

SISTEMA INTERATIVO DE TRATAMENTO DE IMAGENS (SITIM)

JOSÉ ROBERTO DE OLIVEIRA
PAOLO PIO GABRIELE CAMILLI
JUAN CARLOS PINTO DE GARRIDO
FLÁVIO R. DIAS VELASCO
UBIRAJARA M. BARSOTI DE LIMA

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
- CNPq -
12200 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

RESUMO

Cada satélite da série SMS/GOES gera diariamente uma quantidade de dados superior a 10^{11} bits na forma de imagens. Para que se tenha uma idéia da grandeza do fluxo de dados recebidos, esse mesmo número de bits seria suficiente para acomodar a lista telefônica de toda a população da Terra. Entretanto, a densidade de informação relevante é baixa. O problema que se apresenta é portanto o de concentrar um fluxo muito grande de dados com baixa densidade de informação, em um volume menor de dados com alta densidade de informação relevante. O SITIM é um sistema para processamento de imagens que permite executar este tipo de tarefa, com base no conceito de uma interação estreita homem-máquina. O SITIM é composto de uma Unidade Analisadora de Imagens (UAI) controlada por um minicomputador com 300 MB de disco conectado a uma Estação Receptora de imagens SMS/GOES.

1. INTRODUÇÃO

Uma grande parte dos recentes avanços da meteorologia tem sido devida ao aumento da capacidade de observação da atmosfera propiciada pelos satélites meteorológicos. A Meteorologia é, provavelmente, a ciência que mais se tem beneficiado com o advento dos satélites artificiais.

Entre os principais serviços atualmente prestados pelos satélites meteorológicos incluem-se: imagens de cobertura de nuvens nas bandas espectrais do visível e do infravermelho; dados de radiância para determinação do perfil vertical de temperatura, do vapor d'água e do ozônio; retransmissão de boletins meteorológicos, cartas sinóticas e imagens processadas; retransmissão de dados coletados por plataformas automáticas.

Um dos satélites meteorológicos geoestacionários, atualmente em operação, o GOES-5, envia a cada 30 minutos uma imagem composta de dois canais (visível e Infravermelho), com um total de aproximadamente $1,4 \times 10^9$ bits (1,4 bilhões de bits a cada meia hora). Em um dia, a quantidade total de informações recebidas pode chegar a 67 bilhões de bits.

O INPE, após ter conseguido dominar a tecnologia relativa a estações receptoras de satélites meteorológicos, tem dado ênfase ao desenvolvimento de sistemas de transmissão de imagens, para atendimento aos usuários, e sistemas para extração automática de informações contidas nas imagens.

A Unidade de Análise de Imagens (UAI), atualmente em operação junto à Estação SMS/GOES, constitui o primeiro passo no desenvolvimento do Sistema Interativo de Tratamento de Imagens (SITIM), objeto deste trabalho. O projeto SITIM foi inspirado, no sistema McIDAS (Man-computer Interactive Data Access System) desenvolvido na Universidade de Wisconsin (SMITH, 1975 e SUOMI, 1977).

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Sistemas de processamento de imagens são sistemas computacionais que se destinam 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.

Dada a natureza das operações a serem realizadas nas imagens, em geral os sistemas de processamento de imagens são interativos, ou seja, pressupõem a existência de um operador humano (normalmente um especialista numa área de aplicação do sistema) que participa do fluxo de funcionamento do sistema.

A Figura 1 mostra, esquematicamente, as etapas existentes numa sessão típica do uso de um sistema de processamento de imagens.

Inicialmente há a leitura da imagem (ou imagens) e de outros dados que servirão de entrada para o processamento. A seguir é feito o processamento com parâmetros fornecidos pelo especialista. O resultado, em geral sob a forma de imagem, é apresentado ao especialista para análise. Caso o resultado seja considerado satisfatório é feita a saída para algum meio de armazenagem.

mento magnético (disco, fita), ou é gerada uma cópia permanente. O ciclo análise/processamento é reiniciado caso o resultado não seja considerado satisfatório.

Assim, além de dispositivos de entrada e saída de imagens, o sistema deverá dispor de meios de comunicação como especialista. Estes meios compreendem dispositivos físicos (visualizadores, terminais de vídeo e cursores), como também linguagens adequadas para a comunicação especialista - sistema. Esta 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.

Há dois tipos de pessoas que interagirão como o SITIM em sua fase operacional:

- usuários do sistema e que dele se utilizarão para suas aplicações (meteorologia, sensoriamento remoto, etc);
- programadores que farão a manutenção do sistema e adição de novas rotinas.

O sistema deverá prover a estes dois tipos de pessoas uma visão abstrata e uniforme do que seja uma imagem independente das características físicas dos meios de armazenamento das imagens. Assim, as operações serão definidas neste tipo de imagem sem que o usuário (programador) precise saber em qual ou quais arquivos, formato interno, etc, a imagem está armazenada.

Uma das características principais do SITIM deverá ser a sua facilidade de extensão, ou seja, os procedimentos para inclusão e retirada de rotinas do sistema deverão ser exatamente simples. Esta característica servirá para melhor adequar o sistema às diversas aplicações específicas.

Para a inclusão de novas rotinas, o sistema deverá fornecer um ambiente para o desenvolvimento de programas, de tal modo que, ao terminar o desenvolvimento de uma nova rotina, ela estará automaticamente integrada ao sistema.

