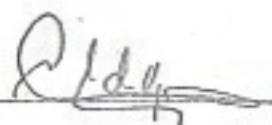


1. Publicação nº INPE-3835-TDL/211	2. Versão	3. Data Mar., 1986	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem DPL/DSE	Programa FRH/CAP		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS LINGUAGEM DE COMANDO SITIM COMUNICAÇÃO HOMEM-MÁQUINA SISTEMA INTERATIVO			
7. C.D.U.: 621.376.5			
8. Título INPE-3835-TDL/211 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DO MÓDULO SUPERVISOR DE UM SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS		10. Páginas: 80	
		11. Última página: A.9	
		12. Revisada por Leocádia Julia Leocádia de Oliveira	
9. Autoria Jony Santellano		13. Autorizada por Dr. Marco Antonio Raupp Diretor Geral	
Assinatura responsável <i>J. Santellano</i>			
14. Resumo/Notas Apresentam-se as características arquitetônicas referentes aos recursos materiais ("hardware") e lógicos ("software") de um sistema de processamento de imagens projetado e desenvolvido no INPE de São José dos Campos. Descrevem-se o projeto e a implementação do Módulo Supervisor que estabelece uma comunicação com o usuário do sistema por meio de uma linguagem de comando.			
15. Observações: Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada, aprovada em 04 de outubro de 1985, no Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE.			

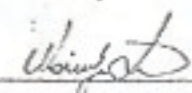
Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Computação Aplicada

Dr. Celso de Renna e Souza



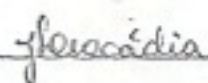
Presidente

Dr. Ing. Ubirajara M.B. Lima



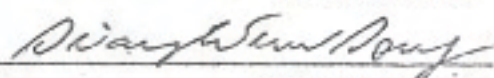
Orientador

Mat. Júlia Leocádia de Oliveira, Mestre



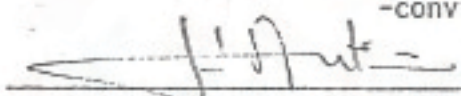
Co-Orientador

Dr. Siang Wun Song



Membro da Banca
-convidado-

Dr. José Antonio Gonçalves Pereira



Membro da Banca

Candidato: Jony Santellano

São José dos Campos, 04 de outubro de 1985

"... em geral o que pode ser dito, o pode
ser claramente, mas o que não se pode
falar deve-se calar".

Ludwig Wittgenstein

Tractatus Logico-Philosophicus

ABSTRACT

This report presents the hardware and software of a digital image processing system designed and developed at INPE in São José dos Campos/SP, Brazil. It also describes the design and implementation of the Supervisor Module that is responsible for user system communication through a command language.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE SIGLAS	xi
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Aspectos históricos	1
1.2 - Sistemas de processamento de imagens	2
1.3 - Componentes materiais de um sistema de processamento de imagens	5
<u>CAPÍTULO 2 - SISTEMA SITIM - SUPORTE MATERIAL</u>	9
2.1 - Computador	10
2.2 - Unidade de Visualização - UAI	11
<u>CAPÍTULO 3 - SISTEMA SITIM - SUPORTE LÓGICO</u>	15
3.1 - Descrição funcional	16
3.2 - Descrição estrutural	18
3.2.1 - Módulo Supervisor	20
3.2.2 - Módulo Gerenciador	21
3.2.3 - Módulo de Aplicações	22
3.2.4 - Módulo Biblioteca	23
3.2.5 - Interligação entre os módulos	23
3.3 - Objetos	24
3.3.1 - Imagens	24
3.3.2 - Imagens virtuais	26
3.3.3 - Estatísticas	26
3.3.4 - Pontos	27
3.3.5 - Histogramas	27
3.3.6 - Imagem no visualizador	27
<u>CAPÍTULO 4 - MÓDULO SUPERVISOR</u>	29
4.1 - Facilidades	29
4.1.1 - Linguagem de comando	31

	<u>Pág.</u>
4.1.2 - Tabela de funções	32
4.1.3 - Diretório de objetos	33
4.2 - Estrutura do Módulo Supervisor	33
4.2.1 - Submódulo de atribuição de valores iniciais	37
4.2.2 - Submódulo de entradas e saída	37
4.2.3 - Submódulo de análise léxica	38
4.2.4 - Submódulo de análise sintática/semântica	40
4.2.5 - Submódulo interpretador	43
4.2.6 - Interligação entre os submódulos	45
<u>CAPÍTULO 5 - LINGUAGEM DE MANIPULAÇÃO</u>	49
5.1 - Características	49
5.2 - Comandos LMO	51
5.3 - Diagramas de estados do sistema	57
<u>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO</u>	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	67
APÊNDICE A - Diagrama sintático da linguagem LMO.	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Etapas do processamento interativo de imagens	4
1.2 - Suporte material de um sistema de processamento de imagens ..	6
2.1 - Configuração mínima para o suporte material de um sistema SITIM	10
2.2 - Conjunto memória de imagens/visualizador	12
3.1 - Grafo de chamada dos módulos do sistema	20
3.2 - Entradas e saídas de uma rotina de aplicação	22
3.3 - Representação do conceito de imagem	25
4.1 - Módulo Supervisor - resumo das operações realizadas	30
4.2 - Convenções utilizadas nos diagramas	35
4.3 - Diagrama hierárquico dos submódulos	36
4.4 - Submódulos de entrada e saída	38
4.5 - Submódulos de análise léxica	39
4.6 - Submódulo de análise sintática/semântica - processo de análise sintática	41
4.7 - Submódulo de análise sintática/semântica - processo de análise semântica	42
4.8 - Submódulo interpretador	44
4.9 - Diagrama de fluxo de dados dos submódulos	46
4.10 - Módulo Supervisor - processo de compilação	47
4.11 - Módulo Supervisor - processo de interpretação	48
5.1 - Operações de atribuição	56
5.2 - Diagrama de estados do sistema SITIM	58
5.3 - Diagrama de estados do sistema SITIM, detalhando o modo conversacional	59

LISTA DE SIGLAS

ARQOB	- arquivo de objetos
CI	- coluna inicial
DC	- número de colunas
DIROB	- diretório de objetos
DL	- número de linhas
INTV	- tamanho dos intervalos
LI	- linha inicial
LMO	- linguagem de manipulação de objetos
NBAN	- número de bandas
NBP	- número de bits por ponto
NCOL	- número de colunas
NLIN	- número de linhas
NNIV	- número de níveis
NPT	- número de pontos
SITIM	- Sistema Interativo de Tratamento de Imagens
TABFUNC	- tabela de funções
UAI	- Unidade de Análise de Imagens

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Apresenta-se nesta introdução um pequeno histórico do Projeto SITIM (Sistema Interativo de Tratamento de Imagens), algumas considerações sobre sistemas de processamento de imagens e seus componentes materiais.

O SITIM projetou e desenvolveu no INPE um sistema de processamento de imagens com equipamentos nacionais.

O Módulo Supervisor descrito nesta dissertação, visa a comunicação lógica entre os usuários e o sistema desenvolvido pelo projeto SITIM.

1.1 - ASPECTOS HISTÓRICOS

Deste os últimos anos da década de 1970, o Departamento de Meteorologia do INPE tem dispendido esforços no sentido de melhorar a qualidade e a eficiência das observações meteorológicas com o emprego de computadores.

Tendo sido completado o desenvolvimento das estações de rastreamento de satélites meteorológicos, a aquisição de imagens de cobertura de nuvens e o mapeamento térmico da superfície da Terra, foram desenvolvidos equipamentos para armazenagem e processamento (realce) destas imagens. O objetivo é extrair informações espaciais e temporais contidas nestas imagens. Hoje a estação de recepção e processamento de imagens de satélites meteorológicos dispõe de um computador SISCO MB8000.

A necessidade de monitorar as imagens de satélites durante a recepção motivou o projeto e o desenvolvimento de um dispositivo denominado Unidade de Análise de Imagens (UAI). Uma UAI permite o armazenamento, a animação e a análise de imagens em uma tela de televisão.

Este processo torna uma imagem acessível ao usuário no instante em que está sendo recebida pela estação de rastreamento.

As imagens dos satélites meteorológicos são recebidas em tempo real, a cada trinta minutos. São armazenadas em unidades de disco do SISCO MB8000 e visualizadas na tela da UAI.

O contínuo esforço para obter uma maior automatização com o auxílio do computador criou condições para o surgimento do Projeto SITIM. O SITIM consiste no projeto e na implementação de um sistema integrado de "hardware" e "software", cujo objetivo é fornecer recursos interativos homem-máquina para o processamento de sequência de imagens.

Com o posterior reconhecimento de uma demanda no mercado brasileiro para equipamentos de processamento de imagens de satélites de recursos naturais, os objetivos do projeto SITIM, inicialmente concebido para aplicações em Meteorologia, foram ampliados. O sistema desenvolvido pelo projeto, em seu estágio atual, é constituído de um núcleo básico de propósitos genéricos, a partir do qual se pode derivar um sistema de processamento de imagens de recursos naturais, ou outro conforme aplicação desejada.

1.2 - SISTEMAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Sistemas de processamento de imagens são sistemas computacionais destinados ao armazenamento e manipulação de imagens. Esta manipulação tem por finalidade extrair ou ressaltar as informações contidas nas imagens e/ou relacioná-las com informações de outras fontes (Oliveira et alii, 1982). Além de imagens, um sistema pode ocasionalmente manipular e armazenar também outros tipos de dados relacionados às imagens como, por exemplo, arquivos de estatísticas, histogramas, pontos e outros (Lima, 1984).

Os sistemas de processamento de imagens diferem da organização geral de um sistema de processamento de dados porque possuem recursos materiais ("hardware") e recursos lógicos ("software") especia

lizados para o tratamento de dados com o formato de imagens (Camilli, 1983).

Pode-se definir uma imagem como uma coleção homogênea de matrizes retangulares de pontos. Estes conjuntos são em geral de tamanho muito grande. A cada matriz bidimensional dá-se o nome de "canal" ou "banda". A variação do valor numérico associado a cada ponto, denominado nível de cinza, descreve a informação visual (Andrews et alii, 1972). Várias atividades de aquisição de dados produzem como resultado informações sob a forma de imagens. As imagens constituem-se em um dos principais veículos de informação colhida por satélites e naves espaciais (Velasco e Lima, 1982).

Uma característica importante desses sistemas é a existência de um poderoso meio de armazenamento, além de mecanismos que facilitem ao máximo as transferências de dados, em função do seu grande volume. O armazenamento das imagens em um sistema desses está distribuído entre diversos componentes. O critério para essa distribuição depende principalmente dos seguintes fatores (Camilli, 1983):

- tempo de acesso aos elementos da imagem,
- complexidade da operação que será realizada sobre a imagem,
- tamanho e formato da imagem.

Devido à natureza das operações a serem realizadas nas imagens, os sistemas de processamento de imagens, em geral, têm a característica de ser interativos, ou seja, pressupõem a existência de um operador humano (usualmente um especialista numa das áreas de aplicação do sistema) que participa do fluxo de informações do sistema (Velasco e Lima, 1982).

A Figura 1.1 mostra, esquematicamente, as etapas presentes numa sessão típica do uso de um sistema de processamento de imagens.

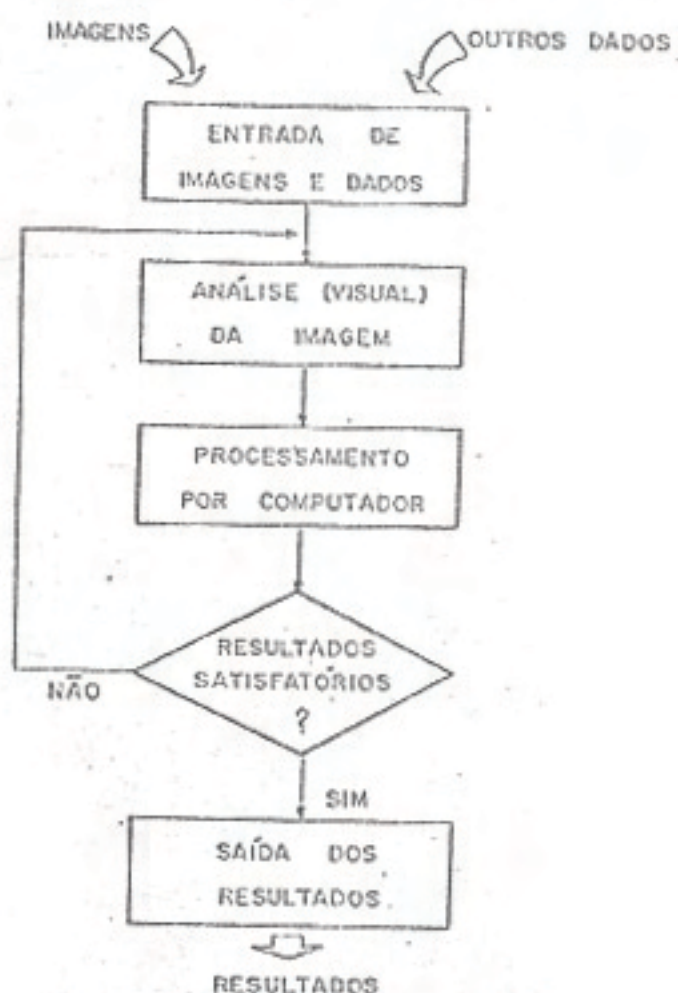


Fig. 1.1 - Etapas do processamento iterativo de imagens.

Primeiramente existe a leitura da imagem (ou imagens) e de outros dados que servirão de entrada para o processamento. Em seguida, é feito o processamento com parâmetros fornecidos pelo especialista. O resultado, em geral sob a forma de imagem, é mostrado ao especialista para análise. Caso o resultado seja considerado satisfatório, é feita a saída para algum meio de armazenamento magnético (disco, fita), ou é gerada uma cópia permanente. O ciclo análise/processamento é reiniciado caso o resultado não seja considerado satisfatório (Velasco e Lima, 1982).

Desta maneira, além dos dispositivos de entrada e de saída de imagens, o sistema deverá dispor de meios de comunicação com o especialista. Estes meios compreendem dispositivos físicos (visualizadores, terminais de vídeo e cursores), como também linguagens adequadas para a comunicação especialista-sistema. Uma linguagem deve não só ser poderosa para expressar as operações possíveis com as imagens, mas também suficientemente simples para ser usada por pessoas que não sejam especialistas em computação (Oliveira et alii, 1982).

1.3 - COMPONENTES MATERIAIS DE UM SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Os componentes que podem ser encontrados em um sistema de processamento de imagens são:

- unidade de visualização de imagens;
- computadores;
- periféricos convencionais como unidades de disco e fita magnética, impressoras;
- unidades de vídeo cassete digital;
- periféricos especiais para entrada e saída das imagens.

Os periféricos especiais para a entrada e saída das imagens podem ser uma estação receptora de imagens de satélites em tempo real, uma câmara de televisão, uma mesa digitalizadora, um imageador térmico em papel, etc. Os monitores de televisão são partes das unidades de visualização de imagens (Camilli, 1983).

Pode-se pensar em várias configurações materiais para suportar esta concepção de processamento (Duff and Levialdi, 1981; Bolc and Kulpa, 1981; Preston Jr. and Uhr, 1982; Onoe et alii, 1981). Em geral elas seguem o padrão mostrado na Figura 1.2, sendo compostas de quatro subsistemas:

- entrada/saída de imagens,

- unidade central de processamento/memória principal,
- memória secundária,
- subsistema de comunicação com o especialista.

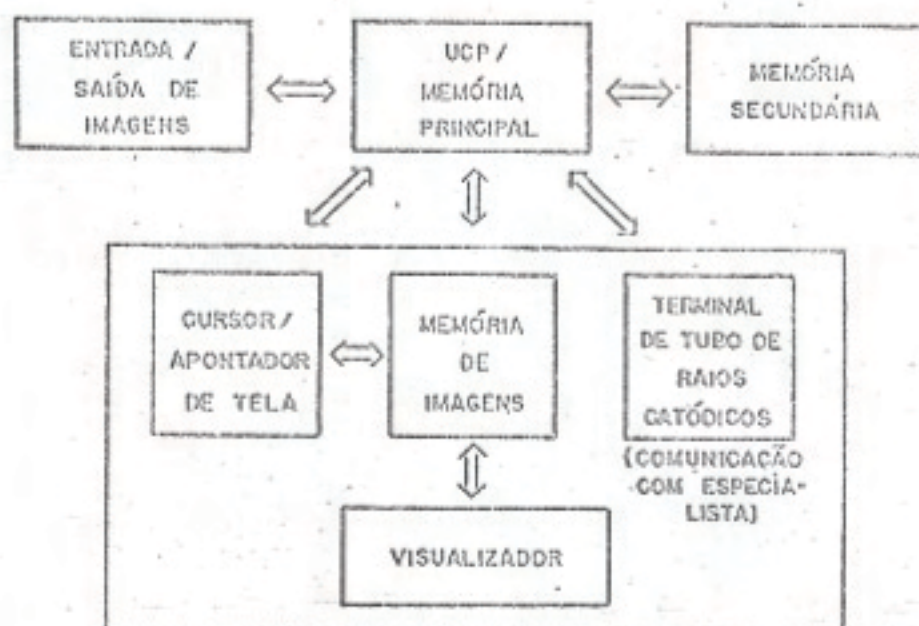


Fig. 1.2 - Suporte material de um sistema de processamento de imagens.

