

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

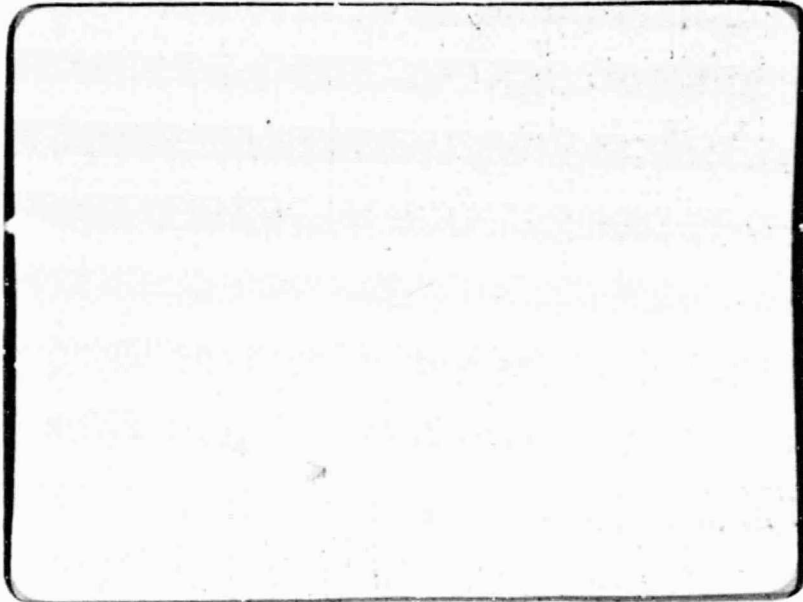
- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

NASA-CR-174126



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPUBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

E85-10035



RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE: 10-25-84
DCAF NO. 00619172
PROCESSED BY
 NASA STI FACILITY
 ESA-3DS AIAA

(E85-10035 NASA-CR-174126) SPECIFICATION
AND PRELIMINARY DESIGN OF THE CARTA SYSTEM
FOR SATELLITE CARTOGRAPHY (Instituto de
Pesquisas Espaciais, Sao Jose) 52 p
HC A04/MF A01

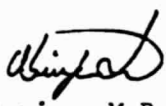
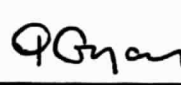
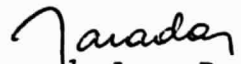
N85-12414

Unclas
00035

CSCS 08F G3/43



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº <i>INPE-3256-PRE/593</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1984</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DIN/DPI</i>	Programa <i>CARTA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>IMAGENS MSS LANDSAT EQUAÇÕES DE COLINEARIDADE</i> <i>CORREÇÃO GEOMÉTRICA</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7</i>			
8. Título <i>ESPECIFICAÇÃO E PROJETO PRELIMINAR DO SISTEMA</i> <i>CARTA PARA CARTOGRAFIA POR SATÉLITE</i>		10. Páginas: <i>53</i>	
		11. Última página: <i>46</i>	
9. Autoria <i>Antonio José Ferreira Machado e Silva</i> <i>Fernando Augusto Mitsuo Ii</i> <i>Gilberto Câmara Neto</i> <i>Paulo Roberto Martins Serra</i> <i>Ricardo Cartaxo Modesto Souza</i>		12. Revisada por  <i>Ubirajara M.B. de Lima</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor Geral	
14. Resumo/Notas <i>As imagens digitais obtidas por satélite apresentam distorções geométricas inerentes devido às características do sensor e às variações da plataforma. No INPE está sendo desenvolvido um sistema computacional para corrigir geometricamente imagens digitais do sensor MSS do satélite LANDSAT. Tais imagens corrigidas serão úteis tanto para a geração de carta quando para o mapeamento temático. Exemplos importantes são a geração de cartas-imagem LANDSAT para a região Amazônica e a obtenção de imagens digitais em projeção desejada para a integração em um Sistema Geográfico de Informação.</i>			
15. Observações <i>Apresentado na 36ª Reunião Anual da SBPC, que realizou-se de 04 a 11 de julho de 1984 em São Paulo - SP.</i>			

ABSTRACT

Digital imagery acquired by satellite have inherent geometrical distortion due to sensor characteristics and to platform variations. In INPE a software system for geometric correction of LANDSAT MSS imagery is under development. Such conected imager will be useful for map generation and thematic mapper. Important examples are the generation of LANDSAT "Image-charts" for the Amazon region and the possibility of integrating digital satellite imagery into a Geographic Information System.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
1. <u>PROPÓSITO DO SISTEMA</u>	1
1.1 - Objetivos	1
1.2 - Ambiente computacional	2
2. <u>DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA</u>	3
2.1 - Descrição global (entradas/saídas)	3
2.2 - Fluxograma do sistema CARTA	4
2.3 - Definição dos arquivos	7
2.4 - Política de arquivos	15
3. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 0 - GERENCIAMENTO</u>	16
3.1 - Objetivos	16
3.2 - Entradas/saídas	16
3.3 - Ambiente/fluxograma	17
4. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 1 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA IMAGEM</u>	18
4.1 - Objetivos	18
4.2 - Entradas/saídas	18
4.3 - Ambiente/fluxograma	18
4.4 - Descrição funcional	20
5. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 2 - AQUISIÇÃO DE CCT</u>	22
5.1 - Objetivos	22
5.2 - Entradas/saídas	22
5.3 - Ambiente/Fluxograma	22
6. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 3 - BIBLIOTECA DE GCP</u>	25
6.1 - Objetivos	25
6.2 - Entradas/saídas	25
6.3 - Descrição funcional	26
7. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 4 - EQUACIONAMENTO GEOMÉTRICO DA IMAGEM</u>	29

	<u>Pág.</u>
7.1 - Objetivos.....	29
7.2 - Entradas/saídas.....	29
7.3 - Ambiente/fluxograma.....	30
8. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 5 - REAMOSTRAGEM</u>	35
8.1 - Objetivo.....	35
8.2 - Entradas/saídas.....	35
8.3 - Ambiente/fluxograma.....	35
9. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 6 - MOSAICO</u>	38
9.1 - Objetivos.....	38
9.2 - Entradas/saídas.....	38
9.3 - Ambiente/fluxograma.....	39
10. <u>DESCRIÇÃO DO MÓDULO 7 - GERAÇÃO CCT SAÍDA</u>	40
10.1 - Objetivos.....	40
10.2 - Entradas/saídas.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Configuração do sistema CARTA	2
2 - Fluxo de processamento do sistema CARTA	6
3 - Distribuição dos arquivos do sistema CARTA	8
4 - Ambiente para o módulo de Gerenciamento	17
5 - Fluxograma para o módulo de Gerenciamento	17
6 - Ambiente para o módulo de Determinação dos Parâmetros	19
7 - Fluxograma para o módulo de Determinação dos Parâmetros ...	21
8 - Ambiente para o módulo de Aquisição	23
9 - Fluxograma para o módulo de Aquisição	24
10 - Ambiente para o módulo de Equacionamento	30
11 - Ilustração do processo de refinamento	32
12 - Cálculo da matriz de "break-points"	34
13 - Ilustração do processo de reamostragem	37
14 - Ilustração do módulo de mosaico	40
15 - Ambiente para o módulo de geração CCT saída	41

1. PROPÓSITO DO SISTEMA

1.1 - OBJETIVOS

Este documento descreve a especificação e o projeto preliminar de um sistema para geração de imagens digitais de satélite corrigidas geometricamente. Este sistema está sendo projetado de acordo com as mais avançadas técnicas de engenharia de "software" (Pressman, 1982; Yourdon and Constantines, 1979; Page-Jones, 1981). Deste modo, este documento será secundado pelo que descreverá o projeto detalhado do sistema, o qual incluirá diagramas de fluxo e estrutura dos arquivos a serem utilizados. Estas técnicas vêm sendo aplicadas em grande número de empresas e instituições na área de Computação com excelentes resultados (Beck and Perkins, 1983).

