INIC	LDX	L1 A
00A0	0	7101	00165		MDX	1 1
00A1	0	69FA	00166		STX	1 XMAX
00A2	0	69F6	00167		STX	1 XMIN
00A3	0	7101	00168		MDX	1 1
00A4	0	69F6	00169		STX	1 YMAX
00A5	0	69F4	00170		STX	1 YMIN
00A6	0	7102	00171	CORPO	MDX	1 2
00A7	0	C100	00172		LD	1 0
00A8	01	94000098	00173		S	L MARK
00AA	01	4C2000AE	00174		BNZ	LOOP
00AC	01	4C0000D8	00175		B	L LU
00AE	0	7101	00176	LOOP	MDX	1 1
00AF	0	C100	00177		LD	1 0
00B0	0	D024	00178		STO	LUGAR
00B1	01	C480009C	00179		LD	I XMAX
00B3	0	9021	00180		S	LUGAR
00B4	01	4C1000B8	00181		BSC	L AQUI,-
00B6	0	69E5	00182		STX	1 XMAX
00B7	0	7008	00183		B	TESTE
00B8	0	C100	00184	AQUI	LD	1 0
00B9	0	D01B	00185		STO	LUGAR
00BA	01	C4800099	00186		LD	I XMIN
00BC	0	9018	00187		S	LUGAR
00BD	01	4C0800C0	00188		BSC	L TESTE,+
00BF	0	69D9	00189		STX	1 XMIN
00C0	0	7101	00190	TESTE	MDX	1 1
00C1	0	C100	00191		LD	1 0
00C2	0	D012	00192		STO	LUGAR
00C3	01	C480009B	00193		LD	I YMAX
00C5	0	900F	00194		S	LUGAR
00C6	01	4C1000CA	00195		BSC	L DAQUI,-
00C8	0	69D2	00196		STX	1 YMAX
00C9	0	70DC	00197		B	CORPO
00CA	0	C100	00198	DAQUI	LD	1 0
00CB	0	D009	00199		STO	LUGAR
00CC	01	C480009A	00200		LD	I YMIN
00CE	0	9006	00201		S	LUGAR
00CF	01	4C0800A6	00202		BSC	L CORPO,+
00D1	0	69C8	00203		STX	1 YMIN
00D2	0	70D3	00204		B	CORPO

00D3	0	0000	00210	VAGA	DC		*--*
00D4	0	0000	00211	AREA	DC		0
00D5	0	0000	00212	LUGAR	DC		*--*
00D6	0	0000	00213	LUGAY	DC		0
00D7	0	0000	00214	VAGAY	DC		0
00D8	01	65800099	00215	LU	LDX	I1	XMIN
00DA	0	C100	00216		LD	1	0
00DB	0	D0F9	00217		STO		LUGAR
00DC	01	6580009C	00218		LDX	I1	XMAX
00DE	0	C100	00219		LD	1	0
00DF	0	D0F3	00220		STO		VAGA
00E0	01	6580009A	00221		LDX	I1	YMIN
00E2	0	69F3	00222		STX	1	LUGAY
00E3	01	6580009B	00223		LDX	I1	YMAX
00E5	0	69F1	00224		STX	1	VAGAY
00E6	01	65000000	00225		LDX	L1	A
00E8	0	7101	00226		MDX	1	1
00E9	0	C100	00227	VOLTX	LD	1	0
00EA	0	90EA	00228		S		LUGAR
00EB	01	4C1800F1	00229		BZ		MARCX
00ED	0	C100	00230		LD	1	0
00EE	0	90E4	00231		S		VAGA
00EF	01	4C2000FA	00232		BNZ		VOLTY
00F1	0	C102	00233	MARCX	LD	1	2
00F2	0	1802	00234		SRA		2
00F3	01	4C20010C	00235		BNZ		NOVOX
00F5	0	C102	00236		LD	1	2
00F6	01	EC00035E	00237		OR	L	QUATR
00F8	0	D102	00238		STO	1	2
00F9	0	7012	00239		B		NOVOX
00FA	0	C101	00240	VOLTY	LD	1	1
00FB	01	948000D6	00241		S	I	LUGAY
00FD	01	4C180104	00242		BZ		MARCY
00FF	0	C101	00243		LD	1	1
0100	01	948000D7	00244		S	I	VAGAY
0102	01	4C20010C	00245		BNZ		NOVOX
0104	0	C102	00246	MARCY	LD	1	2
0105	0	1802	00247		SRA		2
0106	01	4C20010C	00248		BNZ		NOVOX
0108	0	C102	00249		LD	1	2
0109	01	EC00035E	00250		OR	L	QUATR
010B	0	D102	00251		STO	1	2
010C	0	7103	00252	NOVOX	MDX	1	3
010D	0	69C6	00253		STX	1	AREA
010E	01	C4000098	00254		LD	L	MARK
0110	0	90C3	00255		S		AREA
0111	01	4C180115	00256		BZ		ESTRU
0113	0	7101	00257		MDX	1	1
0114	0	70D4	00258		B		VOLTX
		00259		*			