O processamento e o controle do tráfego de informações é feito pelo conjunto formado pela unidade central de processamento e pela memória principal.

A maneira tradicional de fornecer imagens ao sistema é através de fitas magnéticas. A fita magnética é o meio usual de armazenamento de imagens por grandes períodos de tempo. Outra possibilidade de entrar com imagens no sistema é a sua aquisição, em tempo real, através de uma estação receptora de imagens de satélites, ou uma câmara de televisão, ou uma mesa digitalizadora, etc.

As imagens são arquivadas, na ordem, desde o mais longo tempo de acesso: em unidades de fita magnética, em aparelhos de vídeo-cassete e em unidades de disco magnético. A memória da unidade de visualização de imagens e do computador são de acesso mais rápido, sendo consideradas memórias de trabalho e não de arquivo. Os computadores são utilizados para as tarefas de processamento mais complexas e para controle geral dos componentes do sistema (Camilli, 1983).

Além dos meios usuais de saída a apresentação de informação como impressora, terminais alfa-numéricos e gráficos, etc., um sistema de processamento de imagens pode comportar unidades de saída específicas para imagens como gravadores de filmes.

A memória secundária constitui-se de outro componente indispensável ao sistema. Além de armazenar os programas e dados, pode servir para armazenar as imagens processadas ou em processamento pelo sistema, e as imagens resultantes deste processamento. Em face do grande volume de dados que representa uma imagem, a memória secundária (em geral discos magnéticos) ainda não se presta (por ser pouco econômica) ao armazenamento de imagens por grandes períodos de tempo.

A comunicação com o usuário é feita, geralmente, por meio de um terminal (alfa-numérico ou gráfico), por um conjunto de memória de imagens/visualizador e por um localizador de regiões na tela do visualizador (cursor). As solicitações do sistema, o fornecimento de dados e parâmetros e o envio de resultados e mensagens são feitos através do terminal. O visualizador/memória de imagens é a parte de um sistema de processamento de imagens que melhor o caracteriza. Este componente fornece a oportunidade de visualizar imediatamente o resultado das operações realizadas nas imagens, assim como, localizar regiões e pontos da imagem através de um cursor.

O visualizador constitui-se de um monitor de televisão que mostra a imagem armazenada (ou parte dela) na memória de imagens. A principal finalidade da memória de imagens é restaurar, trinta vezes por segundo (taxa de televisão), a imagem mostrada no monitor.

O tamanho típico de uma imagem mostrada no monitor é de 512 linhas por 512 colunas. A memória de imagens deve ser capaz de, pelo menos, armazenar a imagem mostrada no monitor. Pode-se, também, armazenar mais do que vai ser mostrado. Neste caso, a imagem exibida corresponderá a um setor ou a uma "janela" da imagem armazenada.

Existem sistemas onde a memória de imagens é usada, em lugar da memória secundária, como o principal (muitas vezes o único) meio de armazenamento de imagens. Desta maneira, toda a manipulação de imagens é feita com imagens armazenadas na memória de imagens. Esta solução tem a vantagem de ser mais econômica; contudo, tem o defeito de impor restrições muitas vezes indesejáveis às imagens processadas no sistema, tais como reduzido número de canais, pequeno tamanho das imagens e intervalo restrito de variação dos níveis de cinza.

A tendência atual é dotar os visualizadores de imagens e maior autonomia possível em relação aos computadores do sistema, a fim de minimizar o tráfego de dados entre os seus diversos componentes, o que implica menor tempo de processamento (Camilli, 1983).

CAPÍTULO 2

SISTEMA SITIM - SUPORTE MATERIAL

O SITIM começou a ser desenvolvido no INPE em 1977 para aplicações em Meteorologia. Posteriormente, os objetivos do projeto foram ampliados, o que permitiu o desenvolvimento de um sistema composto de um núcleo básico, de propósitos gerais. A partir deste núcleo pode-se conceber sistemas de processamento de imagens para ser utilizados em Sensoriamento Remoto, Medicina, Metalografia, etc.

Os componentes materiais (hardware) do SITIM consistem num conjunto de equipamentos apropriados para aquisição, registro e processamento de imagens. O sistema está dotado de uma base de dados comum aos usuários (discos e fitas magnéticas) ligada a um processador central, que permite desenvolver e executar programas de aplicações mais gerais para processamento de imagens.

A Figura 2.1 mostra a configuração mínima para o suporte material de um sistema SITIM (Velasco et alii, 1983).

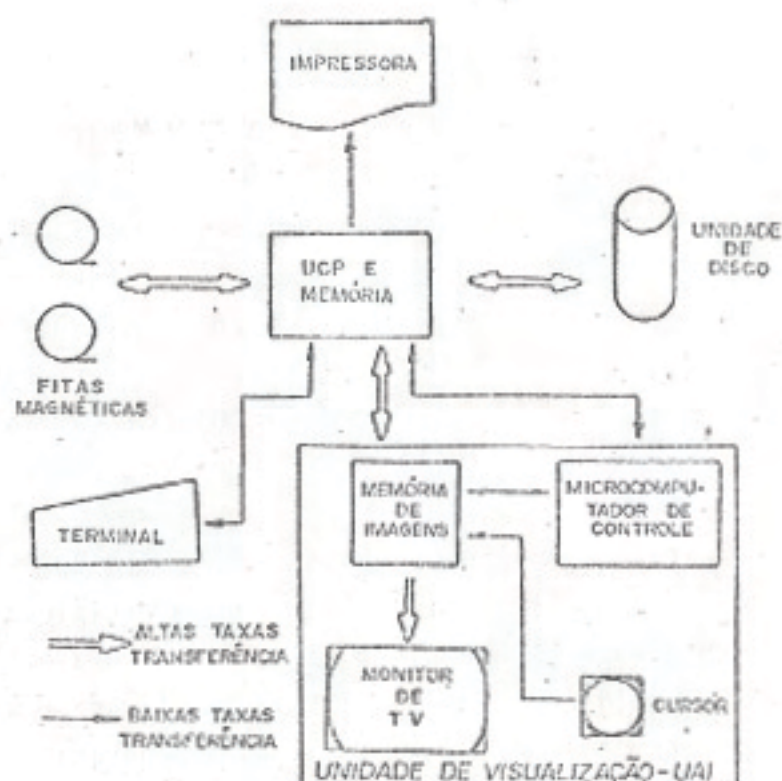


Fig. 2.1 - Configuração mínima para o suporte material de um sistema SITIM.

2.1 - COMPUTADOR

O Sistema SITIM está baseado em um computador hospedeiro MB8000, com processador de palavra de 16 bits, memória principal de 256 "Kbytes" e 300 "Mbytes" de capacidade de armazenamento de disco. Este computador é fabricado pela SISCO - Sistemas e Computadores S/A. O MB8000 é supervisionado pelo sistema operacional DOS/8000 que é um sistema de multiprogramação, estruturado por prioridades, orientado para ambiente multiusuário, em modo interativo, e com processamento em lotes de filas múltiplas ou tempo real. O sistema operacional DOS/8000 suporta as linguagens Assembler, Macro Assembler e Fortran IV.

A escolha desta máquina veio atender principalmente à necessidade de grande capacidade de memória secundária (disco magnético) necessária para o desenvolvimento dos programas do sistema SITIM.

O Computador MB8000 com certas limitações pode simular um sistema de tempo-compartilhado (com dois programas).

O terminal de vídeo utilizado é um TV-2000 também da SISCO, que apresenta 1920 caracteres dispostos em 24 linhas de 80 caracteres.

2.2 - UNIDADE DE VISUALIZAÇÃO - UAI

A Unidade de Visualização, chamada UAI-SITIM ou simplesmente UAI-S, é controlada por um microcomputador que, por sua vez, está ligado ao computador hospedeiro do sistema SITIM. O microcomputador utiliza um microprocessador 8085 que controla as transferências de dados para o computador e vice-versa.

Através do terminal de vídeo, ligado ao computador do SITIM, o usuário pode programar os modos de operação da UAI-S (modo gráfico ou imagem) e, a qualquer instante, obter o estado de suas funções.

A UAI-S consiste, basicamente, numa memória digital de estado sólido, sendo usada para armazenar imagens e gráficos. Uma placa ou plano de memória tem capacidade de armazenar 1M bits, conforme mostra a Figura 2.2. Como até oito planos podem fazer parte do banco de memórias, a UAI-S apresenta uma capacidade máxima de armazenamento de 8 Mbits ou 1 "Mbytes". Este banco é dividido em quatro quadrantes, cada um capaz de armazenar uma imagem de 512 linhas por 512 colunas.

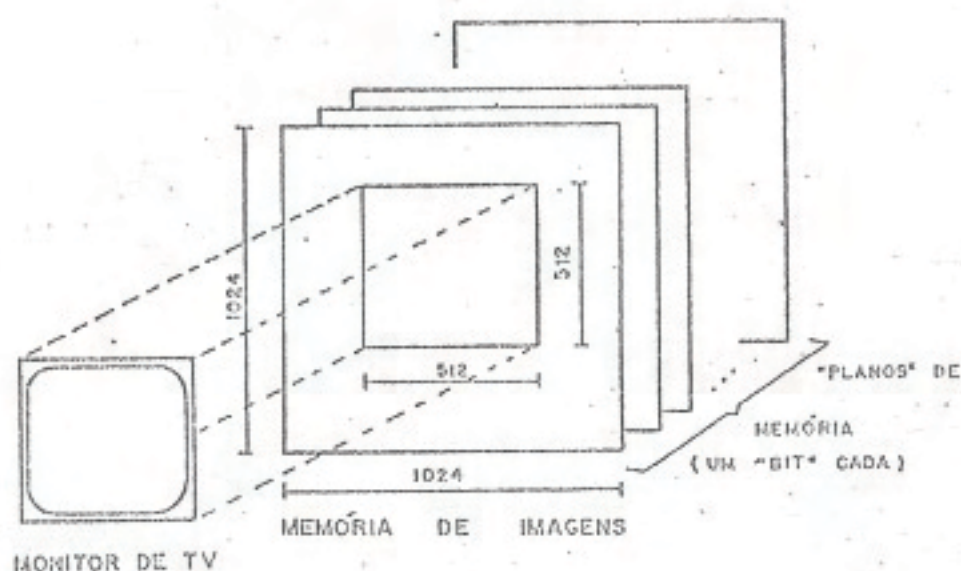


Fig. 2.2 - Conjunto memória de imagens/visualizador.

O número de placas de memória especifica o número de bits com o qual se pode representar um ponto de imagem (pixel). Uma UAI-S pode possuir no máximo oito placas, o que permite representar cada ponto de imagem com 8 bits, ou 256 (2^8) níveis de cinza.

Está disponível na UAI-S um dispositivo denominado cursor de esfera (trackball) que é utilizado para localizar regiões sobre uma imagem na tela e para operar ampliação (zoom) sobre uma área da memória de imagens.

Conforme mencionado no Capítulo 1, a UAI-S permite o armazenamento, a animação e a análise de imagens em uma tela de televisão. O circuito de animação permite que as imagens armazenadas nos quatro quadrantes da memória possam ser visualizadas alternadamente na tela do monitor de TV, numa determinada sequência, conforme programação previamente estabelecida no painel.

O equipamento UAI-S permite eventualmente que se faça côpia em papel das imagens armazenadas em sua memória. A interface que

executa esta tarefa foi desenvolvida visando a utilização do imagea
dor fac-símile do tipo NEFAX 1000/2000, fabricado pela NEC do Brasil,
ou similar.

O conjunto memória de imagens/visualizador por não ser
disponível no mercado nacional foi projetado e desenvolvido no INPE,
São José dos Campos (Camilli, 1983).

CAPÍTULO 3

SISTEMA SITIM - SUPORTE LÓGICO

O projeto do suporte lógico do SITIM foi inspirado no sistema MCIdas (Man - Computer Interactive Data Access Systems). Este sistema foi criado em 1972, no Space Science and Engineering Center, da Universidade de Wisconsin, para trabalhar prioritariamente com grande volume de dados produzidos pelos satélites meteorológicos (Smith, 1975).

Um dos satélites meteorológicos geoestacionários atualmente em operação, da série GOES, envia imagens do globo terrestre a cada 30 minutos. As imagens recebidas são compostas de dois canais, visível e infravermelho. Só no canal visível, cada imagem representa cerca de 225 "Mbytes" de dados.

Foram adotados para o projeto lógico do SITIM as mesmas especificações gerais do sistema MCIdas, que são:

- 1) o sistema permite fazer análise quantitativa dos dados;
- 2) os dados devem estar disponíveis em tempo satisfatório para a sua utilização;
- 3) o usuário pode realizar operações com os dados de modo rápido e eficiente;
- 4) o sistema é capaz de produzir análises complexas sobre um conjunto de dados escolhidos pelo usuário;
- 5) o sistema é suficientemente flexível para suportar modificações decorrentes de novas necessidades dos usuários.

A base de dados para o SITIM provém de diversas fontes, tais como satélites, arquivos, etc. Os dados mais importantes, entre tanto, são os gerados pelos satélites meteorológicos ou de recursos naturais. Esses dados são também dimensionantes do sistema.

3.1 - DESCRIÇÃO FUNCIONAL

O suporte lógico (software) do SITIM destina-se ao processamento de dados denominados genericamente objetos. Está disponível ao usuário a manipulação dos seguintes objetos.

- 1) imagens,
- 2) imagens virtuais,
- 3) estatísticas,
- 4) pontos,
- 5) histograma,
- 6) imagem no visualizador.

Objeto é um termo genérico que designa os diversos tipos de dados que o sistema pode comportar. Esta abstração destina-se a esconder do usuário detalhes de representação interna dos dados. O acesso aos objetos é feito através de procedimentos, não podendo o usuário manipulá-los diretamente.

A principal característica do sistema é a sua natureza iterativa. As ações de manipulação dos objetos são iniciadas e controladas por especialistas de um campo específico de aplicação (por exemplo, um meteorologista). Na maioria das vezes a entrada e a saída do sistema são em forma de objetos.

Além dos dispositivos de entrada e saída de objetos, o sistema dispõe de meios de comunicação com o especialista. Estes meios compreendem dispositivos físicos (visualizador, terminais de vídeo, cursor), bem como uma linguagem - chamada Linguagem de Manipulação de Objetos (LMO) - adequada à comunicação especialista-sistema. Esta linguagem é capaz de expressar as possíveis operações com as imagens, não obstante é suficientemente simples, podendo ser utilizada por pessoas que não sejam especialistas em computação.

Existem duas classes de pessoas habilitadas a interagir com o SITIM:

- os usuários do sistema, que dele se utilizam para suas aplicações (Meteorologia, Sensoriamento Remoto, etc.);
- os programadores, responsáveis pela manutenção e acréscimo de novas rotinas.

O sistema provê, para estes dois tipos de pessoas, uma visão abstrata e uniforme do que seja um objeto, o qual não depende das características físicas dos meios de seu armazenamento. Desta forma são definidas as operações neste tipo de objeto, sem que o usuário (ou programador) necessite saber em qual formato interno e em quais arquivos o objeto está armazenado.

Embora o maior uso do SITIM seja para processamento de imagens obtidas por satélites, o sistema também é adequado para o tratamento de imagens oriundas de outras fontes. Atualmente o sistema é capaz de atender às necessidades mínimas da maioria das aplicações em Meteorologia e Sensoriamento Remoto. Por necessidades mínimas entende-se entrada e saída de imagens em disco, fita magnética e memória de imagens; pré-processamento simples (filtros lineares, equalização de histogramas, etc.); e algoritmos simples de classificação de imagens.

Entre as principais características do SITIM está a sua facilidade de extensão. Com pouco esforço novas rotinas poderão ser retiradas do sistema, ou incluídas nele. Esta característica serve para melhor adequar o sistema a alguma aplicação específica.

Conforme já foi descrito anteriormente, o sistema SITIM é visto de maneira diferente caso seja utilizado por um usuário (especialista em algum campo de aplicação) ou por um programador (pessoa encarregada da manutenção ou extensão do sistema).

A interação do SITIM com o usuário é feita por intermêdio de *sessões de trabalho*. Durante uma *sessão de trabalho* são aceitos apenas comandos da Linguagem de Manipulação de Objetos (LMO), não podendo o usuário utilizar comandos do sistema operacional do computador.

Uma *sessão de trabalho* típica é iniciada quando um usuário apresenta uma identificação (código do usuário). Os parâmetros necessários para caracterizar uma sessão são adquiridos pelo próprio sistema. Os objetos a serem processados durante uma sessão deverão ser lidos a pedido do usuário.

Entre a abertura e o fechamento da sessão os objetos são criados, lidos, escritos e manipulados de acordo com comandos fornecidos pelo usuário. A linguagem de comunicação com o usuário - LMO - é de fácil aprendizado e, ao mesmo tempo, faz uso de construções que permitem exprimir operações, as quais são realizadas nos objetos. A línguagem LMO permite a inclusão de novas rotinas, sendo portanto extensível. O sistema fornece um ambiente para o desenvolvimento de programas, de tal modo que, ao terminar o desenvolvimento de uma nova rotina, esta pode ser incluída sem ser necessária uma nova compilação e novo carregamento do sistema.