O objetivo do sistema é produzir imagens digitais corrigidas geometricamente, as quais serão bastante úteis tanto para a geração de cartas quanto para referenciar diretamente a região de interesse a localidades geográficas conhecidas. Exemplos importantes são a geração de cartas-imagem LANDSAT para a Região Amazônica e a obtenção de imagens digitais em projeção desejada para a integração direta em um Sistema Geográfico de Informação.

Um produto adicional a ser gerado pelo sistema serão mosaicos digitais, os quais produzirão combinações de imagens LANDSAT de acordo com as especificações desejadas. Um exemplo de mosaico seria a geração de imagens digitais corrigidas de acordo com a carta UTM padrão na escala 1:250.000. Este documento descreve a especificação completa de um Sistema para Aplicações Cartográficas Digitais a ser implantado no DGI, em Cachoeira Paulista, a partir do suporte computacional descrito no item seguinte e do suporte lógico descrito nas Seções seguintes.

1.2 - AMBIENTE COMPUTACIONAL

O suporte computacional para o sistema CARTA tem a seguinte configuração:

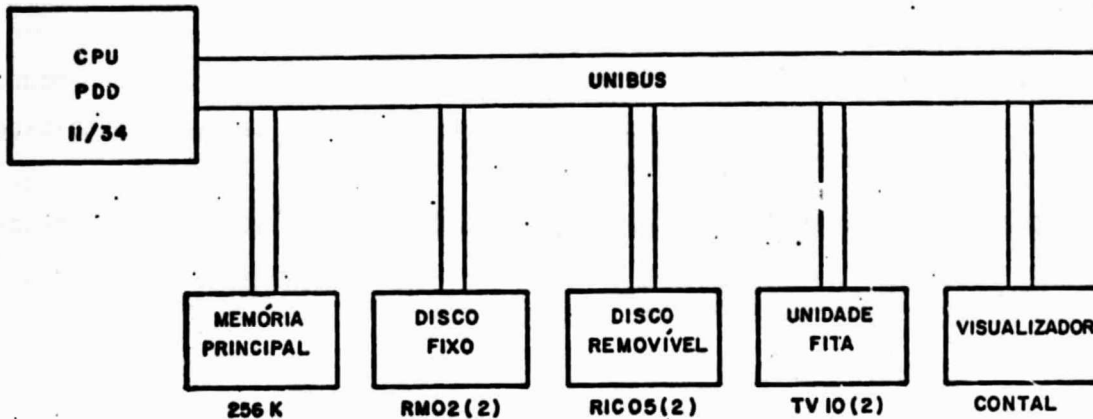


Fig. 1 - Configuração do sistema CARTA.

O disco é de fabricação da SYSTEMS INDUSTRIES, e consta de dois "drivers" para disco do tipo "Winchester", os quais emulam quatro discos RMO2 da DEC, com capacidade total de 268 M "Bytes", com acesso dual (um controlador para PDP 11/34 e um controlador para VAX 11/780).

O visualizador a ser utilizado (COMTAL) terá tela de 512x512 pontos, com 8 bits para cada ponto, e sua capacidade de mostrar 256 tons de cinza deverá ser bastante utilizada para a correta localização de pontos de controle. Este equipamento está atualmente instalado em Cuiabá devendo ser transferido para Cachoeira Paulista para integrar-se ao sistema.

Também foi verificado (Mikhail and Paderes, 1983) que, para obter-se acurácia de menos de 1 "pixel" no processo, é imprescindível que os pontos de controle possam ser localizados com precisão

compatível. Uma futura expansão do sistema deverá incluir a compra de um processador matricial ("array processor"), o qual aumentará em muito a rapidez de processamento do sistema.

2. DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA

2.1 - DESCRIÇÃO GLOBAL (ENTRADAS/SAÍDAS)

Do ponto de vista funcional, deve-se entender o CARTA como o sistema capaz de fornecer, a partir de uma CCT e dos dados de efeméride e de atitude do satélite, uma CCT de saída corrigido geometricamente para uma projeção cartográfica desejada. Se disponíveis, mapas com pontos de controle deverão ser utilizados; também poderá ser gerada uma matriz de "break-points" (pontos de âncora) a ser utilizado no sistema VAX. De maneira esquemática, as entradas e saídas serão:

a) ENTRADAS

- 1) CCT: Contém os dados de vídeo em formato BIP2 (Seção 5.1).
- 2) DADOS DO PCM: No caso do LANDSAT 1, 2 ou 3, tais dados contêm contagens para "roll", "pitch" e "yaw", fornecidas a cada segundo; para o LANDSAT 4, são fornecidos os parâmetros de Euler a cada 4 segundos; as derivadas são obtidas a cada 0.5 segundo, a partir dos dados dos giroscópios e da posição e velocidade a cada 4 segundos.
- 3) DADOS DA BFET: Fornecidos pelo programa Gylvax para os satélites 1, 2 e 3, ou contidos nos dados de telemetria (Banda S) para o satélite LANDSAT-4.
- 4) FERRAMENTAS AUXILIARES: Utilizadas para a definição de GCP. Um exemplo seriam os mapas.
- 5) ICT: Substitui os dados do PCM e das efemérides, e contém parâmetros para correção, previamente gerados. A ICT é gera

da atualmente no DGI para o LANDSAT 1, 2 e 3 e será uma saída opcional deste sistema para suportar o sistema atual de geração de filme do DGI.

b) SAÍDAS

- 1) CCT: Contém cena (ou mosaico) corrigida geometricamente para projeção especificada, com dados pertinentes (Ex.: GCP utilizados, nível de correção, dados de efeméride e PCM, avaliação), no formato superestrutura.
- 2) MATRIZ DE "BREAK-POINTS": A ser utilizada para geração de filme corrigido no EBIR, a partir do dado original.
- 3) ACI: Arquivo com parâmetros de correção de imagem.
- 4) "FLOPPY DISK": Contém um pedaço da imagem corrigida a ser utilizado para entrada em sistemas que utilizem computadores.

2.2 - FLUXOGRAMA DO SISTEMA CARTA

O fluxograma do CARTA consta de 8 módulos que executam as diversas tarefas necessárias, a saber:

- a) MÓDULO 0 - GERENCIAMENTO: Envolve os procedimentos de especificação das tarefas a ser realizadas, bem como a verificação dos procedimentos já efetuados e dos arquivos residentes. Como o CARTA será utilizado em modo de produção, este módulo será interativo e de fácil utilização, permitindo crítica dos comandos do usuário;
- b) MÓDULO 1 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA IMAGEM: Abrange todo o processo de equacionamento da atitude e efemérides do satélite, incluindo cálculo de "roll", "pitch" e "yaw".