- PROCEDIMENTO 3

```

00420
00421
00422
00423
00424
03E5 01 65800099 00425
03E7 0 71FF 00426
03E8 01 6D00050E 00427
03EA 0 C102 00428
03EB 01 9480009B 00429
03ED 01 4C2003F1 00430
00431
00432
00433
03EF 01 7401051B 00434
00435
00436
00437
03F1 01 C400050E 00438
03F3 01 4C000497 00439
00440
00441
00442
03F5 01 C40004A4 00443
03F7 01 D4000524 00444
03F9 01 D40004A5 00445
03FB 01 6580050E 00446
03FD 0 C101 00447
03FE 01 D4000511 00448
0400 0 C102 00449
0401 01 D4000512 00450
0403 0 C100 00451
0404 01 D4000510 00452
00453
00454
00455
0406 01 658004A7 00456
0408 01 6D00050F 00457
040A 01 C480050F 00458
040C 01 D4000362 00459
040E 01 C4800362 00460
0410 01 94000510 00461
0412 01 4C200430 00462
0414 01 C4000362 00463
0416 01 8400035F 00464
0418 01 D4000362 00465
041A 01 C4800362 00466
041C 01 94000511 00467
041E 01 4C200430 00468
0420 01 C4000362 00469
0422 01 8400035F 00470
0424 01 D4000362 00471

*****
*
*          CALCULO DOS PONTOS DO CONTORNO
*
*****
LDX  I1 XMIN
MDX  1 -1
STX  L1 PONTO
LD   1 2
S    I  YMAX
BNZ  AD42
*
* XMIN E XMAX ESTAO NO MESMO NO
*
MDM  L  SECT,1
*
* XMIN E O PONTO INICIAL(VAI PARA A TABELA)
*
AD42 LD  L  PONTO
      B  L  AD41
*
* INICIALIZACAO PONTO BASE = PONTO
*
AD4  LD  L  ZERO
      STO L  MARC
      STO L  PFIM
      LDX I1 PONTO
      LD  1 1
      STO L  XP
      LD  1 2
      STO L  YP
      LD  1 0
      STO L  XYP
*
* BUSCA DE PONTO NA ESTRUTURA TABELA PT
*
LDX  I1 PONTA
LOOP1 STX L1 TEMP3
      LD  I  TEMP3
      STO L  LUG
      LD  I  LUG
      S    L  XYP
      BNZ  PPT
      LD  L  LUG
      A    L  UM
      STO L  LUG
      LD  I  LUG
      S    L  XP
      BNZ  PPT
      LD  L  LUG
      A    L  UM
      STO L  LUG