Se uma sessão é interrompida por algum motivo, o sistema dispõe de meios para salvar objetos anteriormente criados (Lima, 1984). Esta facilidade permite reconeçar uma sessão que foi interrompida e recuperar o trabalho feito até então.

3.2 - DESCRIÇÃO ESTRUTURAL

O suporte lógico do SITIM é composto de vários programas (um programa principal e um conjunto de sub-rotinas e funções) que fazem uso dos recursos materiais (hardware) através de um outro conjunto de programas: o sistema operacional do computador hospedeiro onde está implementado o SITIM. Com o propósito de simplificar a descrição estrutural do SITIM, não se faz referências explícitas ao sistema operacional.

nal, supondo-se que o SITIM esteja residindo numa *máquina virtual* correspondente ao conjunto: suporte material e sistema operacional.

O suporte lógico do SITIM está organizado em quatro módulos:

- 1) supervisor,
- 2) gerenciador,
- 3) aplicações,
- 4) biblioteca.

O Módulo Supervisor tem por principal finalidade estabelecer a troca de informações entre o usuário e o sistema. Como atividade secundária, ele também incorpora rotinas responsáveis por atribuir valores iniciais aos parâmetros do suporte lógico.

O Módulo Gerenciador é uma coleção de rotinas responsáveis pelo acesso (leitura e escrita) aos objetos tratados pelo sistema e às informações relacionadas a estes objetos.

O Módulo de Aplicações contém rotinas responsáveis pela manipulação dos objetos.

O Módulo Biblioteca contém as sub-rotinas e funções de uso geral, utilizadas por mais de um módulo do sistema.

Os módulos, com exceção do Supervisor, são coleções de procedimentos, de modo geral independentes, mas funcionalmente relacionados. A Figura 3.1 ilustra o grafo de chamada do sistema.

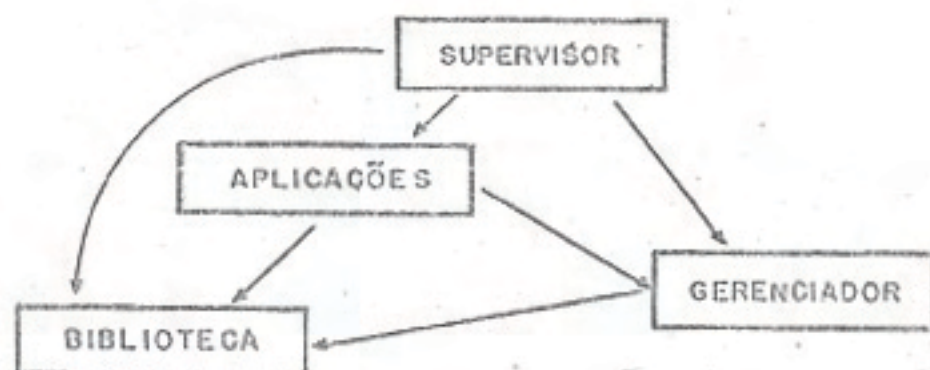


Fig. 3.1 - Grafo de chamado dos módulos do sistema.

A seguir, descreve-se cada um dos módulos e, posteriormente, as interligações entre eles.

3.2.1 - MÓDULO SUPERVISOR

O Módulo Supervisor tem especificamente como funções principais:

- fornecer valores iniciais aos parâmetros do sistema e adquirir do usuário os valores dos parâmetros que caracterizam uma sessão de trabalho;
- analisar as requisições do usuário;
- gerar uma sequência de chamadas a programas de aplicação ou de gerência, os quais executam a ação especificada pelo usuário;
- trocar mensagens e dados com o usuário.

Mantém-se um registro de todas as solicitações efetuadas para o sistema durante uma sessão de trabalho, que tenham realmente sido executadas.

Para análise e execução dos comandos do usuário, o Módulo Supervisor conta com duas tabelas principais:

- diretório de objetos (DIROB),
- tabela de funções (TABFUNC).

O DIROB contém informações sobre os objetos e o seu acesso é realizado através do Módulo Gerenciador.

A TABFUNC armazena informações relativas às rotinas de aplicação, que podem ser chamadas pelo Supervisor. As informações contidas na tabela destinam-se a assegurar que a chamada a uma função seja feita de maneira apropriada, evitando erros que porventura possam ocorrer durante a sua execução.

3.2.2.- MÓDULO GERENCIADOR

O Módulo Gerenciador é uma coleção de rotinas responsáveis pelo armazenamento dos objetos e acesso a eles, tratados pelo sistema. Estas rotinas compartilham uma área comum denominada DIROB, onde estão armazenadas as informações referentes aos objetos. As informações do DIROB (Velasco e Lima, 1984) incluem nome, atributos e indicação sobre os arquivos em disco onde os objetos estão armazenados. Os nomes dos objetos podem ter até sete caracteres, enquanto os demais atributos são números inteiros.

Pode-se resumidamente dividir as rotinas do Módulo Gerenciador nos seguintes tipos:

- 1) rotinas de inicialização,
- 2) rotinas de criação e eliminação de objetos,
- 3) rotinas de acesso (leitura e escrita) aos objetos,
- 4) rotinas de leitura e escrita de informações sobre os objetos,
- 5) outras rotinas.

O Módulo Gerenciador, em relação ao acesso aos objetos, é dependente do computador hospedeiro do sistema, no caso desta implementação, o SISCO MB8000.

3.2.3 - MÓDULOS DE APLICAÇÕES

As rotinas de aplicação são responsáveis pela transferência de imagens da memória de imagens para outros dispositivos e vice-versa; também são responsáveis pelo processamento de objetos, o qual pode ou não produzir novos objetos. A Figura 3.2 mostra, de forma esquemática, as possíveis entradas e saídas de uma rotina de aplicação.



Fig. 3.2 - Entradas e saídas de uma rotina de aplicação.

Apresentam-se a seguir algumas funções oferecidas pelo sistema; no entanto, existe a possibilidade do acréscimo de novas funções. Todas as funções para executarem as operações descritas são solicitadas pelo usuário através da linguagem LMO indicando o nome padronizado da função desejada. As funções são:

- 1) Operações entre objetos do mesmo tipo:
 - operações aritméticas e lógicas para imagens,
 - adição e subtração para estatísticas,
 - adição e retirada de pontos para pontos.
- 2) Pré-processamento de imagens:
 - filtros lineares e não lineares,
 - manipulação de histogramas,

- mapeamento de níveis de cinza,
- ampliação e redução,
- operadores de bordas.

3) Classificação de imagens:

- fatiamento,
- classificação euclideana,
- máxima verossimilhança (gaussiana),
- K-médias.

4) Apresentação de objetos:

- imagens (terminal, impressora),
- estatísticas, histogramas e pontos.

5) Entrada e saída de objetos:

- para fita magnética.

6) Outros:

- síntese de imagens,
- produção de pontos a partir de imagem, estatísticas a partir de pontos e histogramas a partir de imagens.

3.2.4 - MÓDULO BIBLIOTECA

O Módulo Biblioteca é uma coleção de sub-rotinas e funções auxiliares, com propósitos gerais, reunidas para facilitar o seu uso e evitar duplicação de esforços.

3.2.5 - INTERLIGAÇÃO ENTRE OS MÓDULOS

A interligação entre os módulos é feita através de parâmetros ou de áreas comuns.

No SITIM existem duas áreas comuns:

- O DIROB compartilhado pelas rotinas que compõem o Módulo Gerenciador.
- A interface Aplicações, entre o Módulo Supervisor e o Módulo de Aplicações. Por esta interligação são comunicadas todas as informações destinadas às funções de aplicação, que podem ser: objetos de entrada e saída de parâmetros. Os resultados são fornecidos diretamente ao usuário.

A comunicação entre o Supervisor e o Gerenciador, e entre o Supervisor e a Biblioteca, é efetuada via parâmetros das sub-rotinas e funções.

3.3 - OBJETOS

Em sua versão atual, o sistema SITIM está capacitado a gerenciar seis tipos de objetos, que são:

- 1) imagens,
- 2) imagens virtuais,
- 3) estatísticas,
- 4) pontos,
- 5) histogramas,
- 6) imagem no visualizador.

3.3.1 - IMAGENS

Uma *imagem* do ponto de vista do usuário é um conjunto finito e ordenado de matrizes retangulares e homogêneas. Os elementos das matrizes são chamados *pontos* e cada matriz recebe o nome de *banda* da imagem. Por *homogeneidade* entende-se que todos os pontos de todas as matrizes devem ter a mesma natureza. Por exemplo, todos os pontos podem ser números inteiros contidos no intervalo de 0 a 255.

Por conveniência de implementação, restringiu-se o intervalo de variação dos valores dos pontos a intervalos que pudessem ser armazenados em 1, 2, 4, 8 ou 16 bits.

A Figura 3.3 ilustra o conceito de imagem e a localização de um ponto numa *banda* da imagem. Este conceito é também compartilhado pelos programadores.

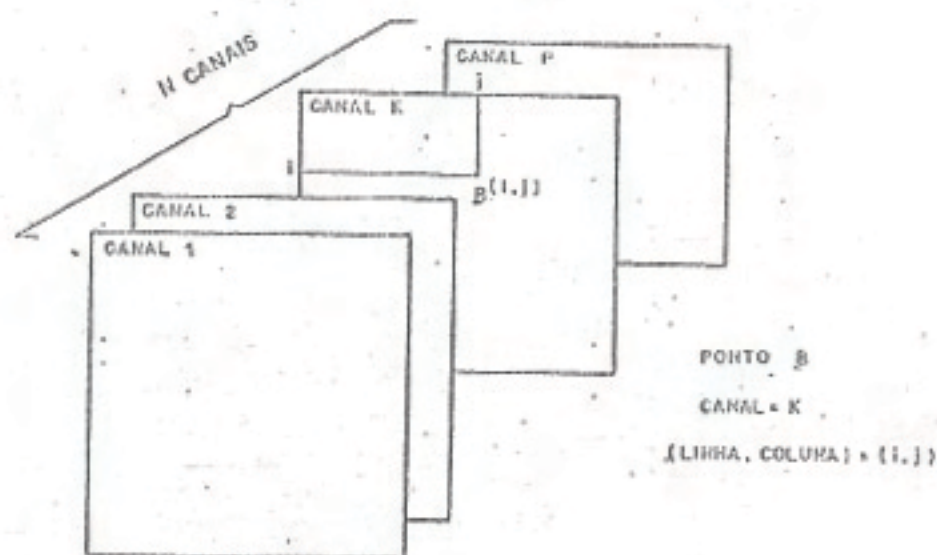


Fig. 3.3 - Representação do conceito de imagem.

Uma imagem pode ser completamente definida por quatro atributos:

- 1) número de bandas (NBAN),
- 2) número de linhas (NLIN),
- 3) número de colunas (NCOL),
- 4) número de bits por ponto (NBP).

Após ter sido criada uma imagem, os valores dos seus atributos são inalteráveis.

3.3.2 - IMAGENS VIRTUAIS

As imagens virtuais são imagens obtidas de imagens já conhecidas do sistema (imagens-mães) por uma setorização que usa uma *janela* e um subconjunto de bandas. Portanto, imagem virtual indica uma *janela* associada a um subconjunto de bandas de uma imagem mãe.

Uma *janela* de uma imagem é uma região retangular definida pelos atributos:

- 1) linha inicial (LI),
- 2) coluna inicial (CI),
- 3) número de linhas (DL),
- 4) número de colunas (DC).

A especificação de uma imagem virtual requer também uma *lista de bandas*.

Existem restrições para a criação de uma imagem virtual (Velasco e Lima, 1984).

Sempre que em uma determinada aplicação um usuário especificar uma *janela* em uma imagem, existe a criação automática e transparente de uma imagem virtual (Lima, 1984).

3.3.3 - ESTATÍSTICAS

O objeto estatística contém nomes e informações estatísticas de diversas *classes*. Uma *classe* é um conjunto de pontos com uma característica comum. Este objeto é caracterizado pelos atributos.

- 1) número de bandas,
- 2) número de classes.

Para cada classe são armazenadas as seguintes informações:

- 1) nome,
- 2) número de pontos,
- 3) média de classe,
- 4) matriz de covariância.

3.3.4 - PONTOS

O objeto pontos armazena uma coleção de pontos, todos pertencentes a uma mesma banda de uma imagem. Dois atributos caracterizam este objeto:

- 1) número de bandas (NBAN),
- 2) número de pontos (NPT).

3.3.5 - HISTOGRAMAS

Este objeto é caracterizado por dois atributos:

- 1) número de níveis (NNIV),
- 2) Tamanho dos intervalos (INTV).

3.3.6 - IMAGEM NO VISUALIZADOR

Imagem visualizada é uma imagem residente na memória da unidade de visualização (UAI) (Lima, 1984). Seus atributos são os mesmos do objeto imagem, sendo o número de linhas, colunas, bandas e bits por ponto dependente da configuração escolhida, particular do sistema SITIM. Os valores utilizados normalmente são:

- 1) número de linhas (NLIN) = 512,
- 2) número de colunas (NCOL) = 512,
- 3) número de bandas (NBAN) = 4,

4) número de bits por ponto (NBP).

Assim como no caso dos objetos do tipo imagem, podem existir imagens virtuais cujas imagens-mães sejam as imagens visualizadas.

CAPÍTULO 4

MÓDULO SUPERVISOR

Este capítulo apresenta a descrição funcional e estrutural do Módulo Supervisor, cujo projeto e implementação constituem-se no objeto desta dissertação. O Módulo Supervisor permite a integração dos outros módulos do suporte lógico do sistema SITIM. Ele cria o ambiente necessário para a comunicação do sistema como um todo com os seus usuários.

4.1 - FACILIDADES

O Módulo Supervisor tem por finalidade principal estabelecer a troca de informações entre o sistema e o usuário. Como atividade secundária, incorpora rotinas responsáveis por atribuir valores iniciais aos parâmetros do suporte lógico, e aos parâmetros de uma sessão de trabalho, e manter um registro de todas as solicitações do usuário ao sistema, completadas com sucesso durante uma sessão.

O supervisor interpreta os pedidos do usuário, troca mensagens e faz aquisição de dados através de um terminal, do DIROB ou da TABFUNC. As solicitações do usuário deverão ser codificadas em comandos da linguagem LMO. Os comandos submetidos ao sistema são analisados e interpretados, sendo a seguir traduzidos em uma sequência de chamadas a programas de aplicação ou rotinas de gerenciamento. A Figura 4.1 ilustra este procedimento.

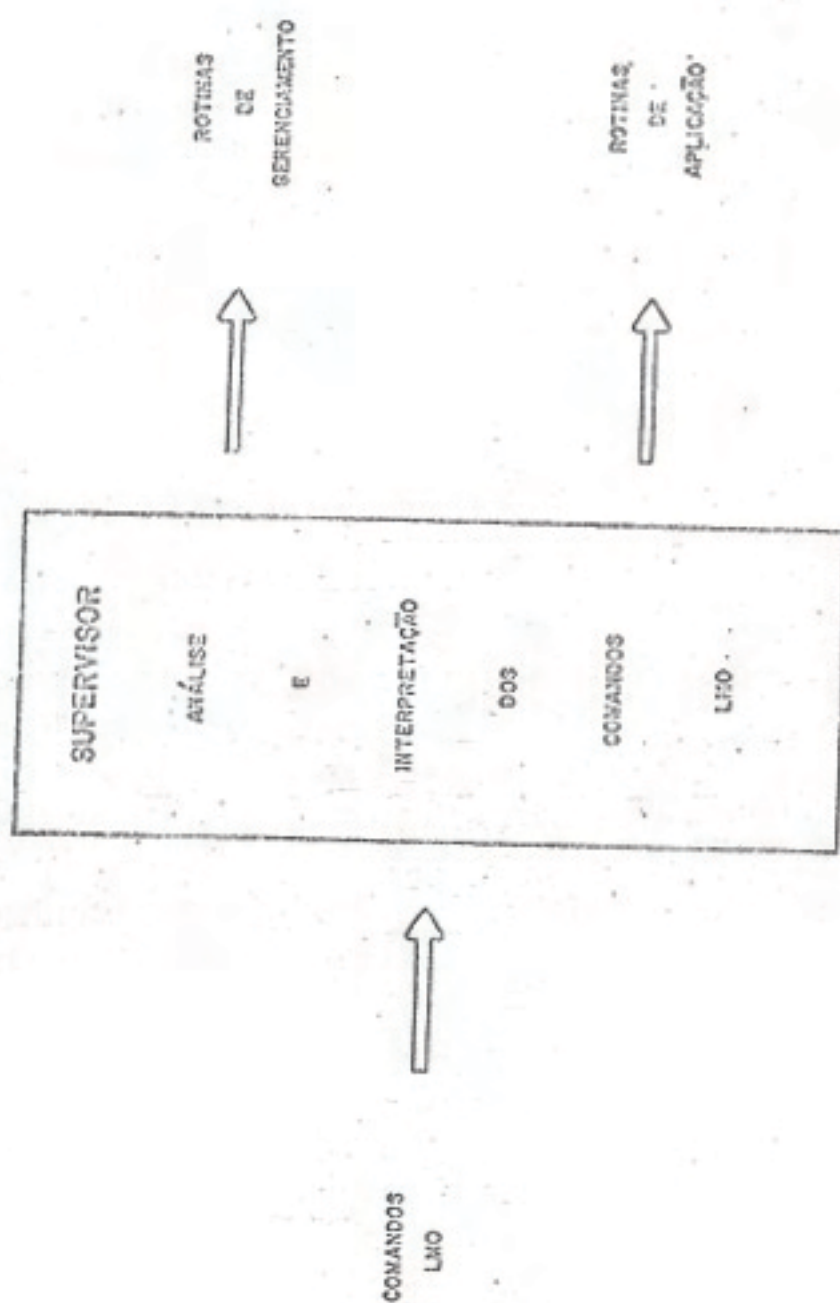


Fig. 4.1 - Módulo Supervisor - resumo das operações realizadas.