- c) MÓDULO 2 - AQUISIÇÃO DE CCT: Abrange o processo de aquisição e geração do arquivo de imagens a ser corrigidas.
- d) MÓDULO 3 - BIBLIOTECA DE GCP: Criação, gerenciamento, manutenção e visualização da biblioteca dos pontos de controle. Inclui também o fornecimento de GCPs da imagem ao módulo de equacionamento.
- e) MÓDULO 4 - EQUACIONAMENTO GEOMÉTRICO DA IMAGEM: Determinação da matriz de correção da imagem ("break-points") a partir do conjunto de coordenadas e da velocidade do satélite, e dos dados de "roll", "pitch", "yaw" e efemérides, fornecidos pelo módulo 1. Caso existam GCPs, estes serão utilizados para refinar esta correção.
- f) MÓDULO 5 - REAMOSTRAGEM: A partir da matriz de correção obtém-se a imagem LANDSAT corrigida, devendo este módulo ser otimizado em termos de processamento.
- g) MÓDULO 6 - MOSAICO: Realiza a união de cenas LANDSAT para obter imagem combinada que contém área de interesse ou obedece à grade padrão UTM.
- h) MÓDULO 7 - GERAÇÃO CCT SAÍDA: Fornece uma fita CCT em formato especificado, com imagem (ou mosaico) na projeção desejada.

Para uma melhor visualização, o fluxo de processamento do CARTA está mostrado na Figura 2 a seguir.

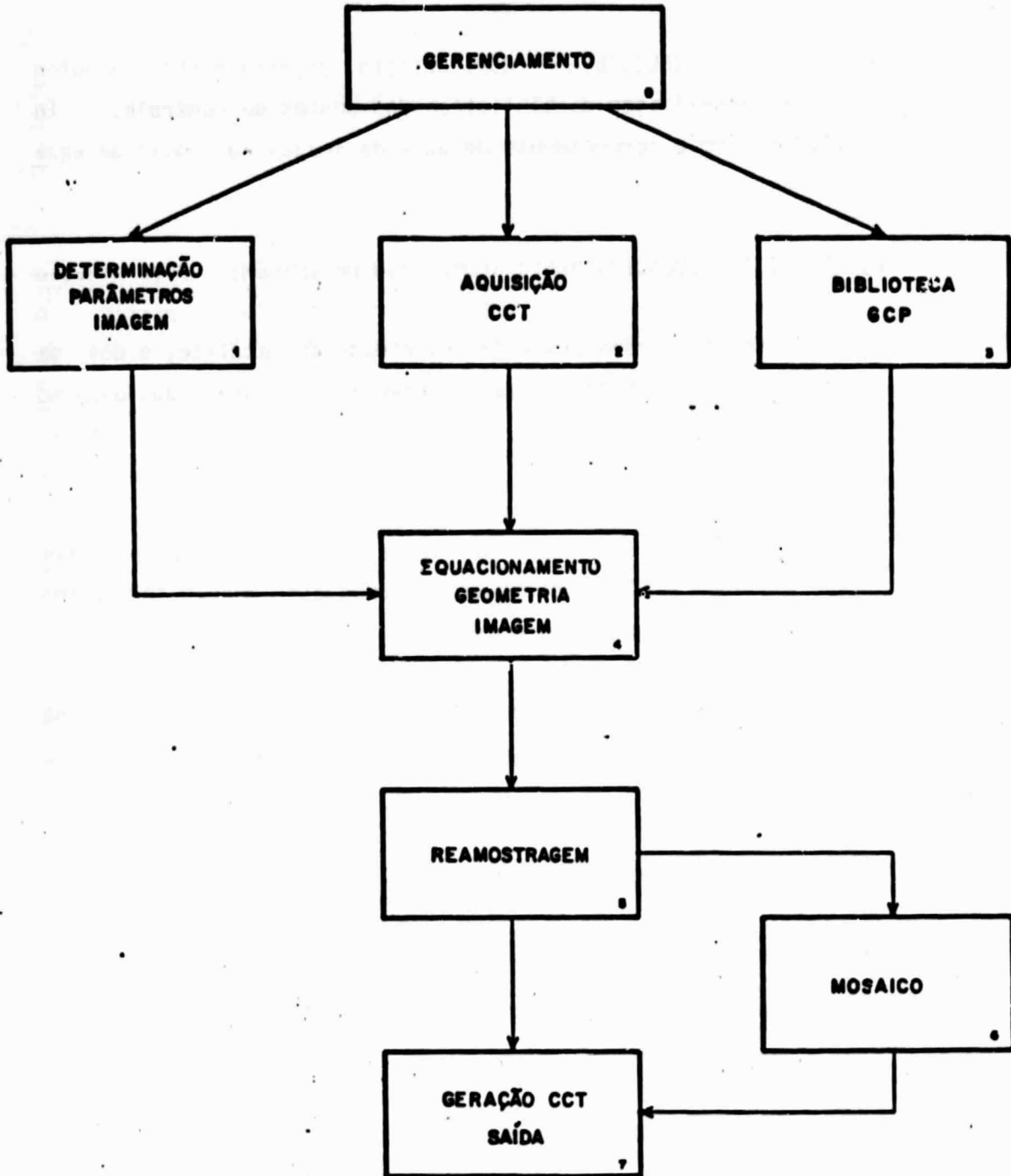


Fig. 2 - Fluxo de processamento do sistema CARTA.

2.3 - DEFINIÇÃO DOS ARQUIVOS

A definição dos arquivos compartilhados pelo sistema contempla um conjunto de definições a ser especificadas a seguir. Inicialmente são esboçados os arquivos de acordo com o esquema apresentado na Figura 3.

Os mnemônicos apresentados na Figura 3 denotam os seguintes arquivos:

- ICT - fita para correção de imagem (orb.),
- ACI - parâmetros para correção (por cena),
- IMO - arquivo com dados de imagem (original),
- BPC - biblioteca de pontos de controle,
- BRP - arquivo com "break-points" (pontos de âncora),
- PCI - pontos de controle na imagem (para cena),
- STA - informação sobre o sistema ("status file"),
- IMC - imagem corrigida,
- IMM - imagem mosaico,
- DIRM - diretório de mapas correspondentes à cena,
- AUX - dados auxiliares (anotações CCT),
- SAT - parâmetros de cada satélite.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