```

0426	01	C4800362	00472	LD	I	LUG	
0428	01	94000512	00473	S	L	YP	
042A	01	4C200430	00474	BNZ		PPT	
042C	0	C101	00475	PEMPT	LD	1	1
042D	01	D400035C	00476		STO	L	LISEG
042F	0	7002	00477		B		AD11
0430	0	7102	00478	PPT	MDX	1	2
0431	0	70D6	00479		B		LOOP1
			00480	*			
			00481	*			INICIALIZACAO DO PONTO LIGADO PAL
			00482	*			
0432	01	C480035C	00483	AD11	LD	I	LISEG
0434	01	D400050F	00484		STO	L	TEMP3
0436	01	6580050F	00485		LDX	I1	TEMP3
0438	0	C101	00486		LD	1	1
0439	01	D4000513	00487		STO	L	XPL
043B	0	C102	00488		LD	1	2
043C	01	D4000514	00489		STO	L	YPL
043E	01	6D000515	00490		STX	L1	PAL
			00491	*			
			00492	*			VERIFICACAO DOS VETORES EM SENTIDOS
			00493	*			CONVENIENTES
0440	01	C400051B	00494		LD	L	SECT
0442	01	4C20044B	00495		BNZ		T1
0444	01	C4000513	00496		LD	L	XPL
0446	01	94000511	00497		S	L	XP
0448	01	4C10046B	00498		BSC	L	OK,-
044A	0	702D	00499		B		T00
044B	01	F400035F	00500	T1	EOR	L	UM
044D	01	4C200457	00501		BNZ		T2
044F	01	C4000514	00502		LD	L	YPL
0451	01	94000512	00503		S	L	YP
0453	01	4C08046B	00504		BSC	L	OK,+
0455	01	4C000597	00505		B	L	T11
0457	01	C400051B	00506	T2	LD	L	SECT
0459	01	F400050C	00507		EOR	L	DOIS
045B	01	4C200465	00508		BNZ		T3
045D	01	C4000513	00509		LD	L	XPL
045F	01	94000511	00510		S	L	XP
0461	01	4C08046B	00511		BSC	L	OK,+
0463	01	4C00058C	00512		B	L	T22
0465	01	C4000514	00513	T3	LD	L	YPL
0467	01	94000512	00514		S	L	YP
0469	01	4C2805F0	00515		BSC	L	T33,+Z
046B	01	C400051B	00516	OK	LD	L	SECT
046D	01	8400051C	00517		A	L	TPRAD
046F	0	D001	00518		STO		**+1
0470	00	4C800000	00519		BSC	I	*-*
			00520	*			
			00521	*			TESTES PARA O PRIMEIRO SETOR
			00522	*			
0472	01	4400060A	00523	PRSO	BSI	L	CALAL
0474	01	C40004A5	00524		LD	L	PFIM
0476	01	4C200482	00525		BNZ		PRSO1
0478	01	6580035C	00526	T00	LDX	I1	LISEG
047A	0	7101	00527		MDX	1	1