O uso do SITIM se dará através de "sessões de trabalho". Em sua primeira versão só poderá haver, a cada instante, uma única sessão de trabalho. Em versões futuras prevê-se a existência de várias sessões de trabalho simultâneas, e a cada sessão de trabalho corresponderá um visualizador de imagens.

3. CONFIGURAÇÃO

A configuração final do SITIM, mostrada na Figura 2, estará apoiada em duas Unidades Centrais de Processamento (UCP) interligadas através de um sistema de disco de duas portas com capacidade de 600 MB.

A seção controlada pela UCP nº 1 é a de aquisição, e a controlada pela UCP nº 2 é denominada UCP de processamento.

O gravador de vídeo-cassete modificado viabiliza a gravação do grande volume de dados recebidos dos satélites GOES. Em uma fita cassete de 1 hora de duração é possível gravar da ordem de 11 imagens (no visível e infravermelho), o que representa um total de $1,5 \times 10^9$ bits de informação ou 15 gigabits. Para armazenar esta mesma quantidade de informações seriam necessárias 66 fitas comuns de computador.

Os dados periféricos fundamentais do sistema são os discos de 300 MB e o terminal do usuário, que é composto da Unidade de Análise de Imagens (UAI), de um terminal de vídeo alfanumérico e de um manche para cursor. A UAI será descrita mais detalhadamente na seção a seguir.

A razão de utilizar discos de 300 MB deve-se ao fato de que a imagem do canal visível transmitida pelo satélite GOES-5 contém 225 MB. Enquanto um disco está sendo carregado com dados pela UCP de aquisição, o outro pode estar sendo utilizado pela UCP de processamento.

4. DESCRIÇÃO DA UAI-SITIM

A UAI-SITIM ou simplesmente UAI-S (Figura 3) será controlada por um microcomputador, que receberá comandos do computador, do SITIM. Através de um terminal de vídeo ligado a este computador o usuário poderá programar os modos de operação de UAI, bem como obter, a qualquer instante, o estado de suas funções.

A entrada e saída de imagens pode se realizar à taxa até 600 k bytes/segundo, usando o canal DMA ("Direct Memory Access") do computador.

No diagrama de blocos da UAI-S (Figura 4) identificam-se três tipos de funções:

a) Uma Função de Análise de Dados que opera as imagens com saída pelo monitor de TV em cores;

b) Uma Função de Entrada e Saída de imagens para comunicação com dispositivos externos e realimentação interna das imagens;

c) Uma Função de Endereçamento que possibilita todo acesso à memória e recursos como o voo, o "zoom", o traçado gráfico interativo e a animação de imagens.

A memória admite imagens no formato de 512 pontos e 512 linhas, que correspondente à dimensão da tela do monitor de TV, e nos formatos múltiplos dessas dimensões até 4096 linhas (ver Figura 5). O circuito endereçador de entrada e saída tem acesso a subimagens definidas por um cursor retangular que o usuário determina com o objetivo de fazer transferências via interface DMA.

A imagem na memória pode ser constituída de 8 bits por "pixel" (256 níveis de cinza), 4 bits (16 níveis de cinza) ou 1 bit no caso de gráficos ou temas para realce.

Quando se opera com imagens de 4 bits, a capacidade máxima configurável é de 128 imagens de 512 pontos por 512 linhas.

Uma imagem em cores verdadeiras é constituída das três componentes correspondentes às cores primárias: vermelho, verde e azul do sistema de TV em cores. Adicionalmente, a imagem pode ter associada uma quarta componente correspondente aos planos (no máximo 8) gráficos e temáticos.

Os sinais de vídeo e sincronismo produzidos no sistema são compatíveis com os padrões brasileiros de televisão (PAL-M). Uma aplicação bastante recomendada é a vídeo-cassete, que pode ser utilizado para gravar as imagens de televisão. Ele constitui um meio de arquivo bastante poderoso, com capacidade até 2000 "instantâneos" de imagens (com 2 segundos de duração) para uma fita U-Matic de uma hora. Essa característica é empregada na animação de sequências de imagens, com possibilidade de pausa, quadro a quadro, nos aparelhos de vídeo cassete mais sofisticados.

4.1 - PROGRAMAÇÃO DE CONTROLE DA UAI-S

A programação ou mudança na realização de determinada tarefa na UAI-S é realizada por um microcomputador a partir de um comando que identifica tanto a placa que se deseja programar, como os dados de programação (veja Figura 6). Quando se quer verificar o status de qualquer placa, o comando apenas identifica o endereço da placa que executa aquela operação.

4.2 - EXEMPLO DE ESTRUTURAS DE COMANDO

A seguir será descrita como exemplo a estrutura do comando a ser enviado para a UAI-S para execução da tarefa CURSOR.

Estão previstos dois tipos de cursores na UAI-S: um cursor denominado posição e outro velocidade. Neste exemplo será discutido apenas o cursor de velocidade. Este cursor pode-se apresentar de três formas diferentes: um retângulo, uma cruz e uma cruz interna ao retângulo.

A instrução de comando terá o seguinte formato:

CV M, X1, X2, Y1, Y2;

onde:

CV é o identificador da placa do cursor de velocidade;
M indica o modo de operação do cursor (cruz, retângulo,...)
(X1 Y1) é a coordenada do canto superior esquerdo;
(X2 Y2) é a coordenada do canto inferior direito;
o ponto e a vírgula é o delimitador de comando.