As etapas seguidas pelo supervisor ao receber um comando da LMO são as seguintes:

- 1) análise léxica e sintática do comando;
- 2) verificação para cada objeto referenciado dentro do comando da sua existência e da consistência dos seus eventuais atributos através de uma consulta ao DIROB;
- 3) comparação para cada função referenciada, da existência e da compatibilidade dos argumentos com os descritos na TABFUNC;
- 4) geração de uma sequência de chamadas a rotinas de aplicação ou a rotinas residentes no módulo gerenciador. São estas rotinas que efetivamente executam as ações desejadas.

As etapas 2 e 3 constituem a *análise semântica* do comando. A etapa 4 pode ser dividida em duas: uma que gera uma *linguagem intermediária* equivalente ao comando de entrada, e outra que consiste na interpretação desta linguagem intermediária.

Conforme já exposto anteriormente, para análise e execução dos comandos do usuário, o Supervisor contará com duas tabelas principais:

- diretório de objeto (DIROB),
- tabela de funções (TABFUNC).

4.1.1 - LINGUAGEM DE COMANDO

A linguagem de comando (LMO) permite ao usuário:

- iniciar e encerrar sessões de trabalho;
- consultar informações sobre imagens;
- realizar operações básicas de gerenciamento de objetos como leitura e gravação em disco magnético, cópia, alteração de nome, apagamento;

- efetuar operações de manipulação do conteúdo das imagens como realçamento, detecção de bordas, filtragem, amostragem, etc.
- manter um registro de todas as solicitações do usuário ao sistema que tiverem sido realmente executadas durante uma sessão de trabalho.

A principal característica da linguagem de comando, que a torna recomendada para um sistema de processamento de imagens com propósitos gerais, é a sua extensibilidade. A tabela de funções pode ser continuamente atualizada, com exclusão ou acréscimo de novas funções via comandos LMO. Como são as funções de aplicação que realizam as operações de processamento de imagens, à medida que novas funções forem desenvolvidas e incorporadas à tabela de funções, o sistema aumenta a capacidade de processamento. O repertório de funções disponíveis pode ser consultado a qualquer momento, sempre que desejado.

No capítulo seguinte a Linguagem de Manipulação de Objetos (LMO) será melhor detalhada.

4.1.2 - TABELA DE FUNÇÕES

A TABFUNC contém as informações necessárias para a correta chamada das rotinas de aplicação. Com a finalidade de evitar erros durante a execução das funções de aplicação, o sistema compara os dados fornecidos pelo usuário com as informações contidas na TABFUNC. No caso dos dados estarem incorretos, o sistema rejeita a solicitação do usuário. Somente o Módulo Supervisor possui acesso à TABFUNC.

As informações contidas na TABFUNC são:

- nome da função (com máximo de oito caracteres);
- número associado à função (necessário para o carregamento, durante a execução, do arquivo em disco onde reside o código objeto da função de aplicação);

- número e descrição dos objetos (tipo) de entrada;
- número e descrição dos objetos (tipos) de saída;
- número e descrição do tipo dos parâmetros (se números inteiros ou reais);
- restrições aos atributos para cada objeto (de entrada e saída);
- intervalo de variação dos parâmetros (do tipo inteiro e real);
- texto associado à função (que pode ser lido pelo usuário).

4.1.3 - DIRETÓRIO DE OBJETOS

O DIROB é uma tabela compartilhada pelas rotinas componentes do Módulo Gerenciador. Contém as informações sobre os objetos disponíveis ao usuário em uma sessão.

As informações acerca dos objetos (atributos), além dos dados contidos nas áreas compartilhadas, comuns para as rotinas do Gerenciador, são também armazenadas em um arquivo de objetos (ARQOB) em disco, sendo parte deste arquivo uma cópia do DIROB. Este arquivo em disco é necessário em caso de uma interrupção da sessão de trabalho; pois, as informações relativas aos objetos encontram-se salvas e podem ser recuperadas (Velasco e Lima, 1984).

4.2 - ESTRUTURA DO MÓDULO SUPERVISOR

O Módulo Supervisor está subdividido em cinco submódulos:

- atribuição de valores iniciais,
- entrada e saída,
- análise léxica,
- análise sintática /semântica,
- interpretador.

Os submódulos de análise léxica e análise sintática/semântica são responsáveis pela análise dos comandos LMD e por sua transformação numa linguagem intermediária na notação polonesa reversa. Sua ação conjunta é responsável pela compilação dos comandos LMD fornecidos pelo usuário. O processo de compilação é interativo, sendo cada comando tratado imediatamente após ter sido submetido ao sistema.

A geração da linguagem intermediária segue o esquema conhecido como tradução dirigida pela sintaxe. O uso desta técnica permite que a linguagem intermediária seja criada de acordo com a orientação da estrutura sintática da linguagem fonte.

A parte semântica do submódulo de análise sintática/semântica realizam as funções de um compilador, as quais podem ser decompostas, seguindo um esquema proposto por Waite e Goos, 1984, da seguinte maneira:

- Compilação
 - Análise
 - Análise estrutural
 - o análise léxica,
 - o análise sintática.
 - Análise semântica
 - Síntese
 - Geração da linguagem intermediária.

O submódulo interpretador executa o comando codificado na linguagem intermediária imediatamente após o processo de compilação.

Nos diagramas estruturais apresentados nesta seção, serão usadas as convenções ilustradas na Figura 4.2.

A Figura 4.3 mostra um diagrama hierárquico dos submódulos.

CONVENÇÕES:

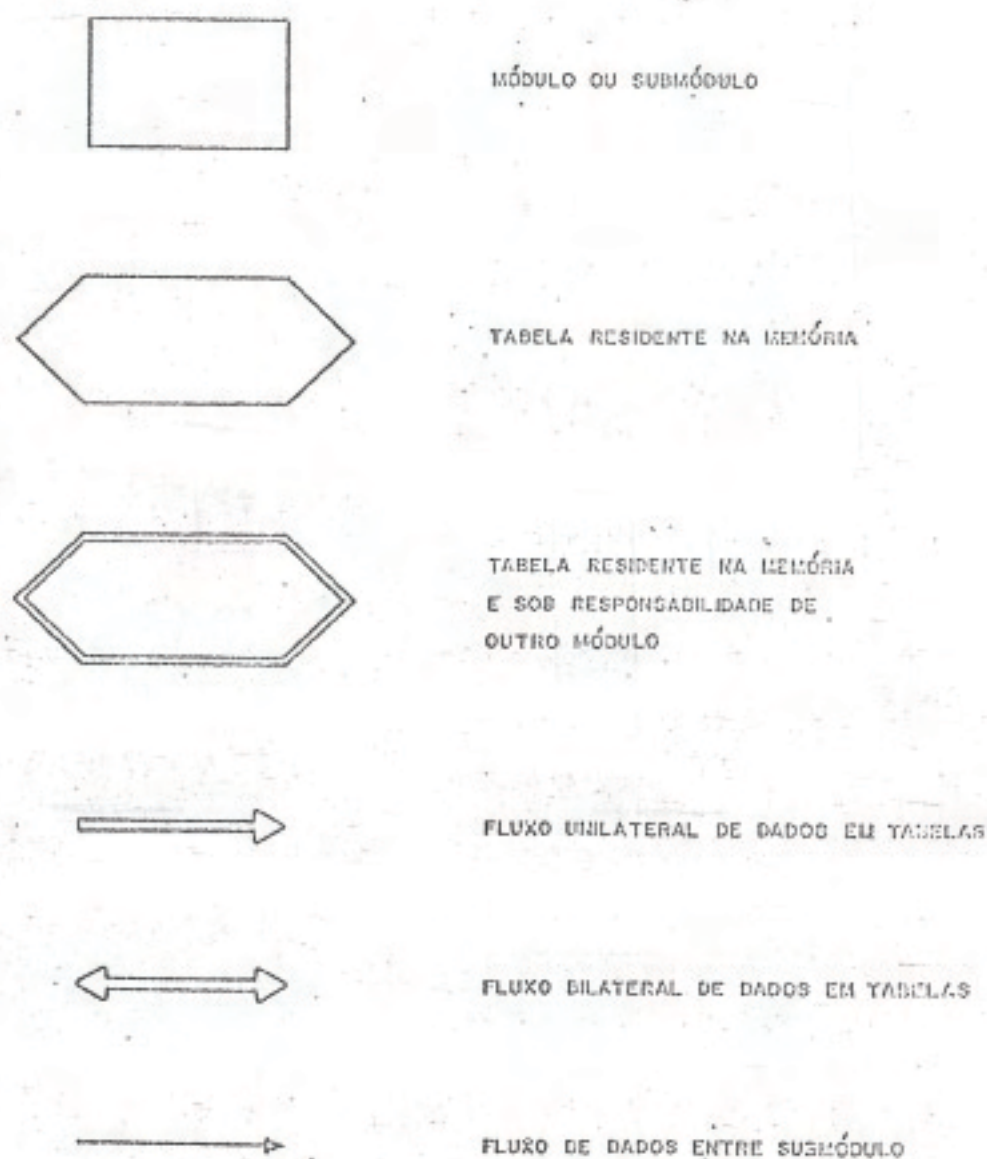


Fig. 4.2 - Convenções utilizadas nos diagramas.

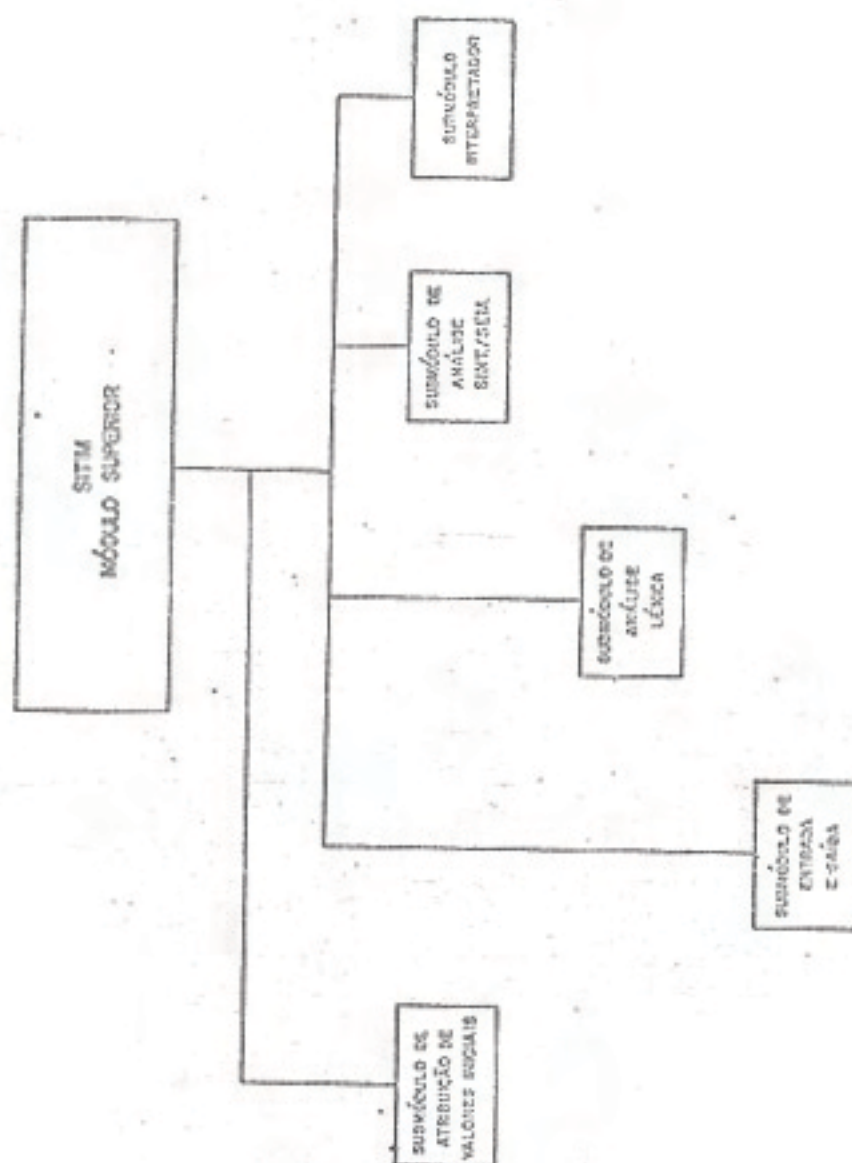


Fig. 4.3 - Diagrama hierárquico dos submódulos.

4.2.1 - SUBMÓDULO DE ATRIBUIÇÃO DE VALORES INICIAIS

Este submódulo é responsável por atribuir valores iniciais aos parâmetros do sistema e às tabelas do analisador lêxico e síntático. Também é sua função reservar as áreas comuns que servem de interligação entre os submódulos do Supervisor.

4.2.2 - SUBMÓDULO DE ENTRADA E SAÍDA

O submódulo de entrada e saída concentra as operações que requisitam os dispositivos de entrada e saída do sistema hospedeiro. É constituído das rotinas de leitura e escrita no terminal.

A rotina de leitura coleta um conjunto de caracteres numa linha e os apresenta ao analisador lêxico. As rotinas de escrita são portadoras das mensagens do sistema e da notificação de eventuais erros de leitura, sintáticos, semânticos e de interpretação.

O submódulo de entrada e saída para emitir mensagens de erros, recebe como parâmetro o código do erro e consulta uma tabela de mensagem de erro. Esta tabela reside em arquivo permanente, sendo consultada quando necessário.

A Figura 4.4 ilustra o submódulo de entrada e saída e a sua relação com a tabela de mensagem de erro.

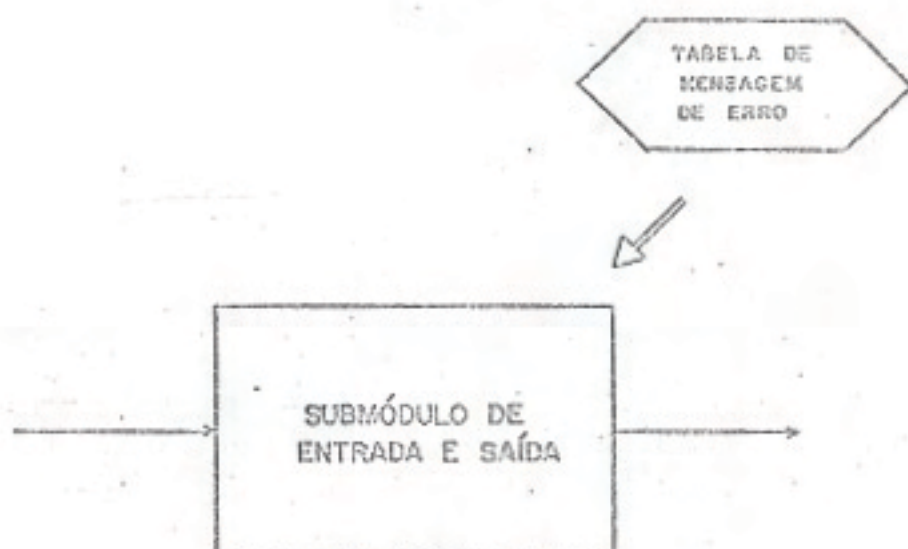


Fig. 4.4 - Submódulo de entrada e saída.

4.2.3 - SUBMÓDULO ANÁLISE LÉXICA

A finalidade deste submódulo é executar as tarefas de um analisador léxico, conforme o modelo clássico de um Autômato Finito Determinístico, descrito na literatura (Gries, 1971; Kowaltowski, 1983; Setzer e Melo, 1983).

A análise léxica é a parte de um compilador encarregada de isolar palavras-chaves, símbolos especiais compostos, identificadores e constantes, transformando-os em códigos utilizados no processo de análise sintática. O analisador léxico é invocado toda vez que o analisador sintático necessita de um novo código; constituindo-se, portanto, da interface entre os comandos fonte escritos em LMO e o analisador sintático.