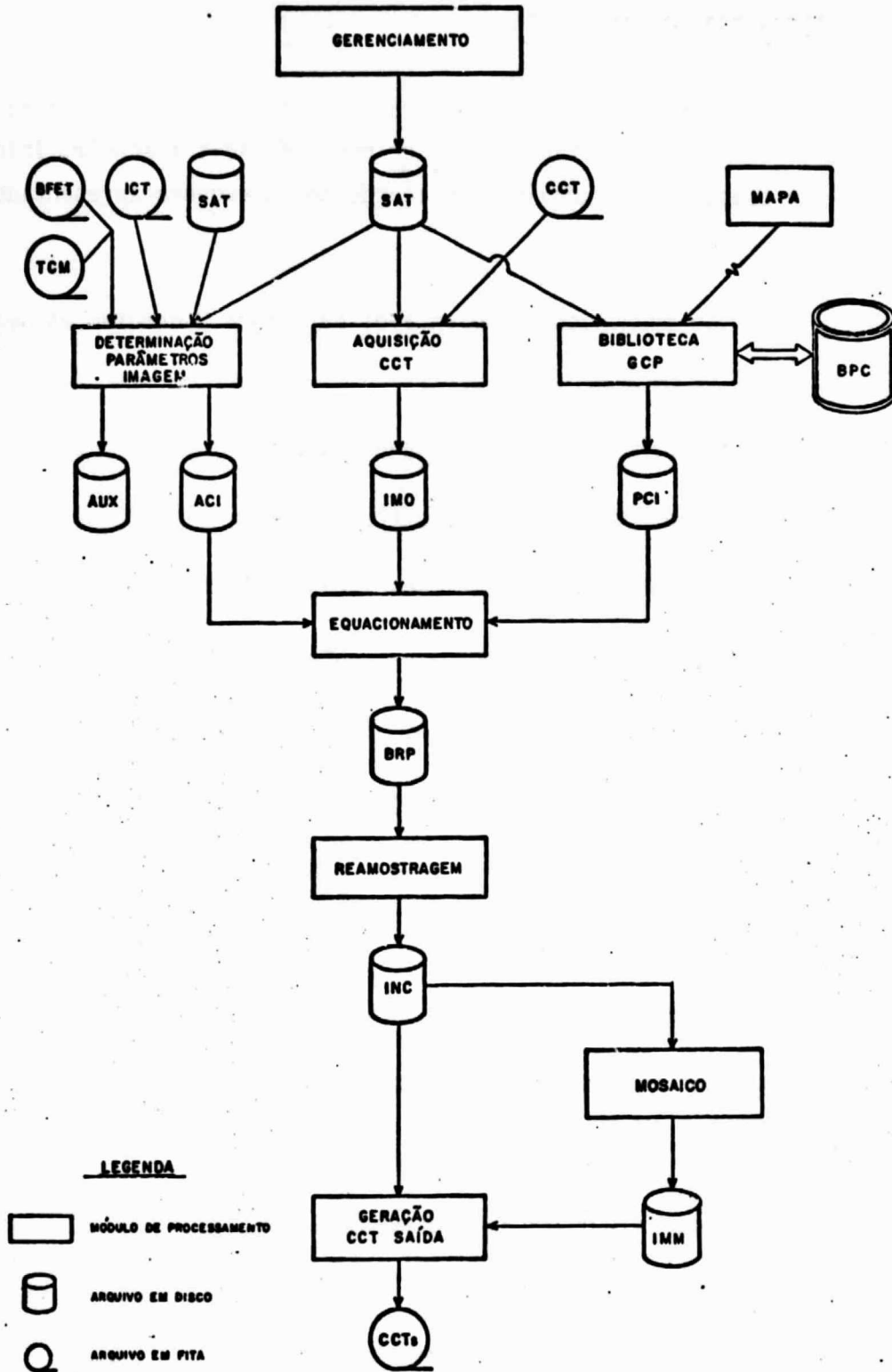


Fig. 3 - Distribuição dos arquivos do sistema CARTA.

A seguir, serão descritos os arquivos anteriormente apre-
sentados:

A.) BPC (Biblioteca de Pontos de Controle)

Contêm os pontos de controle separados em registros. Ca-
da GCP será correspondente a uma localização em latitude e longitude,
sendo guardado sempre o melhor GCP para uma dada coordenada. A composi-
ção de cada registro será:

- título do GCP,
- identificação do GCP,
- latitude, longitude e altitude,
- escala, folha e classe da carta correspondente,
- origem e ordem do GCP (foto, mapa, 1ª ou 2ª ordem),
- tipo do GCP: 1ª ordem (astr., "doppler"), 2ª ordem,
- data de inserção na biblioteca,
- operador responsável pela inserção,
- número de utilizações,
- mérito acumulado (média, desvio padrão),
- posição dentro do "chip",
- "chip" com o ponto (tamanho = 32 X 32),
- banda do "chip".

B.) PCI (Pontos de Controle na Imagem)

Contêm os pontos de controle referentes à imagem a ser corrigida. Para cada registro ter-se-á:

- identificação do GCP,
- latitude e longitude,
- linha e "pixel" na imagem.

C.) STA (Arquivo de "status")

Relaciona os serviços a ser executados, com todos os processamentos realizados por serviço, reservando um registro para cada pedido, a saber:

- ID do pedido.
- ID das imagens correspondentes (contêm PCT).
- Descrição serviços (produtos saída, processamento):
 - a) projeção desejada (UTM, SOM),
 - b) geração de filme no EBR,
 - c) bandas a ser utilizadas,
 - d) refinamento por GCP,
 - e) tamanho de linha e "pixel" de saída,
 - f) escala do produto final (caso de filme),
 - g) informações para mosaico:
 - ID das imagens a ser mosaicadas,

- lat., long. dos centros,

- linha, "pixel" inicial para mosaico,

i) tamanho da matriz de "break-points".

- Processamentos realizados (arquivos gerados):

a) Bandas

- faixas carregadas,

- Índice da imagem,

- arquivos correspondentes:

. entrada: 0 = existente,

1 = não-existente,

. saída : 0 = existente,

1 = não-existente,

. mosaico: 0 = não-existente,

1 = existente,

- correções realizadas:

. "line-length": 0 = não-iniciado,

1 = iniciado,

2 = terminado,

. radiométrica: 0 = não-iniciado,

1 = iniciado,

2 = terminado,

- reamostragem:

- . faixa da imagem de saída: 0 = não-iniciado,
1 = iniciado,
2 = terminado,

- mosaico: 0 = não-iniciado,

- 1 = iniciado,
2 = terminado,

b) Arquivos auxiliares:

- . ACI: 0 = não-criado,
1 = criado,
- . PCI: 0 = não-criado,
1 = criado,
- . BRP: 0 = não-criado
1 = criado,

c) CCTs realizadas.

D.) IMO (Arquivo de Imagem)

Contém a imagem a ser processada no formato BSQ (Bandas sequenciadas) tendo como entrada uma cena MSS. Para cada arquivo (uma banda) o conteúdo será:

- "Header" de identificação (um bloco de 512 "bytes") com: ID cena, Banda, Faixas, Título, Processamentos realizados e In formações adicionais (ex.: "qualidade").

- Dados da imagem com correção do "line length". Ao final de cada linha serão colocados o "line-length" e o tempo correspondente ao "sweep".

E.) ACI (Arquivo para Correção de Imagem)

Gerado nos mesmos moldes da ICT, conterá os parâmetros de entrada do "modelo rígido" para a cena, como a seguir:

- "Header" com:
 - . ID da cena,
 - . PCT (tempo do centro da cena) designado por operador (ANO:DD:HH:MM:SS),
 - . tempos siderais (ST1 - 0 HS., ST2 - 24 HS.),
 - . número de registros,
 - . coeficientes do polinômio para atitude refinada,
 - . tempo do primeiro grupo de dados,
- "N" registros com: posição (e suas derivadas), para cada segundo (interpolados pelo módulo de determinação de parâmetros), além dos dados de "roll", "pitch" e "yaw".