Para leitura do estado da placa do CURSOR de velocidade basta enviar o identificador da placa seguido do delimitador ";" ou seja:

CV;

5 - SUPORTE LÓGICO

O suporte lógico do SITIM está organizado em quatro módulos:

- Supervisor;
- Gerenciador de Imagens;
- Programas de Aplicação;
- Biblioteca de Sub-rotinas.

O Supervisor (SUPER) será responsável pela análise dos comandos do usuário e provimento para a execução destes comandos. O Gerenciador de Imagens (GEREN) será responsável pela entrada e saída de imagens do sistema, armazenamento e acesso a estas imagens. Os programas de aplicação (APLIC) serão responsáveis pela manipulação das imagens e algum tipo restrito de saída das imagens. As sub-rotinas de uso geral e de uso por mais de um módulo do sistema estarão reunidas em uma Biblioteca (TECA). À exceção do Supervisor, estes módulos serão coleções de tarefas e/ou sub-rotinas geralmente independentes, mas que são funcionalmente relacionadas. A Figura 7 mostra o grafo de chamadas do sistema.

5.1 - SUPERVISOR

Especificamente, o Supervisor terá como funções principais:

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

A comunicação entre o sistema e o usuário far-se-á através de uma linguagem que deverá permitir:

- abertura e fechamento da sessão de trabalho: atribuem-se valores iniciais aos parâmetros do sistema, ou seja, hora, dia, etc; no fechamento, as áreas de trabalho são liberadas, e as imagens criadas durante a sessão são descartadas;
- acesso às informações acerca das imagens: atributos, por exemplo e alteração dos nomes das imagens;
- operações de gerência de imagem, envolvendo criação, cópia, apagamento etc: estas ações serão realizadas através de chamadas adequadas a rotinas do Gerenciador;
- operações de manipulação do conteúdo das imagens: estas operações serão realizadas através chamadas adequadas a rotinas de Aplicação e de Gerência.

Será mantido um registro de todas as transações efetuadas durante a sessão ou pelo menos daquelas que tiverem sido realmente executadas.

5.2 - GERENCIADOR DE IMAGENS

As imagens definidas numa sessão deverão residir na memória secundária (disco magnético) sob a forma de arquivos. O acesso às imagens deverá ser feito sem que o usuário ou programador tenha necessidade de saber detalhes do armazenamento destas imagens. O conjunto de informações sobre as imagens estará residindo no DIRIM (Diretório de Imagens). Embora o Supervisor tenha acesso ao DIRIM, só o Gerenciador poderá inserir/alterar informações contidas no DIRIM.

Para facilidade de manipulação de imagens, serão adotados formatos padrões para as imagens do sistema. Podem-se distinguir dois formatos SITIM:

- formato interno, que diz como as imagens serão armazenadas em disco, durante a sessão de trabalho;
- formato externo, que diz como as imagens serão armazenadas em disco ou fita magnética, externamente ao sistema.

As rotinas principais que compõem o módulo de gerência são:

1. Cria imagem: cria nova imagem no DIRIM, de acordo com nome e atributos fornecidos; reserva área de disco (arquivos) para a imagem.
2. Apaga imagem: suprime uma imagem do DIRIM; libera área no disco ocupada pela imagem.
3. Muda nome de imagem: associa um novo nome a uma imagem já existente.
4. Fornece informação sobre uma imagem do DIRIM: fornece informações requisitadas e contidas no DIRIM.
5. Cópia de imagem: cópia imagem (ou subimagem) numa outra imagem (ou subimagem).

6. Entrada de imagens que estão no formato externo SITIM : imagens (em fita ou disco) que estão no formato externo são lidas; e informações do cabeçalho são usadas para preencher o DIRIM.
7. Saída de imagens para o formato externo SITIM: escrevem-se (em fita ou disco) imagens do sistema; a informação contida no DIRIM irá constituir o cabeçalho do arquivo.
- 8 e 9. Entrada/saída de imagens que não estão no formato externo SITIM: a rotina adquire, do usuário, informações sobre o formato e lê (ou escreve) a imagem neste formato.
- 10 e 11. Lê/escreve linha na imagem: dada a imagem, o canal e a linha, e o modo (formato externo da linha), a rotina lê/escreve linha na imagem.

As 9 primeiras rotinas serão implementadas como tarefas as síncronas. Deste modo procurar-se-á minimizar a utilização da memória principal, uma vez que as rotinas só residirão na memória por ocasião de sua execução. As duas últimas rotinas descritas (lê/escreve) deverão ser implementadas como sub-rotinas, para que não haja necessidade de carregar a rotina a cada leitura/escrita.

5.3 - ROTINAS DE APLICAÇÃO

As rotinas de aplicação serão responsáveis pela transferência de imagens de (ou para) a memória de imagens e manipulação de imagens que poderão (ou não) produzir novas imagens. A Figura 8 mostra, de forma esquemática, as possíveis entradas e saídas de uma rotina de aplicação.

Ao fim de sua primeira fase de desenvolvimento, o SITIM deverá contar com um conjunto mínimo de rotinas, conjunto este que deverá, todavia, satisfazer grande parte das necessidades de processamento.