O processo de análise léxica não é meramente verificar se os símbolos terminais da linguagem fonte estão corretamente construí

dos. Associadas a esta tarefa existem algumas ações semânticas, que são:

- armazenar os nomes dos identificadores;
- armazenar os valores das constantes inteiras e reais,
- verificar se os valores das constantes inteiras e reais estão dentro do intervalo permitido pelo sistema hospedeiro.

O submódulo de análise léxica, de acordo com a Figura 4.5, possui acesso às seguintes tabelas:

- tabela de palavras reservadas,
- tabela de códigos dos caracteres.

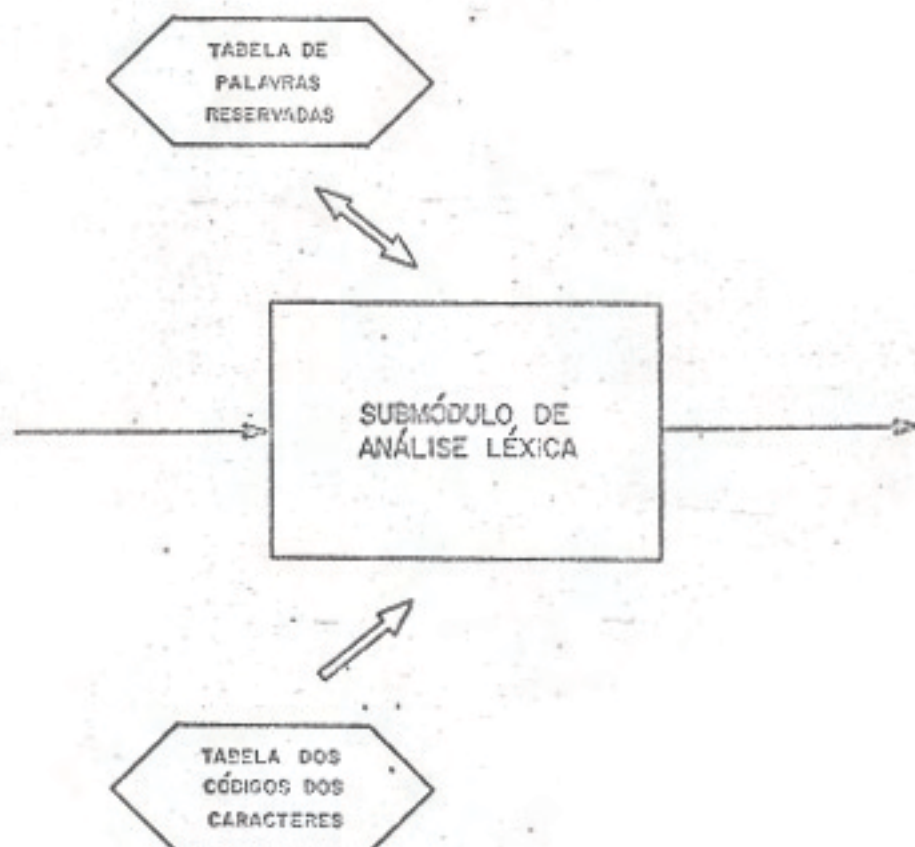


Fig. 4.5 - Submódulo de análise léxica.

4.2.4 - SUBMÓDULO DE ANÁLISE SINTÁTICA/SEMÂNTICA

O submódulo de análise sintática/semântica é o mais importante no processo de compilação. Sua estrutura reflete a sintaxe da linguagem LHO. A análise sintática tem por finalidade comparar os comandos submetidos ao sistema com as regras estabelecidas pela gramática que descreve a Linguagem de Manipulação de Objetos. Como estratégia de análise sintática foi escolhido o método conhecido como descendente (Kowaltowski, 1983).

Todas as funções executadas pelo submódulo, além da análise sintática, são aqui chamadas análise semântica. As tarefas de análise semântica podem ser agrupadas em duas linhas (Setzer e Melo, 1983):

- análise de contexto, que é uma atividade de análise propriamente dita;
- geração da linguagem intermediária, que é uma atividade de sintaxe.

As rotinas de análise semântica são responsáveis pela consulta à quase totalidade das tabelas compartilhadas neste submódulo. São também responsáveis pela realização do produto final do processo de compilação, que é a reescrita dos comandos sintaticamente corretos numa linguagem intermediária em notação polonesa reversa (Brown, 1979). Pode-se pensar na linguagem intermediária como uma linguagem de máquina de um computador abstrato, destinado a executar o código fonte. O computador abstrato é simulado por um interpretador.

O submódulo de análise sintática/semântica utiliza-se das seguintes tabelas:

- tabelas de índices usados nos comandos de seleção múltipla,
- índice da tabela de funções,
- tabela de macros,

- DIROB.

Para melhor legibilidade, os fluxos de dados entre as tabelas nos processos de análise sintática e semântica são ilustrados separadamente nas Figuras 4.6 e 4.7.



Fig. 4.6 - Submódulo de análise sintática/semântica - processo de análise sintática.

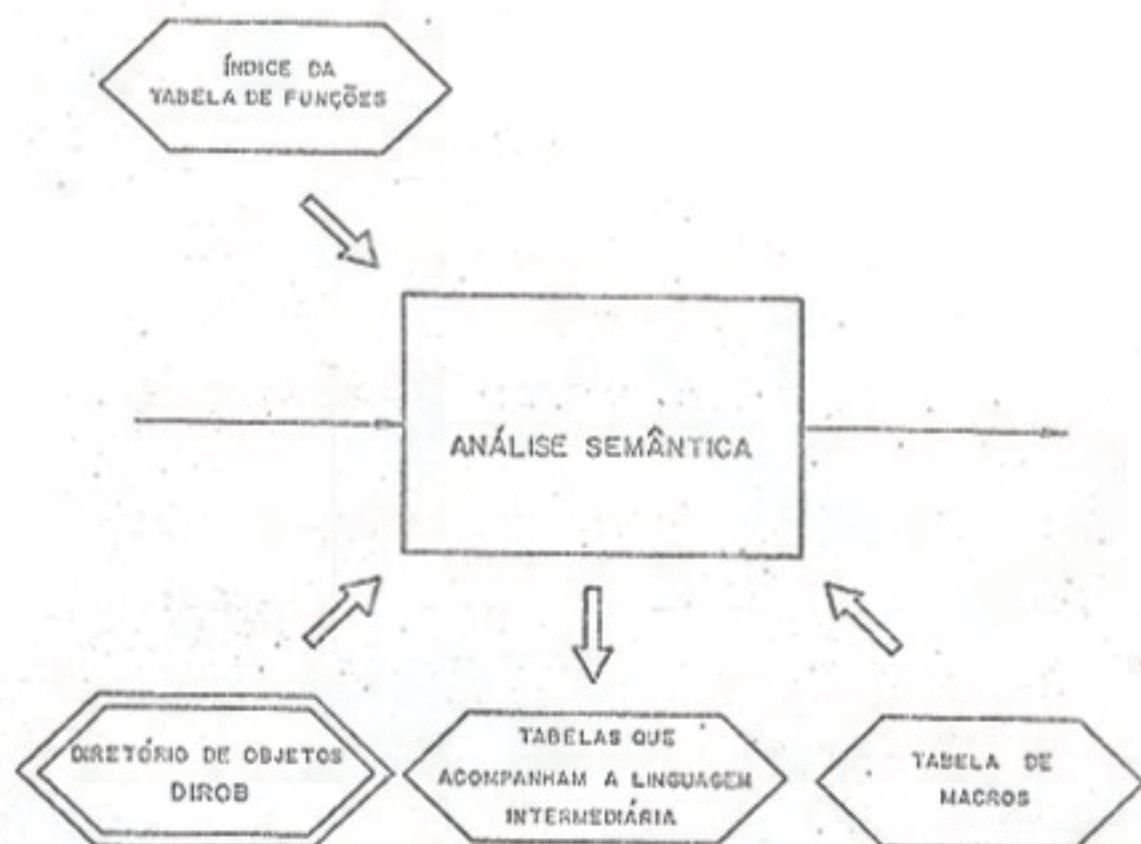


Fig. 4.7 - Submódulo de análise sintática/semântica - processo de análise semântica.

A linguagem intermediária é composta basicamente de ponteiros para tabelas onde estão efetivamente armazenadas as informações (Brown, 1979). A construção destas tabelas (de identificadores, números inteiros e reais, macros) é de responsabilidade das rotinas semânticas. A representação de um comando na linguagem intermediária e suas estruturas associadas são o resultado do processo de compilação e constituem-se nos dados de entrada do submódulo interpretador.

4.2.5 - SUBMÓDULO INTERPRETADOR

Este submódulo é responsável pela simulação do *computador abstrato*, ao qual se destina o comando codificado na linguagem intermediária.

A linguagem intermediária escolhida, representada na notação polonesa reversa, além de refletir a sintaxe da linguagem fonte (LMO), é de fácil e rápida execução.

Para a execução da linguagem intermediária na notação polonesa reversa, emprega-se o processo tradicional que utiliza uma pilha para armazenar os operandos, chamada *pilha de operandos* (Brown, 1979). Os operadores são simulados através de chamadas às rotinas do módulo gerenciador e às rotinas do módulo supervisor.

As rotinas do Módulo Supervisor invocadas realizam o:

- gerenciamento da TABFUNC,
- gerenciamento da tabela de macros.

Neste texto, de uma maneira geral, designa-se tabela qualquer estrutura de dados.

O módulo interpretador possui acesso à leitura e/ou alteração das tabelas, mostradas na Figura 4.8 que são:

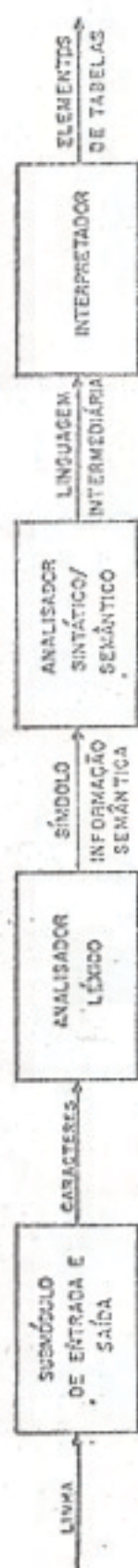


Fig. 4.9 - Diagrama de fluxo de dados dos submódulos.

- TABFUNC,
- Índice da tabela de funções,
- DIROB,
- tabela de macros,
- tabelas de interligação (ou interface) com o módulo de aplicação,
- tabelas de contabilidade da sessão,
- tabelas que acompanham a linguagem intermediária.

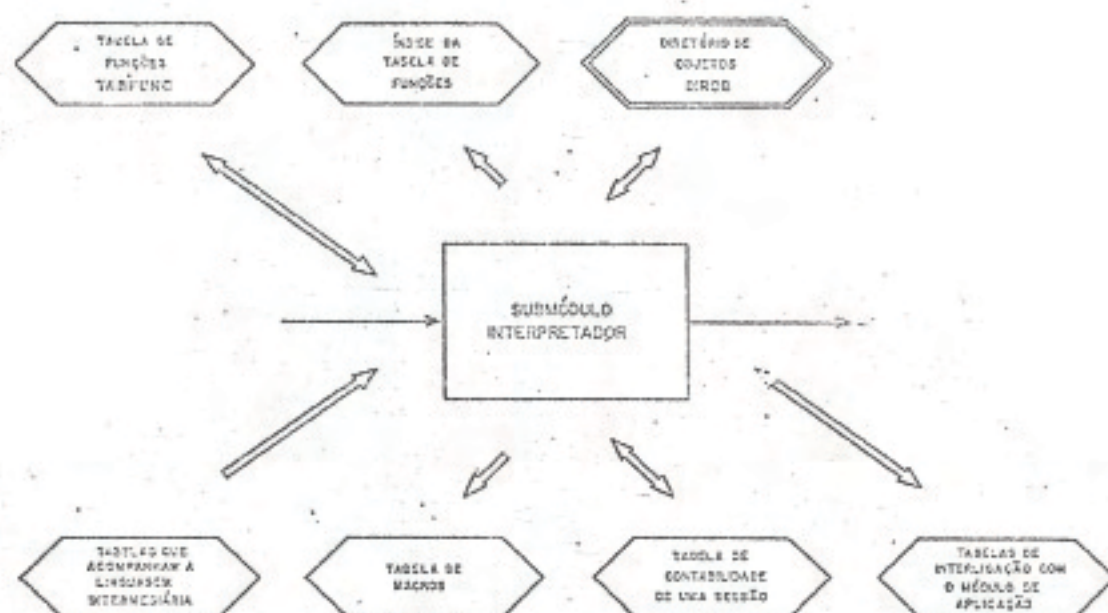


Fig. 4,8 - Submódulo interpretador.

4.2.6 - INTERLIGAÇÃO ENTRE OS MÓDULOS

Para a interligação entre os submódulos, procurou-se fazer mais uso de variáveis globais do que de parâmetros de sub-rotinas ou funções. A principal razão foi produzir um código fonte de leitura mais claro (Gries, 1971).

A Figura 4.9 ilustra o fluxo de dados entre os submódulos constituintes do Módulo Supervisor.

As Figuras 4.10 e 4.11 explicitam o Compilador e o Interpretador que estão embutidos no Módulo Supervisor (Kowaltowski, 1983). Nestas figuras, salientam-se as entradas e saídas de cada processo, a consulta à diversas tabelas, e a interligação do Módulo Supervisor com os outros módulos do suporte lógico do SITIM.

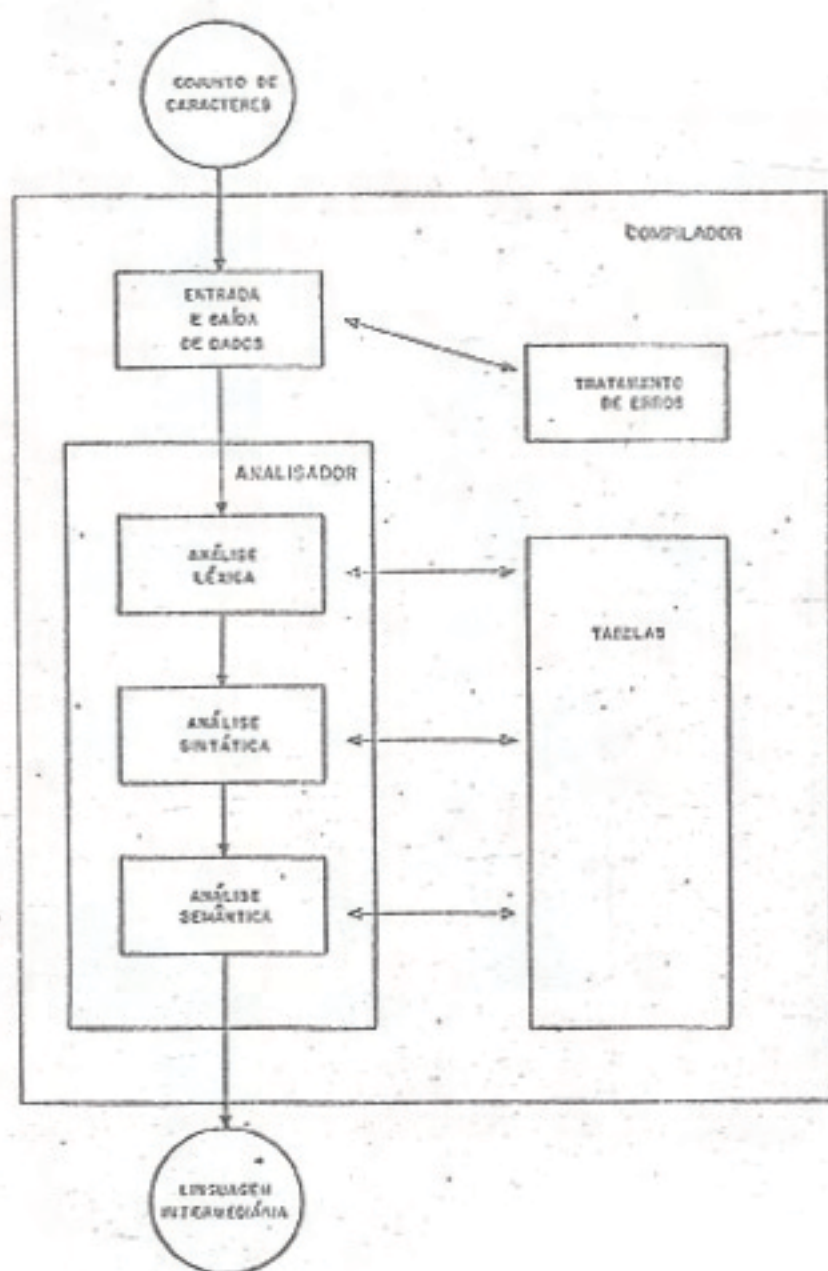


Fig. 4.10 - Módulo Supervisor - processo de compilação.