F.) BRP (Matriz de "break-points")

Utilizada na reamostragem para geração de imagem corrigida com:

- "Header" de identificação que contém o ID da cena, indicador de matriz direta/inversa, número de registros totais, número de registros (NL) e números de "break-points"/linha (NBP).

- "NL" registros com LIN, PIX, LAT, LONG, e X,Y (na proj. UTM) com os "break-points" de cada linha.

G.) AUX (Dados Auxiliares)

Contém dados auxiliares, tais como:

- anotações CCT de entrada (transferidos para a CCT de saída),
- "tic marks" (referências de localização).

H.) SAT (Parâmetros de satélite)

Contém os parâmetros de cada satélite utilizados pelo modelo de correção. Devem incluir:

- Parâmetros relacionados ao elipsóide:
 - . semi-eixo maior (A),
 - . semi-eixo menor (B),
 - . achatamento (F),
 - . origem no sistema geocêntrico (X0, Y0, Z0),
- parâmetros relacionados ao espelho:
 - . amplitude de movimento (Rad.),
 - . tempo útil de varredura,
 - . frequência do movimento (Rad./seg.),
 - . frequência de varredur. (var./seg.),
 - . constante de amortecimento,
- parâmetros relacionados com a imagem:
 - . número de varredura/imagem,

- . número de linhas/varredura,
- . número de "pixels"/linha),
- parâmetros relacionados ao satélite:
 - . altitude nominal,
 - . resolução no sentido da órbita,
 - . resolução no sentido transversal a órbita,
 - . ângulo de visada por linha de varredura,
- parâmetros relacionados com projeção.

2.4 - POLÍTICA DE ARQUIVOS

A criação dos arquivos descritos anteriormente está condicionada por um conjunto de diretrizes, onde algumas definições finais serão tomadas apenas durante o projeto detalhado.

A) Arquivo de "status" (STA)

O arquivo STA é a chave de acesso ao sistema, pois relaciona para cada pedido todos os arquivos associados. Como será utilizado um arquivo para cada banda, no formato BSQ, o arquivo STA deve conter a relação dos arquivos associados, indicando sua utilização (original, corrigida, mosaico).

B) Arquivos de imagem (IMO, IMC, IMM)

Os arquivos de imagem deverão ser pré-alocados na inicialização do sistema e, a cada arquivo, estará associado um número de identificação. Cada arquivo conterà uma banda, no formato BSQ, e, no início de cada tarefa, serão designados os arquivos para cada pedido.

Os arquivos de imagem terão parâmetros de tamanho fixo, incluindo tamanho do "pixel", o número de registros e o número de linhas. Deve-se notar que os arquivos de imagem corrigida (KMC) terão tamanho diferente e serão descritos posteriormente. Estas diferenças devem levar em conta a mudança de orientação a ser imposta às imagens corrigidas.

3. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 0 - GERENCIAMENTO

3.1 - OBJETIVOS

O módulo de gerenciamento permitirá ao operador do sistema, a qualquer instante do processamento, uma visão completa sobre todos os serviços em andamento. Para tanto, levará em conta as informações constantes do arquivo de "status".

A listagem do arquivo de "status" fornecerá ao operador um acompanhamento de todos os pedidos em andamento e dos procedimentos realizados em cada caso, indicando ainda os arquivos já criados. O operador poderá realizar ainda as fases de entrada de novos pedidos e exclusão daqueles já completados.

3.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS:

- formulário de pedido, fornecido pelo Serviço de Atendimento ao Usuário do DGI;
- arquivo de "status" (STA).

b) SAÍDAS:

- "display" do STA (em impressora ou em terminal);
- STA com pedido.

3.3 - AMBIENTE/FLUXOGRAMA

ORIGINAL PAGE 19
OF POOR QUALITY

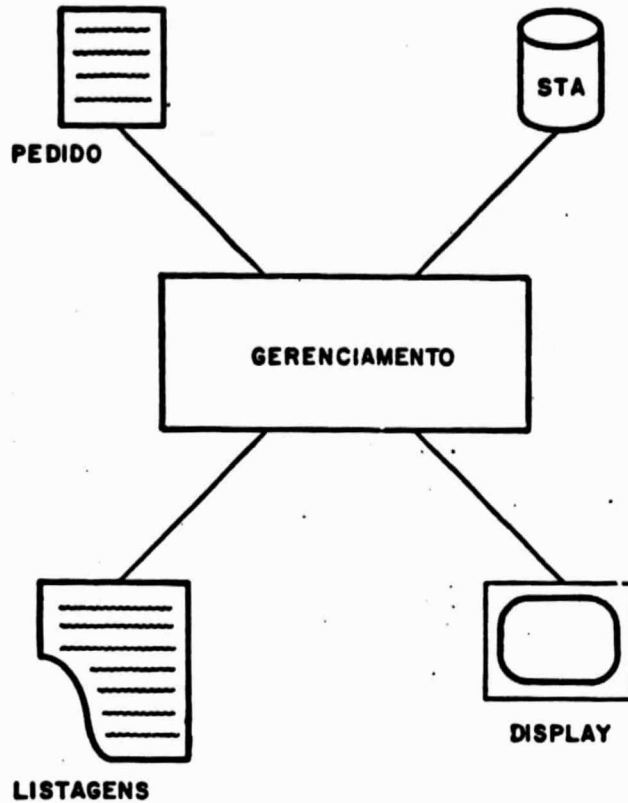


Fig. 4 - Ambiente para o módulo de Gerenciamento.

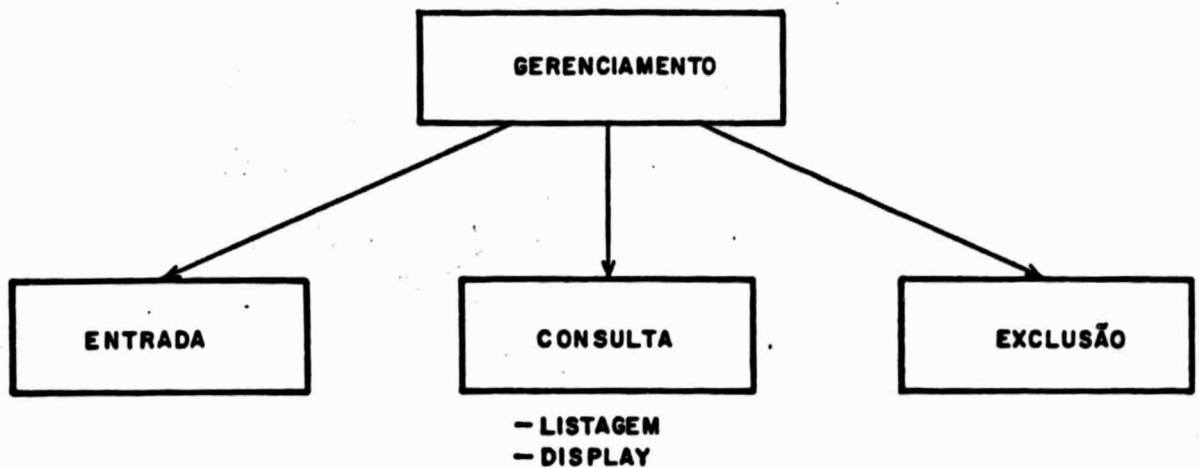


Fig. 5 - Fluxograma para o módulo de Gerenciamento.

4. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 1 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA IMAGEM

4.1 - OBJETIVOS

Este módulo fará a criação do arquivo ACI a partir dos dados de telemetria, recebidos da fita PCM e, no caso dos satélites LANDSAT 1, 2 e 3, da fita de efemérides (BFET). Se já tiver sido gerada uma ICT para esta órbita, este módulo lerá seus dados.

4.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS:

- fita ICT da órbita, OU
- fita PCM com dados de telemetria da órbita, E
- fita de efemérides, gerada pelo programa GYLVAX para LANDSAT 1, 2, 3;
- registro do STA (arquivo de "status") com descrição do serviço a ser executado.

b) SAÍDAS:

- arquivo ACI com os parâmetros para correção da imagem;
- arquivo com dados de telemetria, lidos da fita PCM, para utilização no sistema de geração de imagens MSS no VAX;
- atualização do registro correspondente no STA.

4.3 - AMBIENTE/FLUXOGRAMA

Duas observações são pertinentes: 1) a BFET não é necessária para o LANDSAT 4, pois os dados de efemérides estão incluídos na

telemetria (PCM). 2) As entradas podem ser substituídas por uma fita ICT.

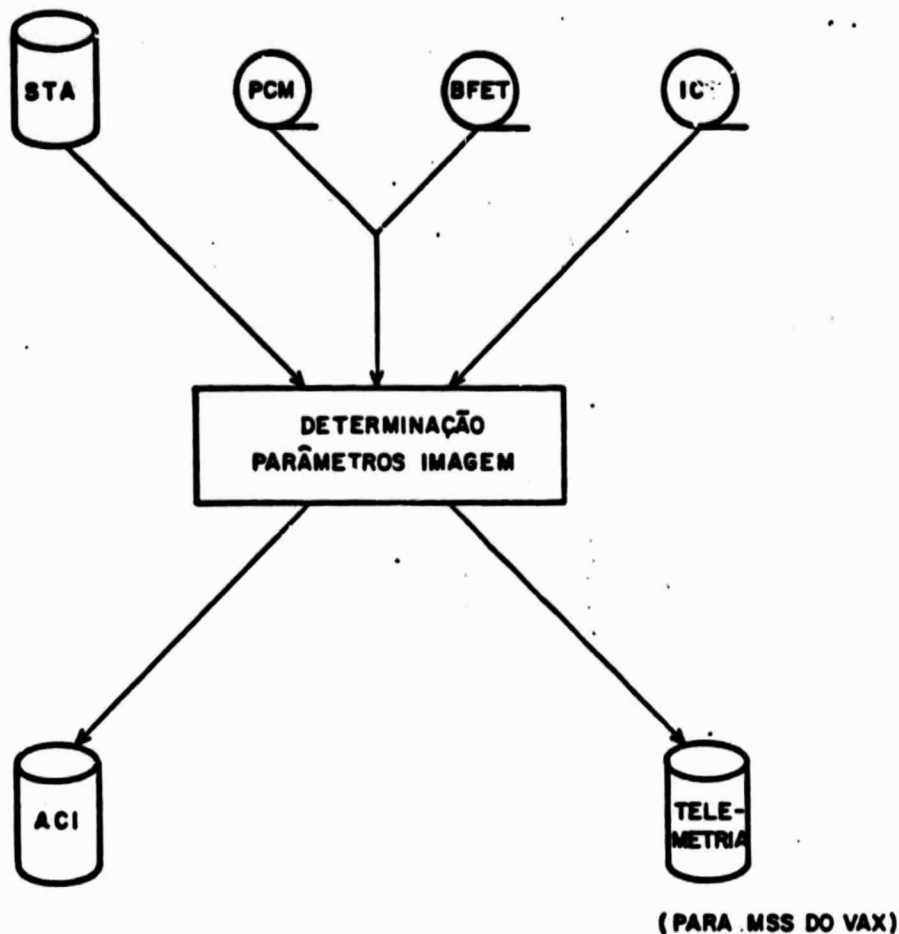


Fig. 6 - Ambiente para o módulo de Determinação dos Parâmetros.

- DESCRIÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA

Dependendo do satélite, os dados de entrada serão diferentes. No caso do LANDSAT 1, 2, 3, a entrada será uma ICT, ou as fitas PCM e BFET. Para o LANDSAT 4, a entrada é a fita PCM.

A fita PCM para o LANDSAT 1, 2 e 3 contém os erros de atitude para "roll", "pitch" e "yaw" a cada segundo, referenciados ao tem

po dado pelo relógio do satélite, e a BFET contém as coordenadas cartesianas num sistema fixo com a Terra, a cada segundo, referenciadas ao tempo GMT. A diferença entre o tempo GMT e o relógio do satélite é dada por uma constante ("time-bias") que será informada pelo operador. A fita ICT contém os erros de atitude e a posição do satélite dados por latitude e longitude geodésicas do ponto nadir e da altura do satélite, referenciados ao tempo do satélite.

Para o satélite LANDSAT 4 a fita PCM contém:

- 1) A atitude do satélite em relação a um referencial inercial com origem no centro da Terra, dada em quatérnios, a cada 4,096 segundos.
- 2) As leituras dos giroscópios (unidade de referência interior) a cada 0,512 segundos. Estes dados vão possibilitar o cálculo da atitude em relação ao referencial inercial dentro dos intervalos de 4,096 segundos.
- 3) As coordenadas cartesianas do satélite em relação ao referencial inercial a cada 4,096 segundos.

Para este último satélite, a partir das coordenadas do satélite e dos quatérnios, são calculados os erros de atitude "roll", "pitch" e "yaw", a cada segundo, e as coordenadas do satélite no sistema fixo com a Terra. Todos estes dados estão referenciados ao tempo do satélite.

4.4 - DESCRIÇÃO FUNCIONAL

Inicialmente, a função vai ler a identificação da imagem do STA. Se for LANDSAT 1, 2 ou 3, pergunta-se se a entrada é ICT ou PCM + BFET. Se for o segundo caso, pergunta-se o "time code" da órbita.