No processamento de imagens meteorológicas uma aplicação típica (CHATTERS e SUOMI, 1975) é a determinação do campo de ventos a partir do deslocamento de nuvens em imagens sucessivas. Basicamente, o que se procura neste caso é usar nuvens-alvo que são acompanhadas ao longo do tempo. Assume-se que o vetor vento é igual ao vetor deslocamento da base da nuvem considerada, com a condição de que esta seja pouco desenvolvida verticalmente.

Como nuvens de diferentes altitudes podem ter diferentes tipos de movimento é necessário inicialmente aplicar um algoritmo para a determinação de altura de nuvens.

O campo de vento para uma grade de espaçamento uniforme pode ser obtido por interpolação sobre o campo de vento determinado em pontos distribuídos não-uniformemente. Diversos parâmetros meteorológicos poderão então ser calculados: contornos de divergência, vorticidade funções de corrente, etc...

5.4 - BIBLIOTECA DE SUB-ROTINAS

As sub-rotinas desenvolvidas que tenham uso possível em várias rotinas do SITIM serão reunidas em uma biblioteca para facilitar seu uso e evitar duplicação de esforços. Exemplo de uma tal sub-rotina seria a que lê/escreve o curso do monitor de televisão.

A sequência de implementação de cada módulo do SITIM será: primeiro o Gerenciador e Supervisor e depois o módulo de Aplicações. A Biblioteca de sub-rotinas será desenvolvida ao longo do desenvolvimento dos diversos módulos. Esta sequência visa implementar inicialmente os módulos que constituem o núcleo do sistema de tal modo que, quando as rotinas de aplicação forem desenvolvidas, haja um ambiente para isto.

6 - CONCLUSÃO

Procurou-se demonstrar neste documento as características mais importantes de um Sistema Interativo de Processamento de Imagens, em desenvolvimento no INPE, denominado SITIM.

O aspecto da aquisição em tempo real tem a seu favor a utilização de unidades de vídeo-cassete modificadas e uma linguagem desenvolvida especialmente.

Dois discos de duplo acesso e grande capacidade possibilitam o fluxo das imagens da UCP de aquisição para a UCP de processamento.

Além dos discos de duplo-acesso, o periférico, mais importante da UCP de processamento é a unidade de Armazenamento e Análise de Imagens, UAI, que permite a visualização em cores da área de trabalho e facilita a interação do usuário com todo o sistema.

O suporte lógico para utilização do SITIM está organizado em módulos, constituídos de tal maneira a facilitar a inclusão e retirada de rotinas do sistema, e a linguagem utilizada, embora poderosa, tem uma estrutura simples e suficiente para ser facilmente dominada.

Pretende-se com esse sistema obter uma maior eficiência na interpretação das imagens de satélite obtidas pelo INPE, ao mesmo tempo em que se está gerando capacitação tanto na área de processamento de imagens, quanto no domínio em si da tecnologia desse tipo de equipamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Dr. Antônio Divino Moura e Dr. Múcio Roberto Dias o apoio dado; a Michael A. Fortune pela revisão do manuscrito e a Luiza M. Yamashita pela montagem e datilografia.

Esta pesquisa foi em parte financiada pelo convênio CNPq/INPE/FINEP B/54-81/042/00/00.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHATTERS, GARY C.; SUOMI, VERNER E. The applications of McIDAS IEEE Transactions on Geoscience Electronics, GE-13(3): 137-146, July 1975.

SMITH, ERIC A. The McIDAS System. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, GE-13(3): 123-136, July 1975.

SUOMI, VERNER E. An Introduction to McIDAS. In: Interactive Video Displays for Atmospheric Studies; proceedings of a workshop held Madison, WI, 14-16 June, 1977. Madison, WI, University of Wisconsin, Space Science and Engineering Center, 1977 p. 2-9-

ABSTRACT

INTERACTIVE IMAGE PROCESSING SYSTEM (SITIM)

Each GOES satellite sends over 10^{11} bits of data daily in the form of images of the Earth. This volume of data would be enough to store a telephone directory that includes every person on Earth. The density of useful data, however, is low. The problem can be stated as how to convert a large data stream with a low density of information into a small data stream with a high density of relevant information. The SITIM is a digital image processing system which can this type of conversion because it takes advantage of man-machine interaction. The SITIM consists of an Image Analysis Unit (UAI) with television displays, controlled by a minicomputer with a large volume (300 mb) of disk storage and which accepts data streams from a GOES Satellite direct receiving station.

C.D.U. - 621.376.5

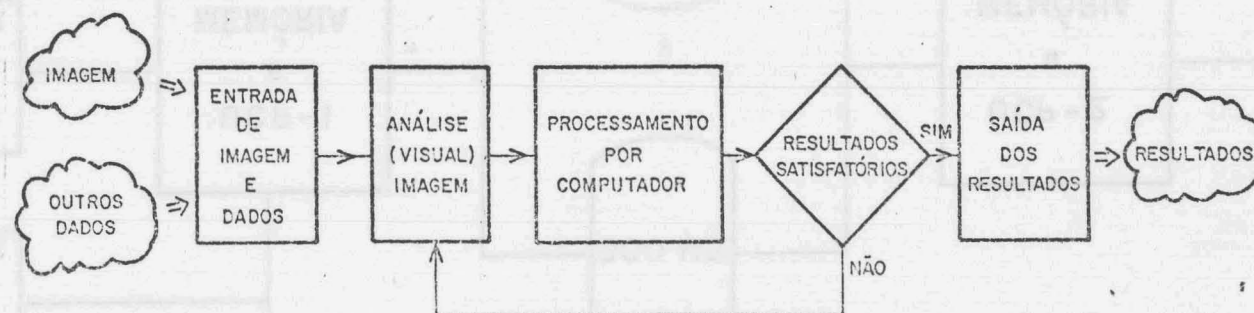


Fig. 1 - Etapas de processamento interativo de imagens.