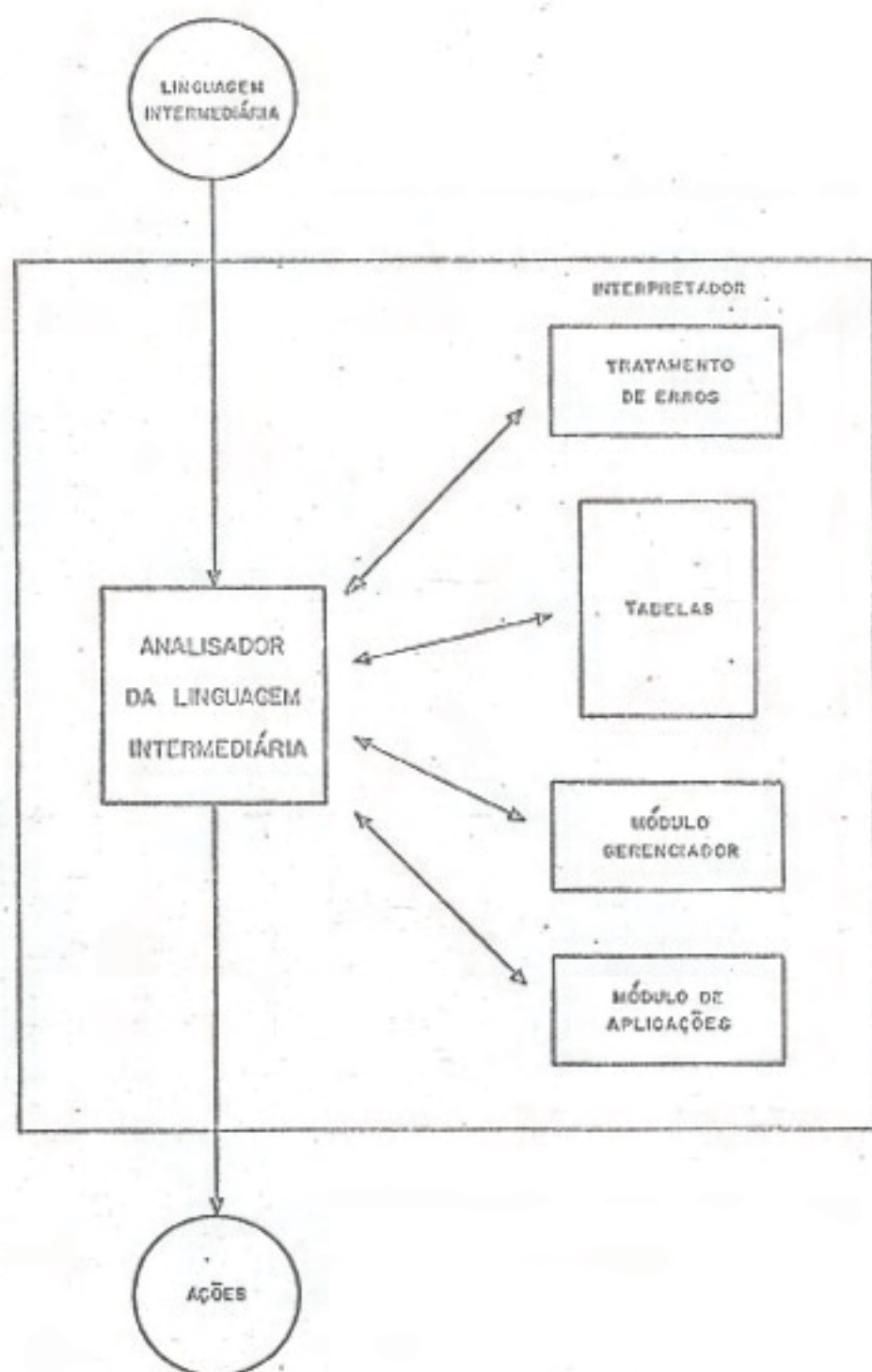


Fig. 4.11 - Módulo supervisor - processo de interpretação.

CAPÍTULO 5

LINGUAGEM DE MANIPULAÇÃO DE OBJETOS

Neste capítulo são abordadas as características e os comandos da linguagem LMO. A linguagem de comandos LMO é responsável pela comunicação de usuários com o sistema SITIM.

5.1 - CARACTERÍSTICAS

O sistema SITIM foi concebido para operar de forma interativa. Num sistema do tipo interativo típico, o usuário dispõe de um terminal para o seu diálogo com o computador. O diálogo homem/máquina é caracterizado pelo fornecimento de comandos ao sistema via teclado e pelo recebimento da resposta no vídeo do terminal.

Os sistemas interativos devem ser (Shneiderman, 1980):

- simples mas poderoso,
- fáceis de aprender, porém atrativo aos usuários experientes,
- fáceis quanto ao manuseio de erros,
- flexíveis quanto às modificações futuras.

Duas são as maneiras clássicas adotadas para realizar a comunicação com os usuários nos sistemas do tipo interativo (Heffler, 1982): via linguagem de comandos ou via sistema do tipo *cardápio*.

Com uma linguagem de comandos o usuário do sistema deve digitar um determinado comando para solicitar uma ação desejada (Hardy Jr., 1982). O *cardápio* é composto de uma lista de itens que apresentam opções de escolha aos usuários do sistema. O usuário interage com o *cardápio* através da seleção de um dos itens. O item selecionado produz a ação desejada. O uso de um sistema do tipo *cardápio* dispensa a necessidade dos usuários lembrar ou reler manuais para saber a sintaxe corre

ta dos comandos. Um sistema do tipo *cardápio* tende a tornar-se enfadonho para usuários experientes, para os quais se recomenda uma linguagem de comandos.

O projeto do Módulo Supervisor procurou conciliar as duas correntes abordadas para realizar a comunicação com o usuário. Adotou-se uma linguagem de comando, chamada Linguagem de Manipulação de objetos (LMO), que fornece ao usuário a possibilidade de também trabalhar de maneira semelhante a de um sistema do tipo *cardápio*. Através de um comando LMO, um usuário pode requisitar a relação das funções de aplicação implementadas e disponíveis no sistema para uso imediato. Se o usuário optar por apresentar ao sistema simplesmente o nome de uma função escolhida na relação de funções disponíveis, este passa a trabalhar de uma forma especial que se designou *modo conversacional*. Esta maneira de trabalho é assim chamada porque o sistema imediatamente após conhecer o nome da função desejada inicia um diálogo com o usuário, pedindo-lhe a relação dos objetos de entrada e saída e os parâmetros (se existirem) necessários para invocar a função desejada. Um usuário iniciante pode utilizar o repertório de funções do sistema somente no *modo conversacional*.

A finalidade principal de combinar estes modos de operação é permitir o acesso de usuários ao sistema, desde os principiantes até os mais experientes em sua utilização (Palme, 1979).

A linguagem LMO é uma linguagem de alto nível e de fácil aprendizado e uso. Está baseada em palavras chaves em português, opcional para alguns comandos, podendo ser utilizada tanto por programadores experientes quanto por não-especialistas em computação. Esta linguagem permite a incorporação de novas funções ao seu repertório; sendo portanto extensível. É também autocontida, pois tem existência própria, não se encontrando embutida em nenhuma outra; é do tipo não-programática porque seus comandos não expressam diretamente as ações que eles desencadeiam (Alexandre e Guerra, 1982).

No Apêndice A, apresenta-se o diagrama sintático da linguagem LMO.

5.2 - COMANDOS LMO

Os comandos da linguagem LMO são descritos nesta seção de uma maneira informal. Uma definição sintática formal encontra-se no Apêndice A.

A sintaxe dos comandos LMO é apresentada usando a notação proposta por Backus-Naur (Naur, 1963), com a consideração adicional de que os itens envolvidos por colchetes são opcionais.

Para algumas entidades da linguagem (símbolos não-terminais) deixa-se de apresentar definições sintáticas como, por exemplo, <informação>, <identificador>, que serão explicados na descrição semântica do comando onde ocorrem.

O efeito esperado do comando também é descrito de modo informal, na língua portuguesa.

Apresentam-se a seguir os comandos em ordem alfabética:

1. ALO [<código do usuário>]

Efeito: Comando de abertura de sessão;

O <código do usuário> identifica o usuário ao sistema.

2. APAGUE <lista de objetos>

Efeito: retira do DIROB os objetos especificados na <lista de objetos>.

3. [ATRIBUA] <objeto>₁ : = <objeto>₂

onde:

<objeto> ::= <identificador> [<modificador>]

Efeito: copia o <objeto>₂ no <objeto>₁, sendo um objeto especificado através do seu <identificador> e opcionalmente através de um <modificador>. O <modificador> especifica um conjunto de bandas (em uma dada ordem) e uma

janela, ou seja, uma submatriz da imagem especificada. Mais precisamente têm-se:

```
<modificador> :: = [<lista de bandas>] [<janela>]  
<lista de bandas> :: = [<lista de números>]  
<janela> :: = (<linha inicial>, <coluna inicial>,  
               <número de linhas>, <número de colu  
               nas>)
```

A Figura 5.1 ilustra algumas possíveis operações de atribuição.

4. CRIE <identificador> <tipo> (<atributos>)
Efeito: cria um objeto designado <identificador> do tipo e <atributos> especificados.
5. DEFINA <identificador> = (<modificador>)
Efeito: comando de definições de macros. Serve para associar mnemônicos a modificadores.
6. DEFINA TEXTO <identificador de objeto> = <texto livre>
Efeito: associa ao objeto especificado um texto qualquer que será usado para descrevê-lo.
7. DEFINA TEXTO FUNC <identificador de função> = <texto livre>
Efeito: associa à função especificada um texto qualquer que será usado para descrevê-la.
8. DESCREVA <identificador de função>
Efeito: descreve o uso da função especificada.
9. ESCDISCO <objeto>
Efeito: transfere o <objeto> da área de trabalho do SITIM para um arquivo em disco num formato apropriado, o qual possibilitará uma possível leitura do arquivo por um comando LEDISCO.

10. ESCIMAGEM <identificador de imagem>

Efeito: transfere uma imagem do sistema SITIM para fora dele. O arquivo onde efetivamente reside a imagem torna-se inacessível à leitura por um comando LEDISCO. A imagem transferida para fora do sistema, chamada imagem externa, somente poderá ser recuperada por um comando LEIMAGEM.

11. [EXECUTE] (<lista de objetos>₁) : = <identificador de função> [(<lista de objetos>₂)] [<parâmetros>]

Efeito: a <lista de objetos>₁ fornece o(s) objeto(s) que resultará(ão) do processamento da função indicada por <identificador de função> sobre os eventuais objetos fornecidos na <lista de objetos>₂, usando-se os <parâmetros> (também opcionais) fornecidos.

12. FIM

Efeito: comando de encerramento de sessão.

13. INCLUA [*] <identificador de função>

Efeito: inclui no sistema a função denominada <identificador de função>. O caractere opcional * indica se a inclusão é temporária ou não. Uma inclusão temporária é restrita à sessão de trabalho onde a operação foi solicitada. Os dados relativos à função não serão armazenados permanentemente na TABFUNC. Somente os usuários do tipo programador do sistema poderão incluir funções nele. Estes usuários serão distinguidos dos usuários comuns por um <código do usuário> especial.

14. LEDISCO <identificador>

Efeito: realiza a leitura de um objeto denominado <identificador> que é armazenado em disco num formato apropriado.

15. LEIMAGEM <imagem>

Efeito: transfere uma <imagem> externa para o sistema SITIM.
(veja comando ESCIMAGEM)

16. LISTE [<lista de objeto> [<informações>] | <informações>]

Efeito: fornece as <informações> solicitadas sobre os objetos da lista. Quando não forem especificados quais <informações> são desejadas, todas as informações pertinentes serão oferecidas.

17. MOSTRE FUNC

Efeito: fornece a relação das funções de aplicação disponíveis no sistema SITIM.

18. MOSTRE SESSÃO [<identificador de objeto> , <identificador de função>]

Efeito: lista todos os comandos onde o <identificador de objeto> foi usado juntamente com o <identificador de função> durante a *sessão de trabalho*. Caso não sejam fornecidas as informações opcionais, serão listadas todas as ocorrências de objetos associados ao processamento de funções de aplicação.

19. MOSTRE OBJ [<tipo>]

Efeito: lista a partir do DIROB todos os objetos do <tipo>. Se <tipo> for omitido, todos os objetos de todos os tipos serão listados.

20. RETIRE <lista de identificadores de função>

Efeito: retira do sistema SITIM as funções especificadas na <lista de identificadores de função>. Por motivo de segurança e integridade do sistema, este comando somente será executado se for apresentado por um usuário do tipo programador do sistema.

21. TROQUE <identificador de objetos> POR <identificador>

Efeito: altera o nome do objeto denominado <identificador de objeto> para <identificador>.

22. !<identificador de função> [(<lista de objetos>₂)] [<parâmetros>]

Efeito: invoca funções sem objetos de saída.

23. ?

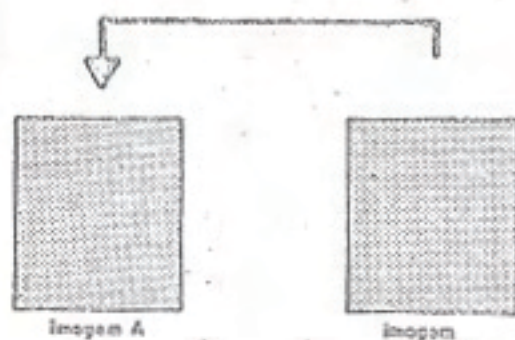
Efeito: este comando fornece informações gerais ao usuário sobre o sistema, como utilizar alguns comandos indispensáveis e como utilizar o sistema no *modo conversacional*.

24. ? <nome da função>

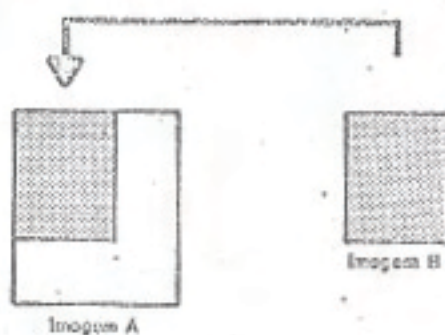
Efeito: invoca uma função de aplicação no *modo conversacional*.

O comando ? FIM SITIM não pertence ao repertório da linguagem LMO e consiste numa mensagem destinada a retirar o sistema SITIM da memória do computador hospedeiro.

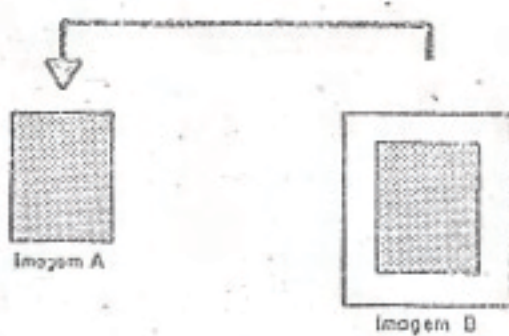
(A) $A \leftarrow B$



(B) $A:J_1 \leftarrow B$



(C) $A \leftarrow B:J_1$



(D) $A:J_1 \leftarrow B:J_2$

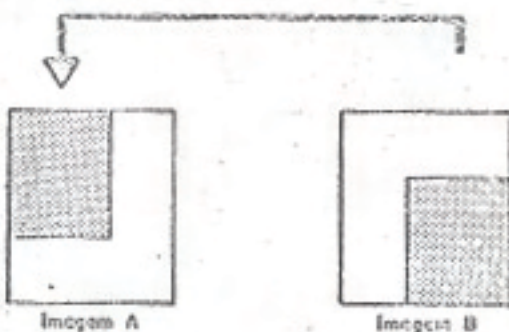


Fig. 5.1 - Operações de atribuição.

5.3 - DIAGRAMAS DE ESTADOS DO SISTEMA

Os sistemas interativos podem ser modelados por meio de diagramas finitos de estado (Parnas, 1969; Casey and Dasarathy, 1982; Jacob, 1983). Estes diagramas mostram o sistema interativo em termos de uma sequência discreta de eventos. Os eventos são os diferentes estados que o sistema pode apresentar atendendo aos diferentes estímulos do usuário.

O modelo de diagramas finitos de estado facilita a decomposição de um sistema complexo em subsistemas de menor grau de complexidade, tornando-se por isto uma ferramenta importante para o projeto de sistemas interativos.

A Figura 5.2 mostra o diagrama de estados do SITIM (suporte lógico). O sistema depois de carregado na memória do computador hospedeiro permanece num estado de espera até receber uma solicitação de um usuário (comando ALO, seguido do código usuário), quando então passa a operar no estado *sessão de trabalho*. Um comando FIM encerra uma sessão de trabalho, levando o sistema novamente para o estado de espera. Uma nova solicitação de um usuário levará o sistema a uma nova sessão de trabalho. O comando ? FIM SITIM retira o sistema do estado de espera, liberando a memória do computador hospedeiro para executar outros programas.

A Figura 5.3 refina o diagrama de estados, mostrado na figura anterior, detalhando o *modo conversacional*.