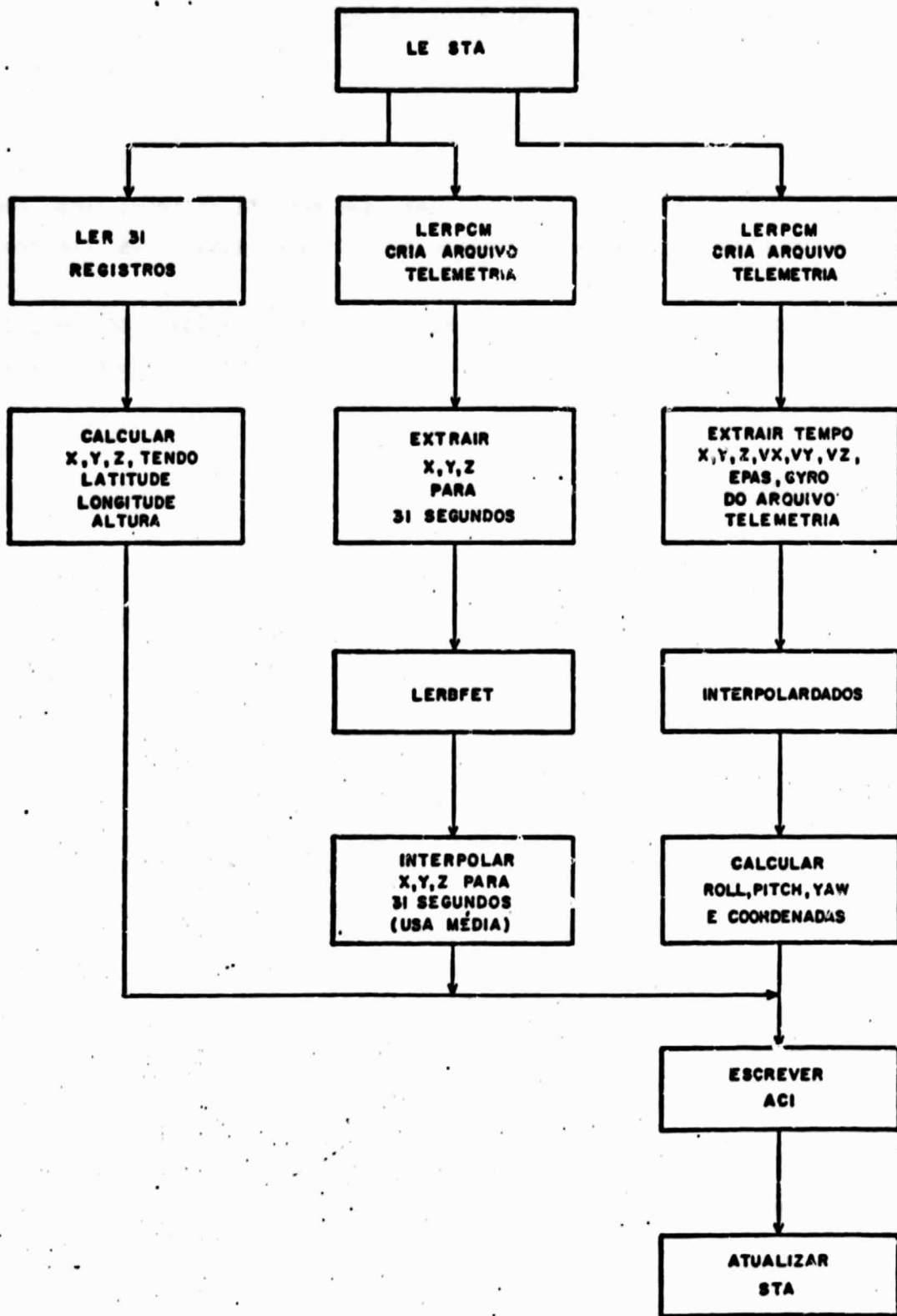


Fig. 7 - Fluxograma para o módulo de Determinação dos parâmetros.

5. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 2 - AQUISIÇÃO DE CCT

5.1 - OBJETIVOS

Este módulo é responsável pela transferência da imagem gravada em CCT para o disco do sistema, que executa ao mesmo tempo correções radiométricas e de "line-length". Os dados auxiliares contidos na CCT são copiados para disco para posterior inclusão na CCT de saída. O trabalho realizado por este módulo é sempre dirigido por um pedido realizado por um arquivo de pedidos. No caso de um pedido de mosaico, serão carregadas duas cenas.

5.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS:

- CCT com imagem não-corrigida (formato BIP2),
- registro do STA com especificação de serviço.

b) SAÍDAS:

- arquivo em disco no formato BSQ (um arquivo/banda espectral),
- arquivo com dados auxiliares (copiados da CCT).

5.3 - AMBIENTE/FLUXOGRAMA

a) AMBIENTE:

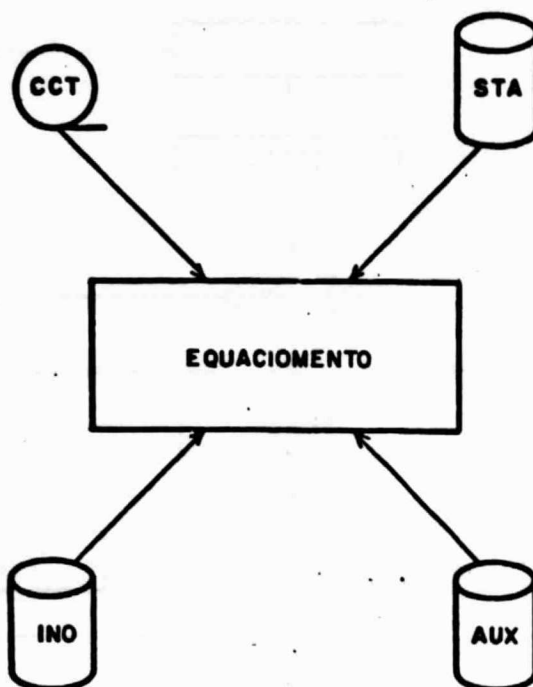


Fig. 8 - Ambiente para o módulo de Aquisição.

b) FLUXOGRAMA:

A primeira fase deste módulo consiste na entrada da identificação de um pedido a ser satisfeito. No terminal do operador são então mostradas a identificação da cena a ser carregada em disco, ou das cenas no caso de mosaico, as bandas espectrais e as eventuais faixas já carregadas. Se todas as faixas já foram carregadas, uma mensagem é enviada ao operador e volta-se ao início da função.

Após a montagem da fita na unidade, um teste é realizado para a confirmação de que se trata da fita desejada. Em caso afirmativo, a fase de carga tem início. A imagem é transferida para o disco faixa a faixa e o STA é atualizado indicando a presença da faixa no arquivo da imagem. Este procedimento é efetuado para as duas fitas que contêm uma cena e, em caso de confecção de mosaico, duas cenas são carregadas. Serão realizadas usualmente pré-processamentos de equalização radiométrica e correção do "line length". O fluxograma apresentado na Figura 9 ilustra o processo.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY.