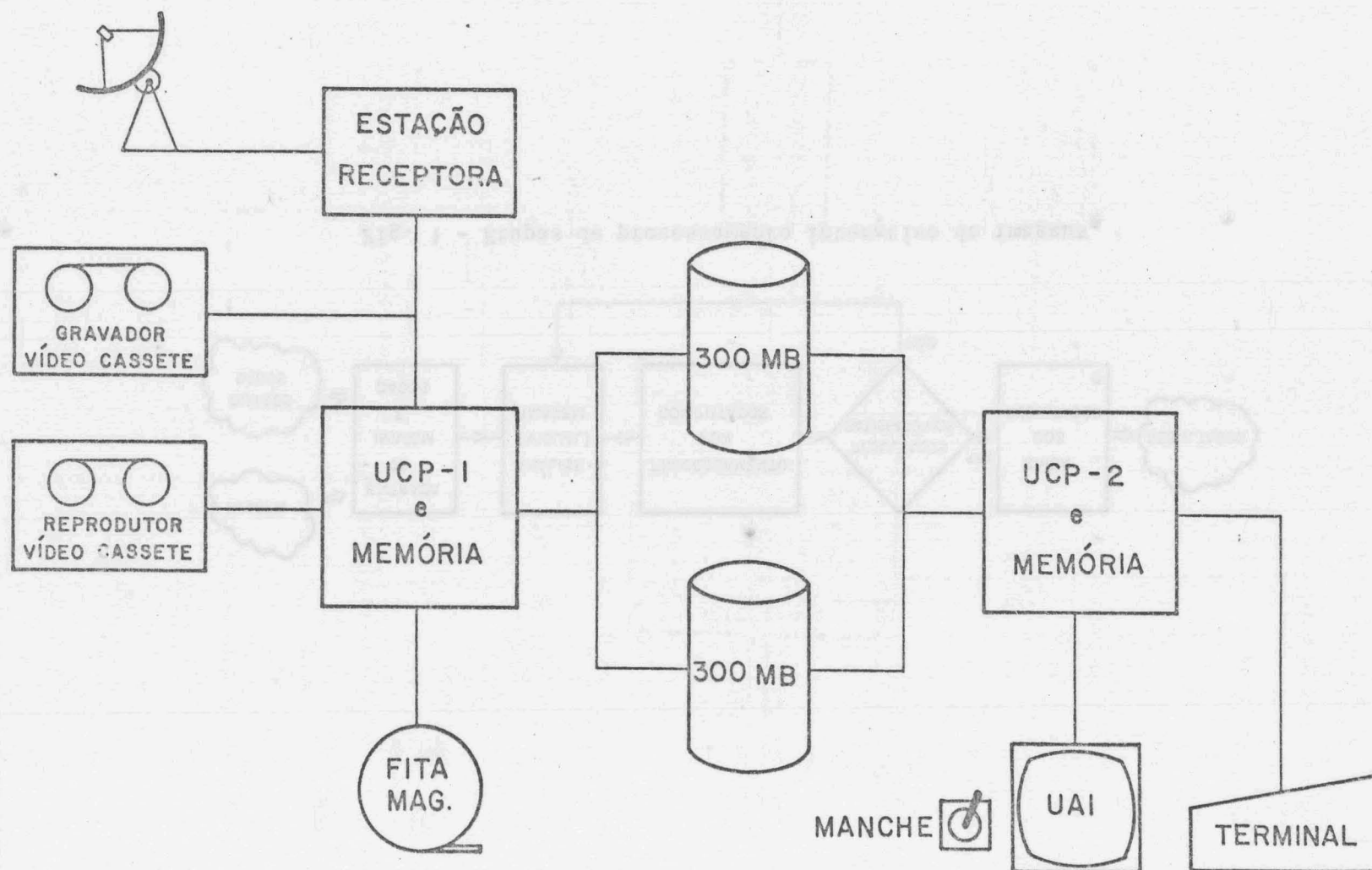


Fig. 2 - Elementos básicos do SITIM.