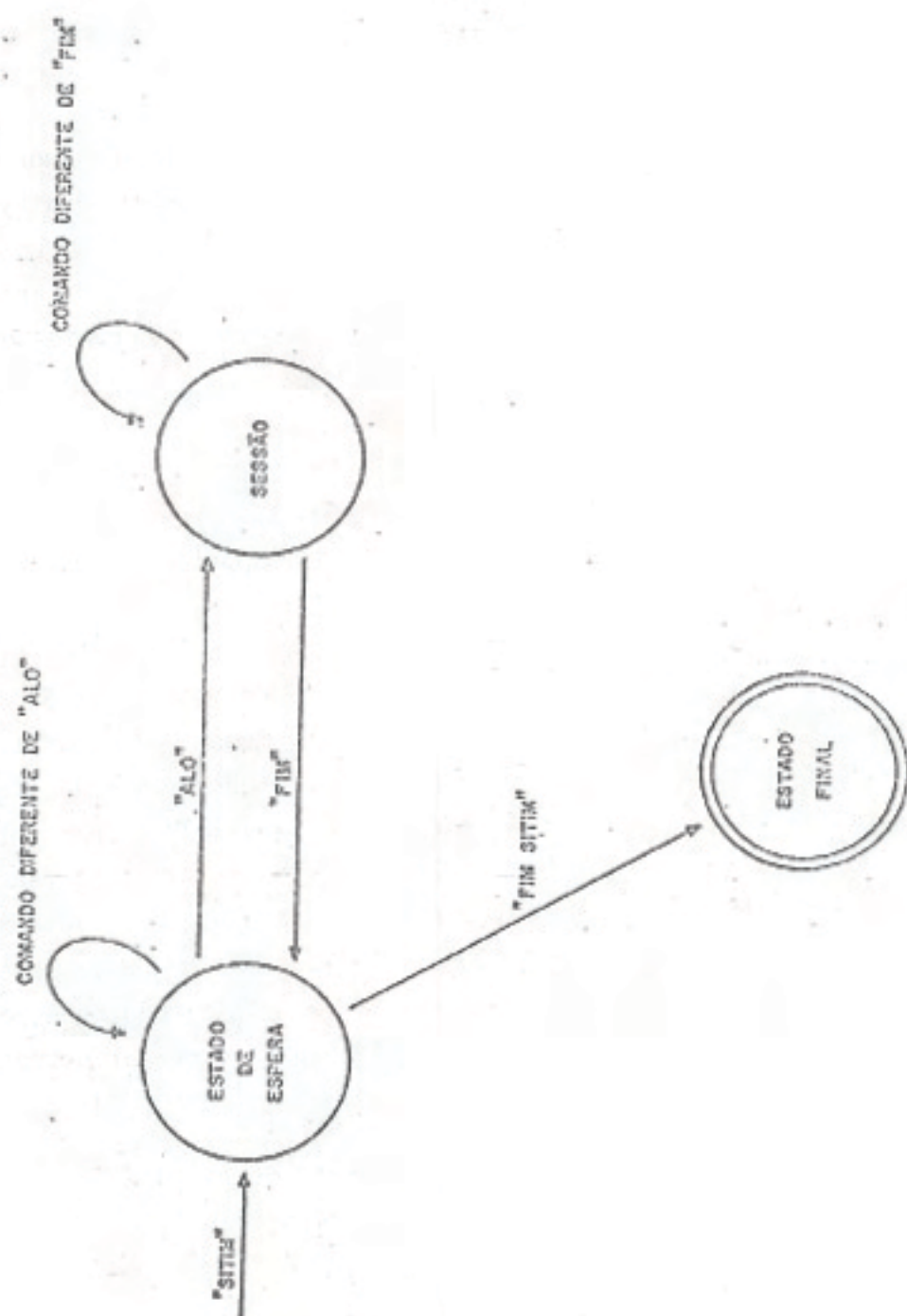


Fig. 5.2 - Diagrama de estados do sistema SITIM.

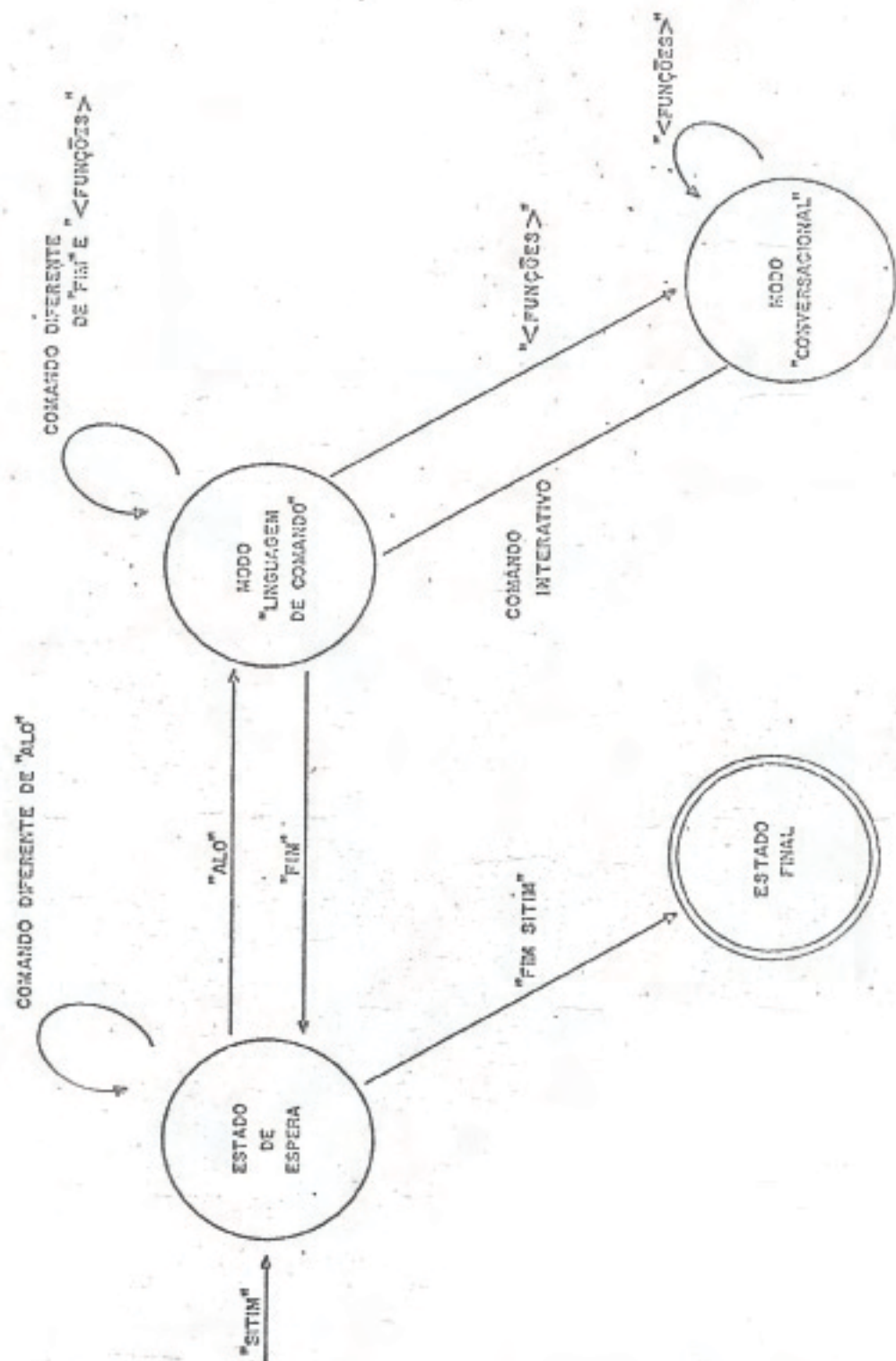


Fig. 5.3 - Diagrama de estados do sistema SITIM, detalhando o modo conversacional.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

O Módulo Supervisor do suporte lógico do sistema SITIM foi inteiramente programado em FORTRAN IV e implementado no minicomputador SISCO MB8000.

Com a finalidade de obter rotinas legíveis, de fácil manutenção e, por construção, mais confiáveis, o módulo foi codificado de acordo com regras sugeridas para o uso dos comandos FORTRAN (Silva Filho, 1978).

Cada rotina desenvolvida possui uma documentação interna constituída por um *cabeçalho comentário*. O *cabeçalho comentário* é colocado no início da rotina, constituindo-se de uma espécie de prólogo onde estão concentradas todas as informações referentes à rotina, numa maneira padronizada. Isto permitiu a geração de um documento para cada rotina, chamado *folha de referência*, através de uma ferramenta de documentação automatizada, especialmente desenvolvida para o projeto SITIM, denominada STMDOC (Oliveira e Santellano, 1983; Oliveira, 1984).

Antes de serem codificadas em FORTRAN, todas as rotinas foram escritas em pseudocódigo, de acordo com o que foi proposto por Oliveira e Velasco (1983).

O Módulo Supervisor por ter sido projetado de forma modular e ser independente da máquina onde está implementado (exceto pelo tratamento de caracteres, dos números inteiros e reais) é facilmente transportável (com pequenas adaptações) para outro ambiente computacional.

Para ser efetivado o transporte global do suporte lógico do sistema SITIM, o Módulo Gerenciador deve ser reescrito no que diz respeito ao acesso aos objetos, pois é dependente da máquina onde está implementado (Velasco e Lima, 1984).

A extensibilidade da linguagem LMO está limitada à dimensão da Tabela de Funções (TABFUNC) e às restrições de memória do sistema hospedeiro que trabalha num esquema de segmentação - "overlay" - (Lima, 1984).

Os detalhes de implementação do Módulo Supervisor, a descrição dos algoritmos em pseudocódigo, das estruturas de dados utilizadas, de formato da linguagem intermediária, do mecanismo de invocação das funções de aplicação do gerenciamento da memória estão descritos no Manual de Implementação do Módulo Supervisor (Santellano, s.d.).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, J.O.M.; GUERRA, P.C.P. *Um sistema para implantação de bancos de dados relacionais nos computadores das séries B7000/B6000*. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, jan. 1982. (INPE-2289-TDL/070).
- ANDREWS, H.C.; TESCHER, A.G.; KRUGER, R.P. Image processing by digital computer. *IEEE Spectrum*, vol. 9(7):20-32, jul. 1972.
- BOLC, L.; KULPA, Z., eds. *Digital image processing systems*. Berlin, Springer, 1981. (Lecture Notes in Computer Science, v. 109).
- BROWN, P.J. *Writing interactive compilers and interpreters*. Chichester, Wiley, 1979.
- CAMILLI, P.P.G. *Aspectos de um sistema de visualização de imagens*. Dissertação de Mestrado em Eletrônica e Telecomunicações. São José dos Campos, INPE, mar. 1983. (INPE-2682-TDL/125).
- CASEY, B.E.; DASARATHY, B. Modelling and validating the man-machine interface. *Software-Practice and Experience*, vol. 12, pg. 567-569, 1982.
- DUFF, M.J.B.; LEVIALDI, S. eds. *Languages and architectures for image processing*. London, Academic, 1981.
- GRIES, D. *Compiler construction for digital computers*. New York, Wiley, 1971.
- HARDY Jr., I.T. The syntax of interactive command language: A framework for design. *Software - Practice and Experience*, vol. 12, p. 67-75, 1982.
- HEFFLER, M.J. Description of a menu creation and interpretation system. *Software - Practice and Experience*, vol. 12, pg. 269-281, 1982.
- JACOB, R.J.K. Using formal specifications in the design of a human-computer interface. *CACM*, 26(4):259-264, abr. 1983.

- KOWALTOWSKI, T. *Implementação de linguagens de programação*. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1983.
- LIMA, U.M.B. *Sistema SITIM - Utilização do supervisor*. São José dos Campos, INPE, set. 1984. (INPE-3267-NTE/224).
- NAUR, P. ed. Revised report on the algorithmic language - ALGOL 60. CACM, 6(1):1-20, 1963.
- OLIVEIRA, J.L.; SANTELLANO, J. *Um sistema para geração automática de documentação*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 6., São José dos Campos, set. 1983. *Anais*. São José dos Campos, SEMAC, 1983, pg.239-240.
- OLIVEIRA, J.L.; VELASCO, F.R.D. *Uma proposta para o desenvolvimento e documentação de sistemas de programação do Laboratório de Tratamento de Imagem Digital*. São José dos Campos, INPE, fev. 1983. (INPE-2651-RPI/1077).
- OLIVEIRA, J.L. *STIMDOC - manual de uso*. São José dos Campos, INPE, mar. 1984. (INPE-3035-NT1/198).
- OLIVEIRA, J.R.; CAMILLI, P.P.G.; GARRIDO, J.C.P.; VELASCO, F.R.D.; LIMA, U.M.B. *Sistema interativo de tratamento de imagem (SITIM)*. São José dos Campos, INPE, nov. 1982. (INPE-2583-PRE/231).
- ONOE, M.; PRESTON Jr., K.; ROSENFELD, A. eds. *Real-time/parallel computing image analysis*. New York, Plenum, 1981.
- PALME, J. A human-computer interface for non-computer specialists. *Software-practice and Experience*, 9, (nº):741-747, 1979.
- PARNAS, D.L. On the use of transition diagrams in the design of a user interface for an interactive computer system. In: NATIONAL CONFERENCE ACM, 24., New York, 1969. *Proceedings*. New York, ACM, 1969, p. 179-183.
- PRESTON Jr., K.; UHR, L. eds. *Multicomputer and image processing algorithms and programs*. New York, Academic, 1982.
- SANTELLANO, J. *Sistema SITIM - Módulo Supervisor - manual de implementação*. São José dos Campos, INPE, a ser publicado.

- SETZER, V.W.; MELO, I.S.H. *A construção de um compilador*. Rio de Janeiro, Campus, 1983.
- SHNEIDERMAN, Ben. *Software psychology - human factors, in computer and information systems*. Cambridge, MA, Wintthrop Publishers, 1980.
- SILVA FILHO, Y.D. *Algumas técnicas de codificação e programação estruturadas*. In: PACITTI, T.; ATKINSON, C.P. *Programação e métodos computacionais*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1978, v.1, p.234-248.
- SMITH, E.A. The McIDAS system. *IEEE Transactions on Geoscience Electronics*, GE-13(3):123-136, July 1975.
- VELASCO, F.R.D.; LIMA, U.M.B. *Sistema SITIM - módulo gerenciador*. São José dos Campos, INPE, set. 1984. (INPE-3284-NTE/226).
- VELASCO, F.R.D.; LIMA, U.M.B. *Sistema SITIM - projeto preliminar do suporte lógico*. São José dos Campos, INPE, ago. 1982. (INPE-2489-NTE/190).
- VELASCO, F.R.D.; LIMA, U.M.B.; SANTELLANO, J.; OLIVEIRA, J.L. *Descrição do suporte lógico de um sistema de processamento de imagens*. São José dos Campos, INPE, jun. 1983. (INPE-2783-PRE/349).
- WAITE, W.M.; GOOS, G. *Compiler Construction*. New York, Springer, 1984.

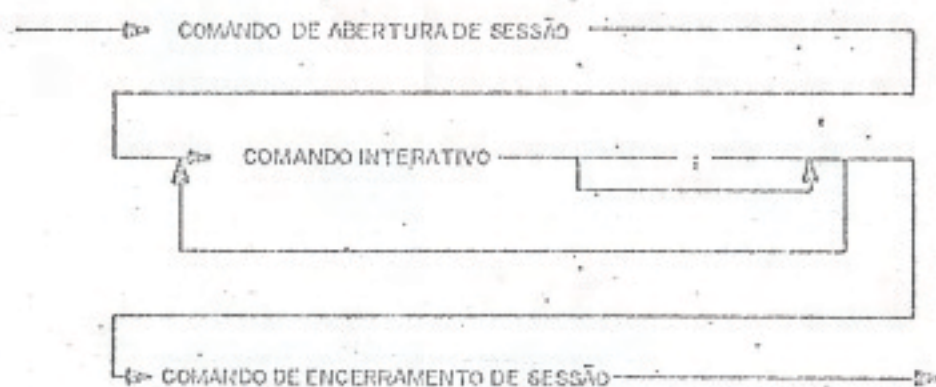
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BRACKEN, Peter A. ed. *Remote sensing software systems*. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of remote sensing*, Falls Church, VA, 1983, v.1, p. 807-839.
- GHEZZI, C.; JAZAYERI, M. *Conceitos de linguagem de programação*. Rio de Janeiro, Campus, 1985.
- HUNTER, R. *The design and constructions of compilers*. Chichester, Wiley, 1981.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Processamento de imagens no CNPq/INPE: Capacitação institucional e projeto SITIM*. São José dos Campos, jul. 1982.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) Grupo de Divulgação. *UAI-R, tecnologia espacial na previsão do tempo*. São José dos Campos, abr. 1984. (Nota nº 840 406/04): Divulgação para imprensa.
- PEREIRA, T.J. Tecnologia para previsão de tempo. *Dados e idéias*, 6(6): 24-26, maio 1981.
- SCHOLLFIELD, O. MM/1. A man-machine interface. *Software - practice and experience*, 10(9):751-763, 1980.
- VELASCO, F.R.D.; MASCARENHAS, N.D.A. *Image processing systems: a comparative analysis*. São José dos Campos, INPE, jul. 1982. (INPE-2464-NTE/188).
- WASSERMAN, A.I. *User software engineering and design of interactive systems*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING, 5., San Diego, CA, mar. 1981. *Proceedings*. New York, Computer Society Press, 1981, p.387-393.