047B	01	6D00035C	00528	STX	L1	LISEG
047D	0	C100	00529	LD	1	0
047E	01	D4000524	00530	STO	L	MARC
0480	01	4C200432	00531	BNZ		AD11
0482	01	65800518	00532	PRS01	LDX	I1 PALMX
0484	0	C01F	00533	LD		ZERO
0485	0	D01F	00534	STO		PFIM
0486	0	C102	00535	LD	1	2
0487	01	9480009B	00536	S	I	YMAX
0489	01	4C200494	00537	BNZ		AD12
048B	01	7401051B	00538	MDM	L	SECT,1
048D	0	C101	00539	LD	1	1
048E	01	9480009C	00540	S	I	XMAX
0490	01	4C200494	00541	BNZ		AD12
0492	01	7401051B	00542	MDM	L	SECT,1
0494	01	C4000518	00543	AD12	LD	L PALMX
0496	0	D077	00544	STO		PONTO
0497	01	D48004A6	00545	AD41	STO	I TABP
0499	01	658004A6	00546	LDX	I1	TABP
049B	0	7101	00547	MDX	1	1
049C	01	6D0004A6	00548	STX	L1	TABP
049E	01	C40004A5	00549	LD	L	PFIM
04A0	01	4C1803F5	00550	BZ		AD4
04A2	01	4C80060A	00551	BSC	I	CALAL
			00552	*		
			00553	* DEFINICAO DE AREAS E CONSTANTES		
			00554	*		
04A4	0	0000	00555	ZERO	DC	0
04A5	0	0000	00556	PFIM	DC	*-*
04A6	1	04A8	00557	TABP	DC	TABPC
04A7	1	0167	00558	PONTA	DC	PT
04A8		0064	00559	TABPC	BSS	100
050C	0	0002	00560	DOIS	DC	2
050D	0	0006	00561	SEIS	DC	6
050E	0	0000	00562	PONTO	DC	*-*
050F	0	0000	00563	TEMP3	DC	0
0510	0	0000	00564	XYP	DC	*-*
0511	0	0000	00565	XP	DC	*-*
0512	0	0000	00566	YP	DC	*-*
0513	0	0000	00567	XPL	DC	*-*
0514	0	0000	00568	YPL	DC	*-*
0515	0	0000	00569	PAL	DC	*-*
0516	0	0000	00570	ALFA	DC	*-*
0517	0	0000	00571	RESTO	DC	*-*
0518	0	0000	00572	PALMX	DC	*-*
0519	0	0000	00573	ALFMX	DC	*-*
051A	0	0000	00574	RESMX	DC	*-*
051B	0	0000	00575	SECT	DC	*-*
051C	1	051D	00576	TPRAD	DC	TPR
051D	1	0472	00577	TPR	DC	PRS0
051E	1	0591	00578		DC	PRS1
051F	1	05B7	00579		DC	PRS2
0520	1	05EB	00580		DC	PRS3
0521	0	0000	00581	TEMP4	DC	*-*
0522	0	0000	00582	RESTA	DC	0
0523	0	0000	00583	RSTAM	DC	0

0524	0	0000	00584	MARC	DC	0
			00585	*		
			00586	*	CASO DO ALFA POSITIVO	
			00587	*		
0525	0	COFE	00588	PULO	LD	MARC
0526	01	4C180583	00589		BZ	L TROCA
0528	01	C4000516	00590		LD	L ALFA
052A	01	4C28054C	00591		BN	NOVTE
052C	0	COEE	00592		LD	SECT
052D	01	4C200534	00593		BNZ	N1
052F	0	COE9	00594		LD	ALFMX
0530	01	4C10056D	00595		BSC	L CALC,--
0532	01	4C80060A	00596		B	I CALAL
0534	01	F400035F	00597	N1	EOR	L UM
0536	01	4C20053E	00598		BNZ	N3
0538	01	C4000519	00599		LD	L ALFMX
053A	01	4C10056D	00600		BSC	L CALC,--
053C	01	4C80060A	00601		BSC	I CALAL
053E	01	C400051B	00602	N3	LD	L SECT
0540	0	FOCB	00603		EOR	DOIS
0541	01	4C200547	00604		BNZ	N4
0543	0	COD5	00605		LD	ALFMX
0544	01	4C10056D	00606		BSC	L CALC,--
0546	0	703C	00607		B	TROCA
0547	0	COD1	00608	N4	LD	ALFMX
0548	01	4C10056D	00609		BSC	L CALC,--
054A	01	4C80060A	00610		B	I CALAL
			00611	*		
			00612	*	CASO DO ALFA NEGATIVO	
			00613	*		
054C	0	COCE	00614	NOVTE	LD	SECT
054D	01	4C200554	00615		BNZ	N5
054F	0	COC9	00616		LD	ALFMX
0550	01	4C28056D	00617		BN	CALC
0552	01	4C80060A	00618		B	I CALAL
0554	01	F400035F	00619	N5	EOR	L UM
0556	01	4C20055D	00620		BNZ	N6
0558	01	C4000519	00621		LD	L ALFMX
055A	01	4C28056D	00622		BN	CALC
055C	0	7026	00623		B	TROCA
055D	01	C400051B	00624	N6	LD	L SECT
055F	0	FOAC	00625		EOR	DOIS
0560	01	4C200568	00626		BNZ	N10
0562	01	C4000519	00627		LD	L ALFMX
0564	01	4C28056D	00628		BN	CALC
0566	01	4C80060A	00629		B	I CALAL
0568	01	C4000519	00630	N10	LD	L ALFMX
056A	01	4C28056D	00631		BN	CALC
056C	0	7016	00632		B	TROCA
			00633	*		
			00634	*	ESCOLHA DO ANGULO CONVENIENTE	
			00635	*		
056D	0	COA8	00636	CALC	LD	ALFA
056E	0	90AA	00637		S	ALFMX
056F	01	4C100573	00638		BNN	*+2
0571	01	4C80060A	00639		B	I CALAL