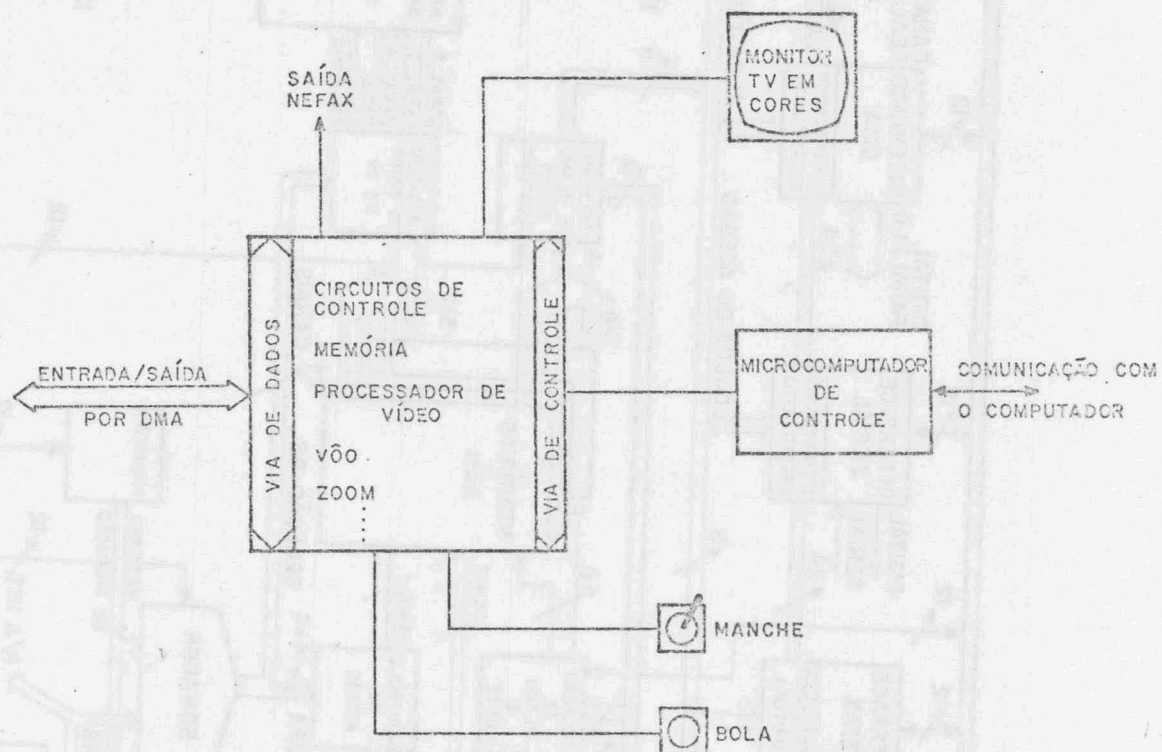


Fig. 3 - Unidade de análise de imagens.

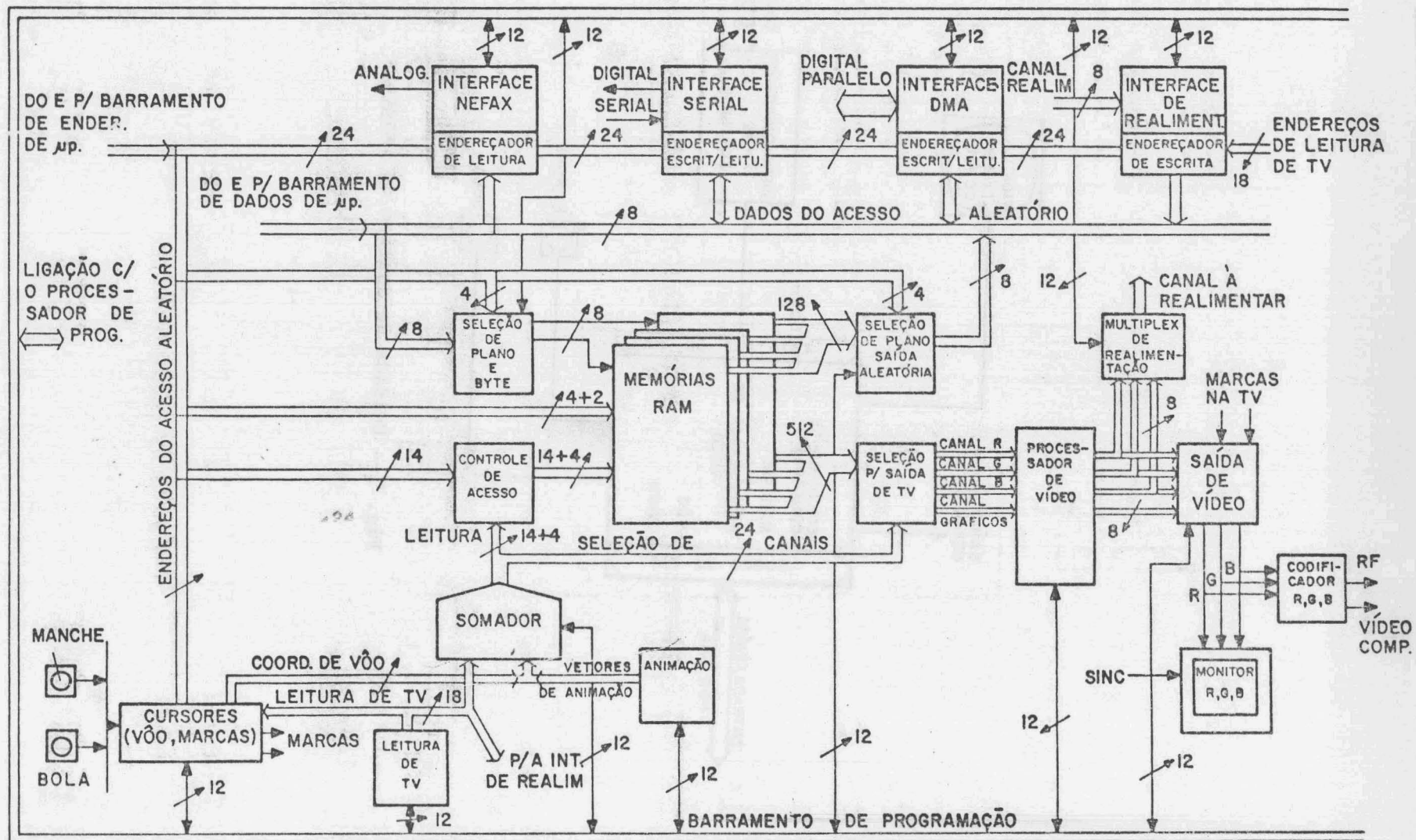


Fig. 4 - Diagrama de blocos da UAI-S.