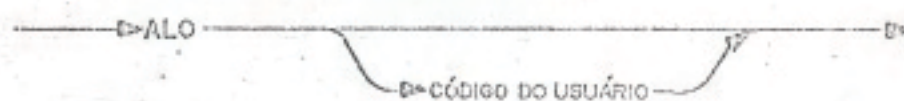
APÊNDICE A

DIAGRAMA SINTÁTICO DA LINGUAGEM LMO

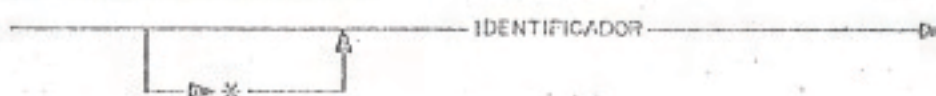
SESSÃO



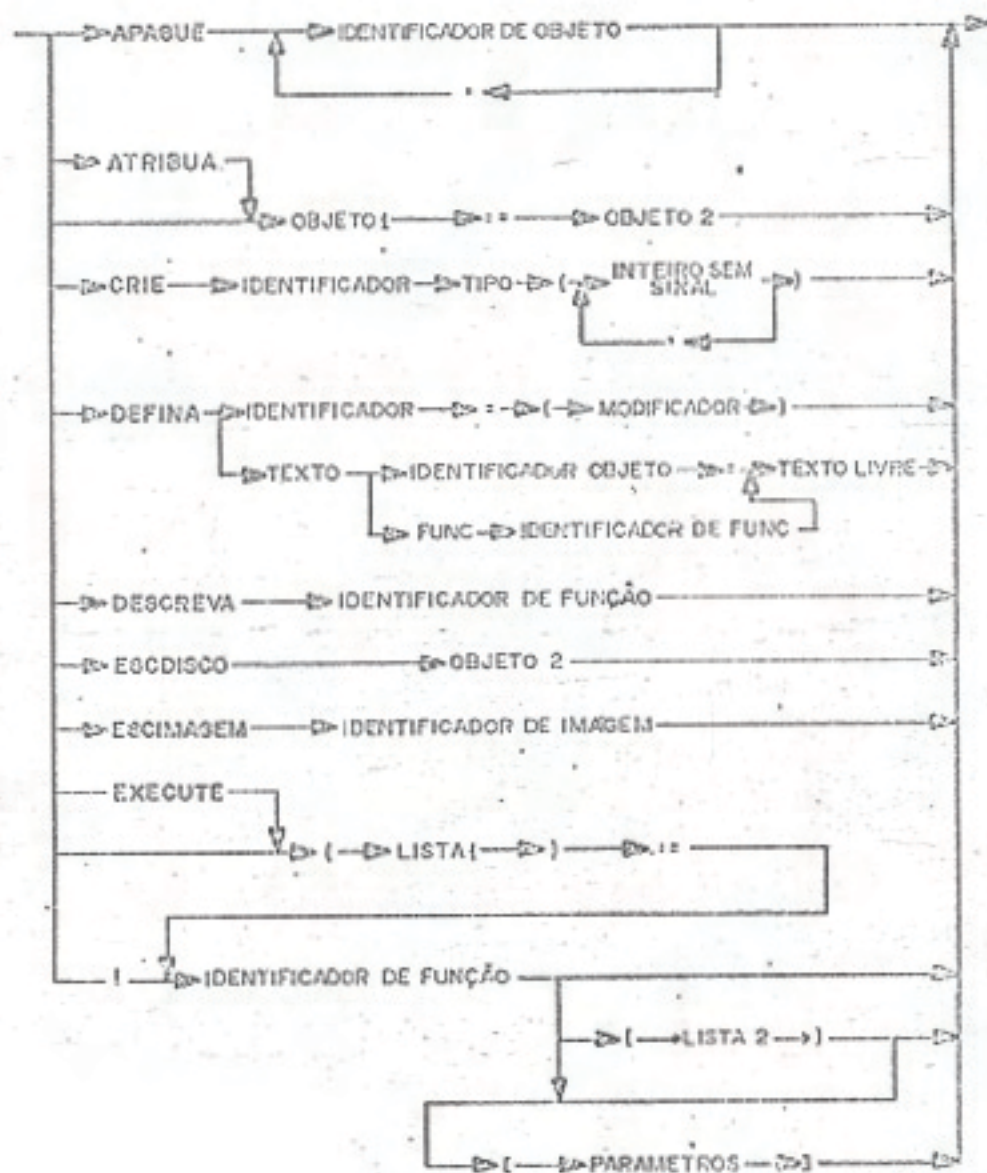
COMANDO DE ABERTURA DE SESSÃO

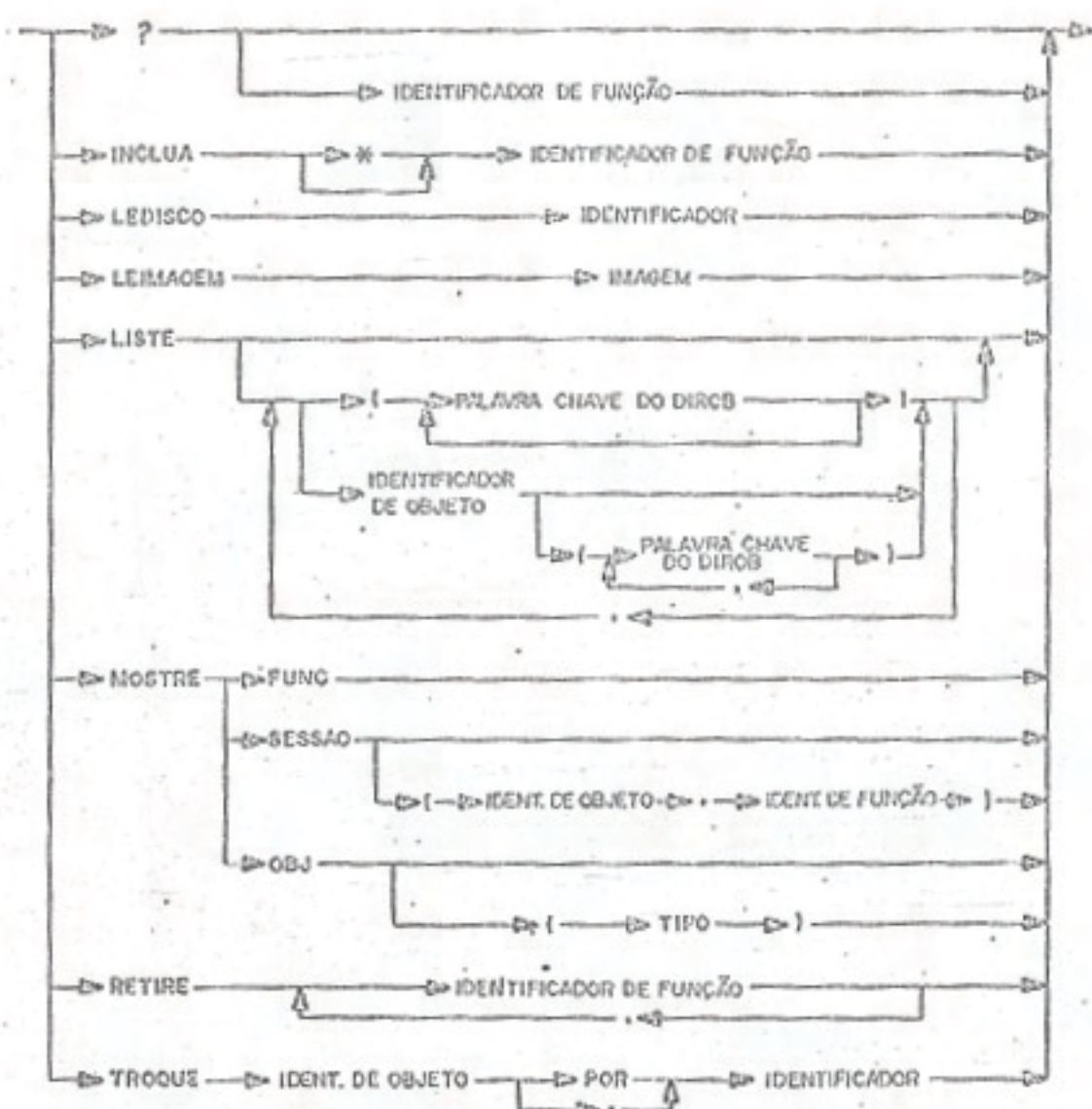


CÓDIGO DO USUÁRIO

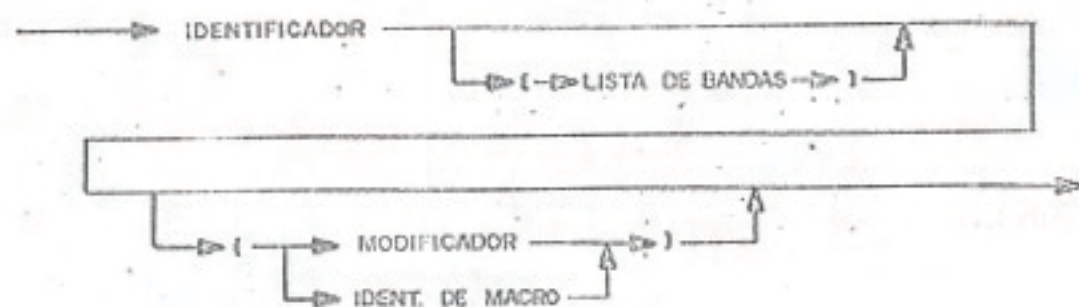


COMANDO INTERATIVO

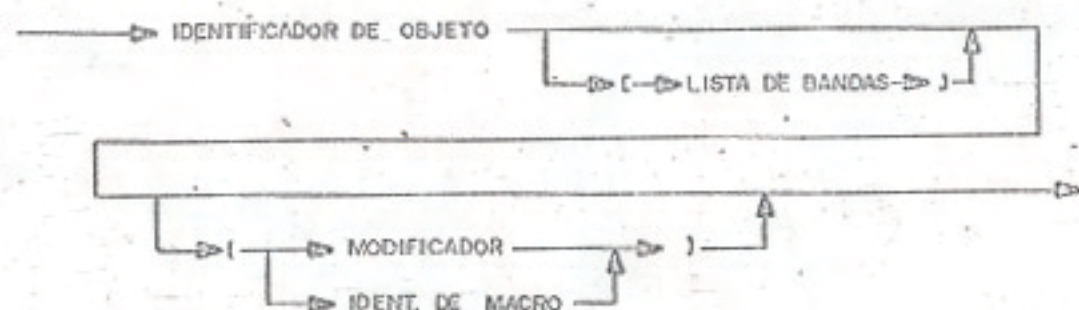




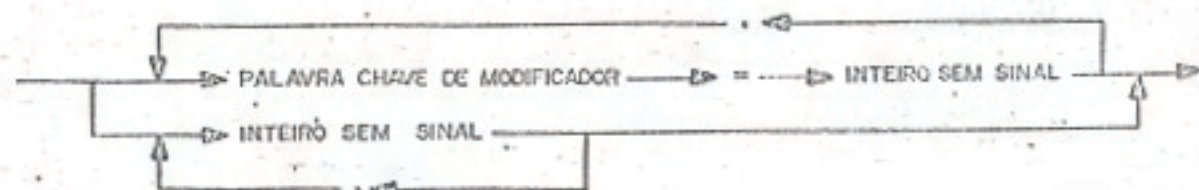
OBJETO 1



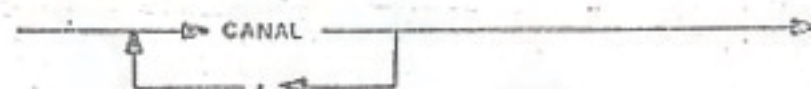
OBJETO 2



MODIFICADOR



LISTA DE BANDAS



CANAL



IDENTIFICADOR DE OBJETO



IDENTIFICADOR DE IMAGEM



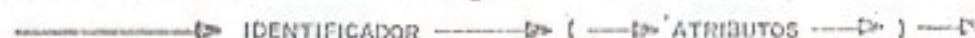
IDENTIFICADOR DE MACRO



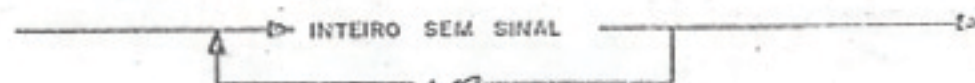
IDENTIFICADOR DE FUNÇÃO



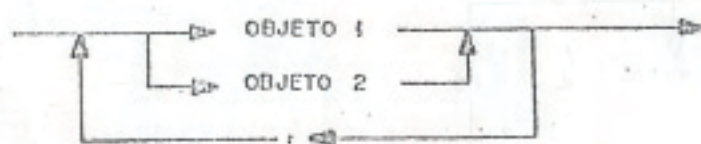
IMAGEM



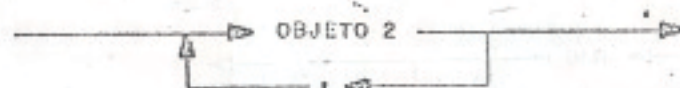
ATRIBUTOS



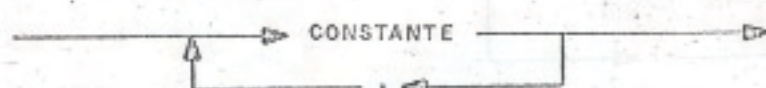
LISTA 1



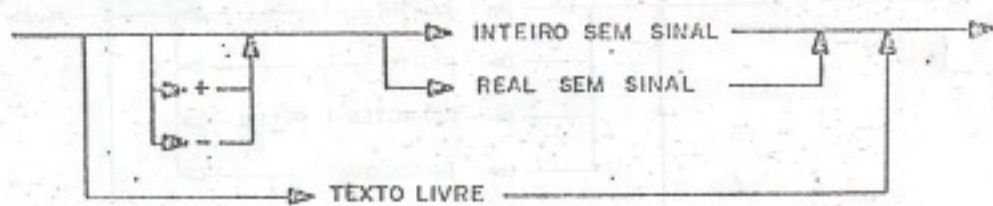
LISTA 2



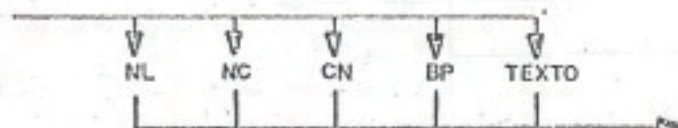
PARÂMETROS



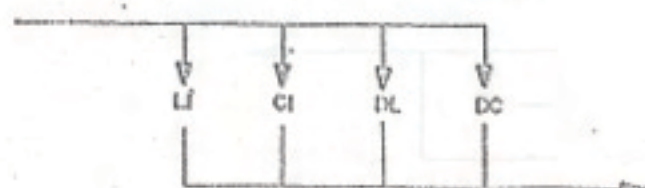
CONSTANTE



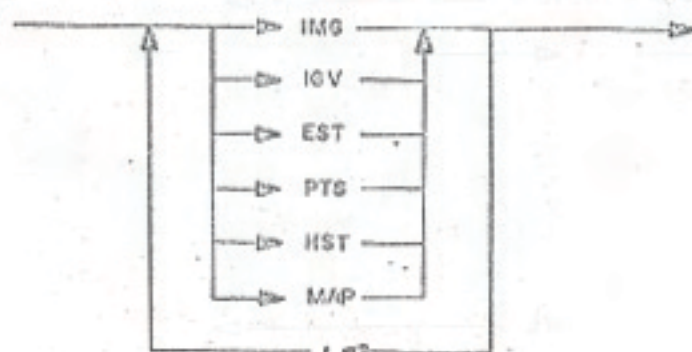
PALAVRA CHAVE DO DIROB



PALAVRA CHAVE DE MODIFICADOR



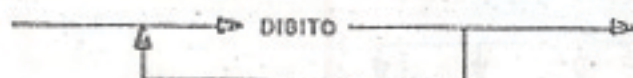
TIPO



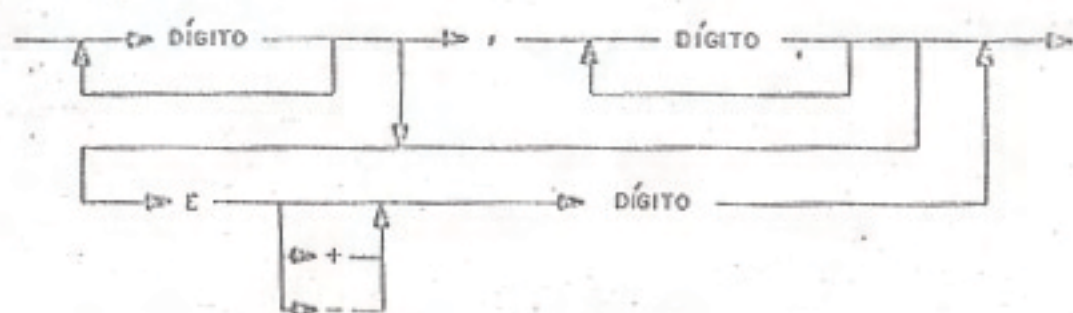
TEXTO LIVRE



INTEIRO SEM SINAL



REAL SEM SINAL



IDENTIFICADOR



COMANDO DE ENCERRAMENTO DE SESSÃO