0573	01	4C200583	00640	BNZ		TROCA
0575	0	COA1	00641	LD		RESTO
0576	0	90A3	00642	S		RESMX
0577	01	4C18057D	00643	BZ		CALC1
0579	01	4C100583	00644	BSC	L	TROCA,-
057B	01	4C80060A	00645	B	I	CALAL
057D	0	COA4	00646	CALC1	LD	RESTA
057E	0	90A4	00647	S		RSTAM
057F	01	4C100583	00648	BSC	L	TROCA,-
0581	01	4C80060A	00649	B	I	CALAL
			00650			
			00651			
			00652			
0583	0	C092	00653	TROCA	LD	ALFA
0584	0	D094	00654		STO	ALFMX
0585	0	C091	00655		LD	RESTO
0586	0	D093	00656		STO	RESMX
0587	0	C08D	00657		LD	PAL
0588	0	D08F	00658		STO	PALMX
0589	0	C098	00659		LD	RESTA
058A	0	D098	00660		STO	RSTAM
058B	01	C400035F	00661		LD	L UM
058D	01	D4000524	00662		STO	L MARC
058F	01	4C80060A	00663		BSC	I CALAL
			00664			
			00665			
			00666			
0591	01	4400060A	00667	PRS1	BSI	L CALAL
0593	01	C40004A5	00668		LD	L PFIM
0595	01	4C2005A1	00669		BNZ	PRS02
0597	01	6580035C	00670	T11	LDX	I1 LISEG
0599	0	7101	00671		MDX	1 1
059A	01	6D00035C	00672		STX	L1 LISEG
059C	0	C100	00673		LD	1 0
059D	01	D4000524	00674		STO	L MARC
059F	01	4C200432	00675		BNZ	AD11
05A1	01	65800518	00676	PRS02	LDX	I1 PALMX
05A3	01	C40004A4	00677		LD	L ZERO
05A5	01	D40004A5	00678		STO	L PFIM
05A7	0	C101	00679		LD	1 1
05A8	01	9480009C	00680		S	I XMAX
05AA	01	4C200494	00681		BNZ	L AD12
05AC	01	7401051B	00682		MDM	L SECT,1
05AE	0	C102	00683		LD	1 2
05AF	01	9480009A	00684		S	I YMIN
05B1	01	4C200494	00685		BNZ	L AD12
05B3	01	7401051B	00686		MDM	L SECT,1
05B5	01	4C000494	00687		B	L AD12
			00688			
			00689			
			00690			
05B7	0	4052	00691	PRS2	BSI	CALAL
05B8	01	C40004A5	00692		LD	L PFIM
05BA	01	4C2005C6	00693		BNZ	PRS03
05BC	01	6580035C	00694	T22	LDX	I1 LISEG
05BE	0	7101	00695		MDX	1 1