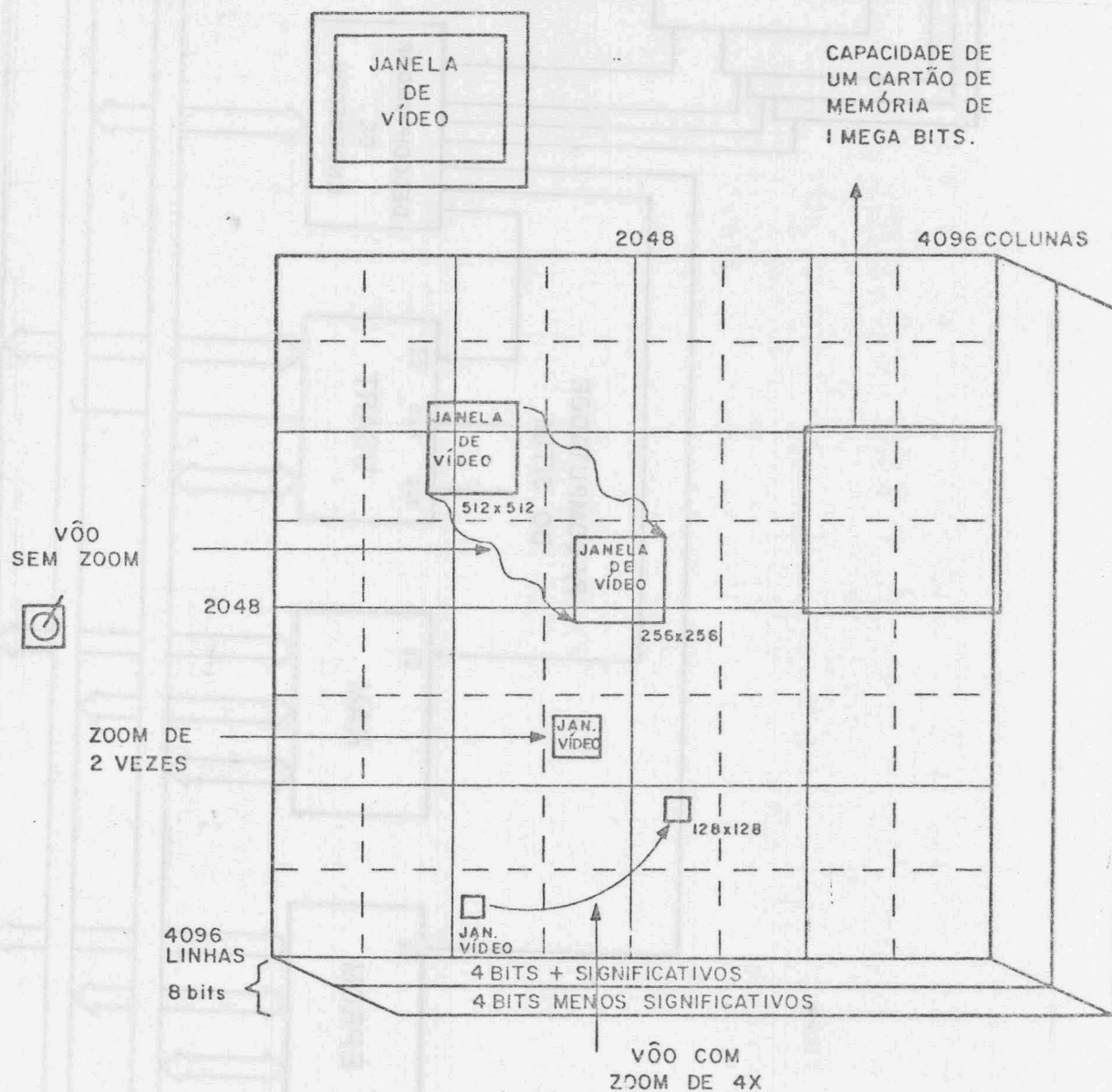


Fig. 5 - Configuração da memória, vôo e zoom.