*
* MUDANCA DE REFERENCIAS AO ALFA MAXIMO
*

TROCA LD ALFA
STO ALFMX
LD RESTO
STO RESMX
LD PAL
STO PALMX
LD RESTA
STO RSTAM
LD L UM
STO L MARC
BSC I CALAL

*
* TESTES PARA O SEGUNDO SETOR
*

PRS1 BSI L CALAL
LD L PFIM
BNZ PRS02
T11 LDX I1 LISEG
MDX 1 1
STX L1 LISEG
LD 1 0
STO L MARC
BNZ AD11
PRS02 LDX I1 PALMX
LD L ZERO
STO L PFIM
LD 1 1
S I XMAX
BNZ L AD12
MDM L SECT,1
LD 1 2
S I YMIN
BNZ L AD12
MDM L SECT,1
B L AD12

*
* TESTES PARA O TERCEIRO SETOR
*

PRS2 BSI CALAL
LD L PFIM
BNZ PRS03
T22 LDX I1 LISEG
MDX 1 1

05BF	01	6D00035C	00696	STX	L1	LISEG
05C1	0	C100	00697	LD	1	0
05C2	01	D4000524	00698	STO	L	MARC
05C4	01	4C200432	00699	BNZ		AD11
05C6	01	65800518	00700	PRSO3 LDX	I1	PALMX
05C8	01	C40004A4	00701	LD	L	ZERO
05CA	01	D40004A5	00702	STO	L	PFIM
05CC	0	C102	00703	LD	1	2
05CD	01	9480009A	00704	S	I	YMIN
05CF	01	4C200494	00705	BNZ	L	AD12
05D1	01	7401051B	00706	MDM	L	SECT,1
05D3	0	C101	00707	LD	1	1
05D4	01	94800099	00708	S	I	XMIN
05D6	01	4C200494	00709	BNZ	L	AD12
05D8	01	C4000515	00710	LD	L	PAL
05DA	01	D48004A6	00711	STO	I	TABP
05DC	01	650004A8	00712	SAID LDX	L1	TABPC
05DE	01	6D0006DA	00713	STX	L1	TAPC
05E0	0	C101	00714	LD	1	1
05E1	0	D008	00715	STO		MINX
05E2	01	658004A6	00716	LDX	I1	TABP
05E4	0	C005	00717	LD		MINX
05E5	0	D101	00718	STO	1	1
05E6	0	1810	00719	SRA		16
05E7	0	D102	00720	STO	1	2
05E8	01	4C0006B0	00721	B	L	PROX0
05EA	0	0000	00722	MINX DC		*-*
			00723	*		
			00724	* TESTES PARA O QUARTO SETOR		
			00725	*		
05EB	0	401E	00726	PRSO3 BSI		CALAL
05EC	01	C40004A5	00727	LD	L	PFIM
05EE	01	4C2005FA	00728	BNZ		PRSO4
05F0	01	6580035C	00729	T33 LDX	I1	LISEG
05F2	0	7101	00730	MCX	1	1
05F3	01	6D00035C	00731	STX	L1	LISEG
05F5	0	C100	00732	LD	1	0
05F6	01	D4000524	00733	STO	L	MARC
05F8	01	4C200432	00734	BNZ		AD11
05FA	01	65800518	00735	PRSO4 LDX	I1	PALMX
05FC	01	C40004A4	00736	LD	L	ZERO
05FE	01	D40004A5	00737	STO	L	PFIM
0600	0	C101	00738	LD	1	1
0601	01	94800099	00739	S	I	XMIN
0603	01	4C200494	00740	BNZ	L	AD12
0605	01	C4000518	00741	LD	L	PALMX
0607	01	D48004A6	00742	STO	I	TABP
0609	0	70D2	00743	B		SAID
			00744	*		
			00745	* CALCULO DO COEFICIENTE ANGULAR		
			00746	*		
060A	0	0000	00747	CALAL DC		*-*
060B	01	C4000513	00748	LD	L	XPL
060D	01	94000511	00749	S	L	XP
060F	01	4C180672	00750	BZ		XZERO
0611	01	D4000521	00751	STO	L	TEMP4