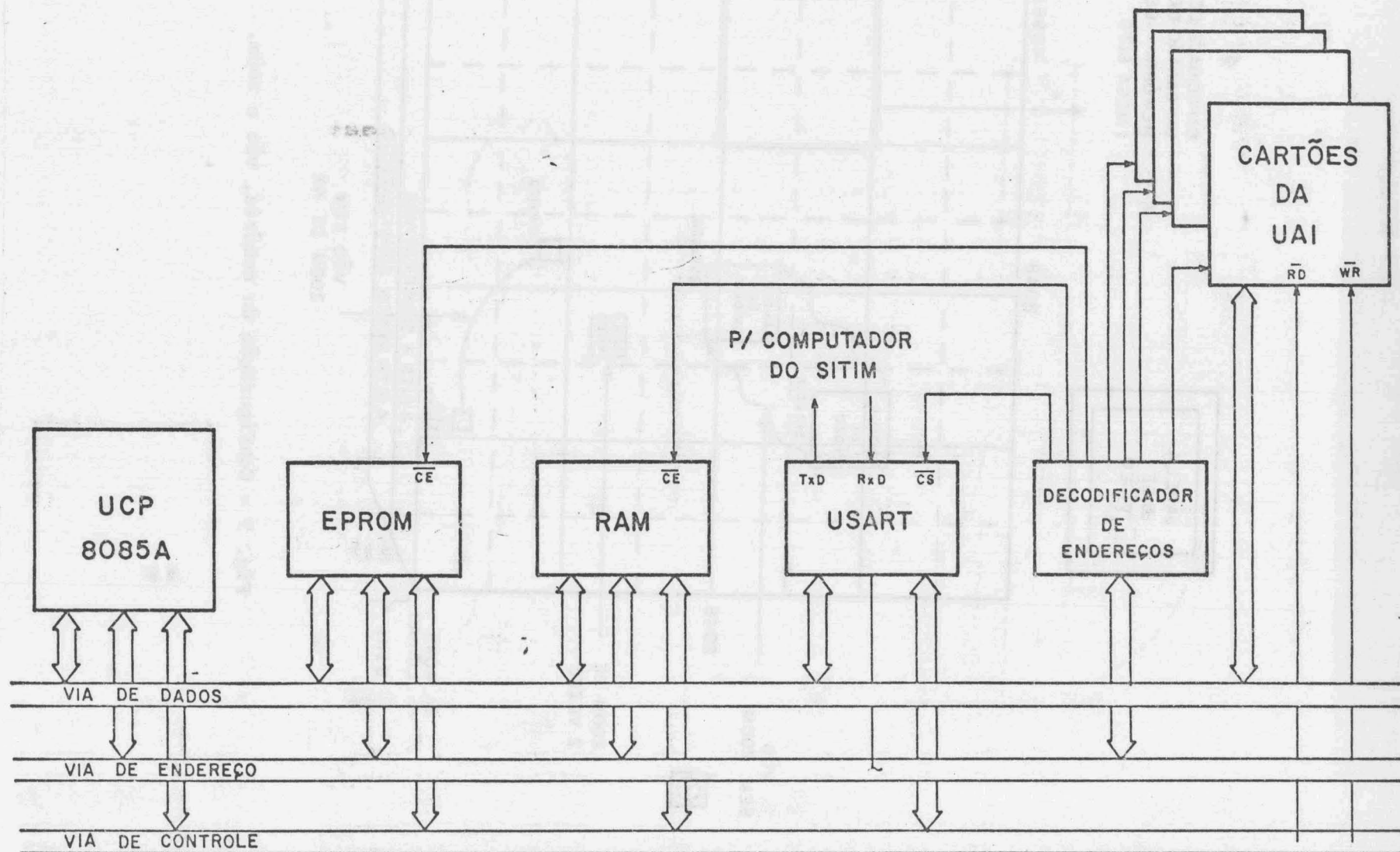


Fig. 6 - Microcomputador de controle da UAI.

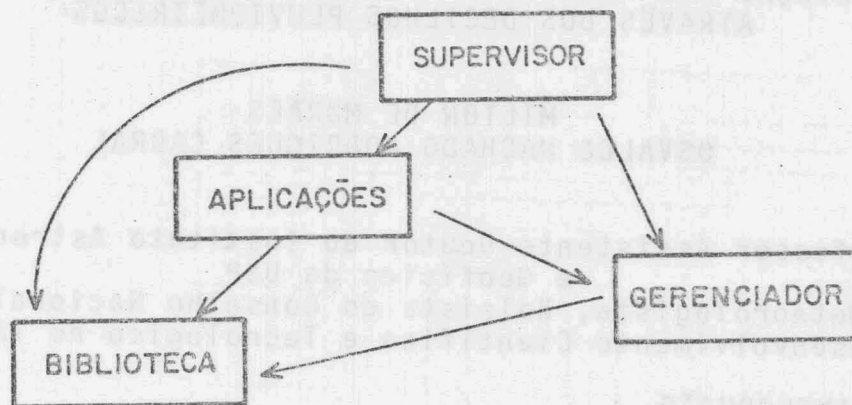


Fig. 7 - Fluxo dinâmico do sistema.

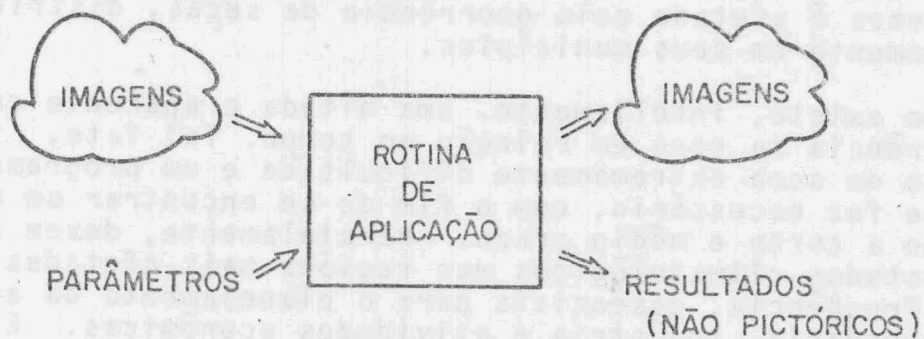


Fig. 8 - Entradas e saídas de uma rotina de aplicação.