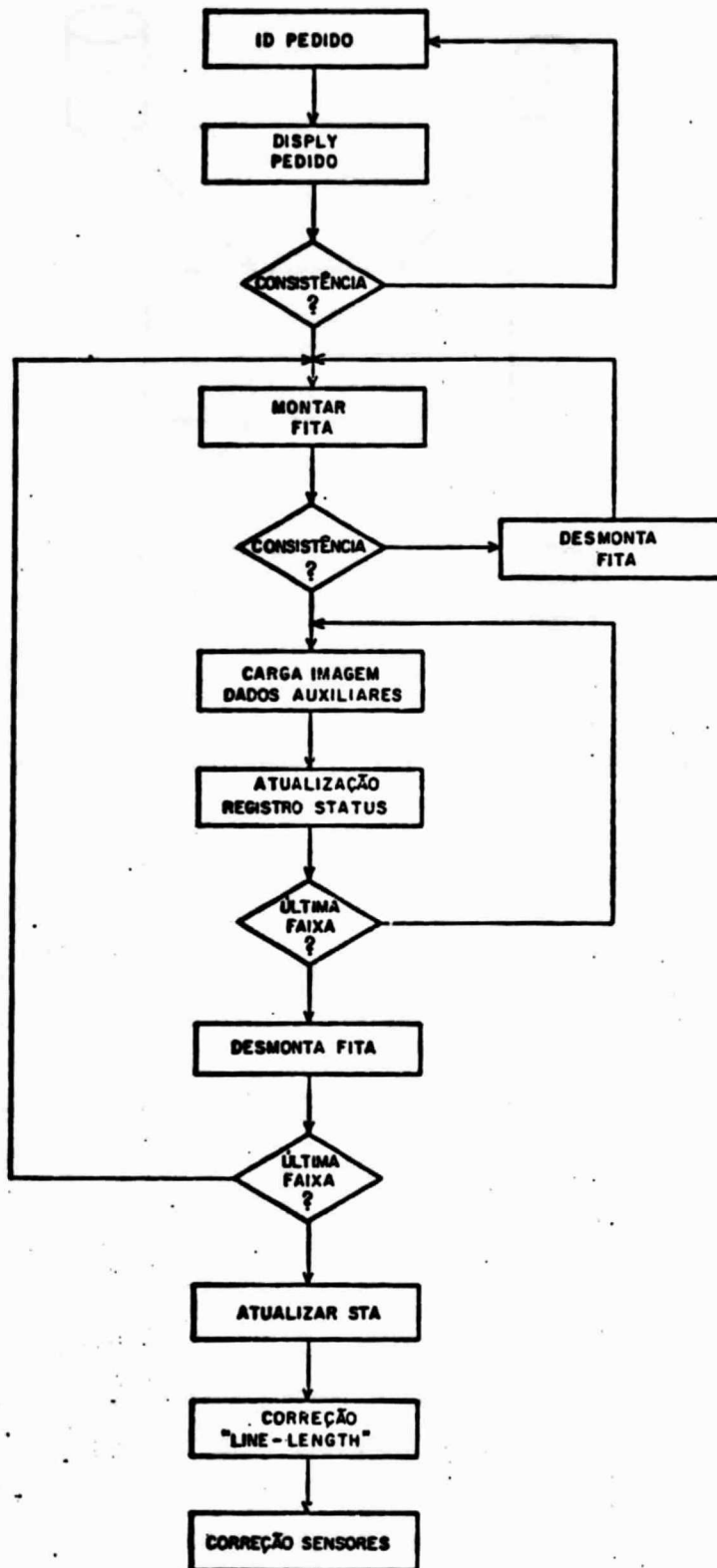


Fig. 9 - Fluxograma para o módulo de Aquisição.

6. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 3 - BIBLIOTECA DE GCP

6.1 - OBJETIVOS

Este módulo trata da construção e manutenção de uma biblioteca de pontos de controle (GCPs). A operação desta biblioteca envolve as fases de entrada, recuperação, exclusão e listagem de pontos de controle. A biblioteca é construída de forma similar à disponível no Goddard Space Flight Center (Niblack, 1981).

6.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS:

- arquivo de imagem (IMO),
- cartas,
- transparências/imagem em papel,
- medições geodésicas/astronômicas,
- ACI.

b) SAÍDAS:

- registros da biblioteca de GCPs (BPC):
 - . operador,
 - . localização geodésica,
 - . escala da carta,
 - . identificação,
 - . data de inserção,
 - . folha,
 - . dados estatísticos,

- . número de utilizações,
 - . mérito acumulado (qualidade),
 - . posição dentro do "chip",
 - . "chip",
 - . banda do chip,
- mapa de distribuição dos GCPs sobre uma dada área,
- PCI (Pontos de controle da imagem de trabalho):
- . identificação,
 - . latitude e longitude,
 - . linha e coluna,
 - . altitude.

6.3 - DESCRIÇÃO FUNCIONAL

A) IDENTIFICAÇÃO DE GCPs

Estes procedimentos compreendem todas as facilidades para a identificação dos pontos a ser considerados para inserção na biblioteca, e inclui os seguintes passos:

- seleção de GCPs utilizando cartas e transparências,
- características dos pontos: altura, latitude e longitude,
- armazenamento das informações: altitude, atitude, identificação.

B) LOCALIZAÇÃO DO PONTO NA IMAGEM

Esta fase compreende as rotinas para relacionar o ponto na carta com o "pixel" na imagem, as quais fazem uso do equacionamento geométrico da imagem (Módulo 4). Os procedimentos incluem:

- estimativa da localização do ponto na imagem,
- visualização da região da imagem que compreende o ponto com plena resolução,
- localização refinada do ponto na imagem:
 - . "zoom" com reamostragem,
 - . mudança de banda espectral,
 - . realce radiométrico,
 - . principal componente,
 - . localização manual do GCP na imagem,
- armazenamento do "chip",
- detecção de erros grosseiros na localização do GCP ("blunder detection").

C) TESTE DE CONFIABILIDADE

Estes procedimentos procuram medir a facilidade de correta identificação de cada ponto a ser inserido na biblioteca. O ponto é comparado com seus vizinhos e são efetuadas medidas estatísticas para determinar sua qualidade intrínseca.

D) RECUPERAÇÃO DE GCP PARA CENA ESPECIFICADA

Os procedimentos de recuperação são utilizados (durante o processamento de uma cena) para refinar o modelo de equacionamento geométrico. Tais rotinas envolvem a recuperação e identificação dos GCPs contidos naquela cena, com a criação do arquivo PCI (Pontos de Controle na Imagem), e incluem:

- seleção dos GCPs apropriados em uma biblioteca, dada uma região,

- estimativa de localização do ponto na imagem, i.e. (linha, "pixel") = $f(\text{atitude, \u00f3rbita, prop. sensor., dados auxiliares})$,
- localização refinada do ponto na imagem: modos manual e automático (SSDA e correlação de bordas).
- apresentação de mapa de distribuição dos GCPs na cena.

E) GERAÇÃO DE GCPs SUPLEMENTARES

A geração de GCPs suplementares envolve a localização de pontos diretamente a partir da imagem digital. Tal passo pode ser necessário em função do aumento de GCPs para uma dada cena. Este passo inclui as seguintes rotinas:

- localização refinada do ponto na imagem (ver fase B),
- utilização dos parâmetros refinados de altitude para calcular latitude e longitude, a partir da linha e "pixel",
- armazenamento do "chip" e das informações pertinentes.

F) EXCLUSÃO DE GCPs NA BIBLIOTECA

A exclusão de GCPs da biblioteca será feita a partir de avaliações periódicas de qualidade e desempenho de cada ponto da biblioteca. As funções necessárias são:

- seleção de GCPs apropriados na biblioteca, dada uma região,
- apresentação do mapa de distribuição dos GCPs existentes na área de interesse,
- exclusão manual dos pontos indesejáveis.

7. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 4 - EQUACIONAMENTO GEOMÉTRICO DA IMAGEM

7.1 - OBJETIVOS

Este módulo é responsável pelo cálculo do relacionamento entre a geometria estimada do satélite (altitude e efemérides) com a projeção cartográfica e escala desejada. Este equacionamento é obtido a partir de um modelo matemático que relaciona o vetor de visada do satélite - relativo a um par-linha, "pixel" - no sistema do satélite - com o correspondente num sistema inercial. Uma versão mais simplificada deste modelo é encontrada em Forrest (1981) e uma abordagem completa em Mikhail e Paredes (1983). Neste caso, a atitude do satélite é estimada por um modelo paramétrico, similar ao "modelo rígido" descrito na proposta do Environmental Research Institute of Michigan (ERIM, 1982), sendo a diferença mais significativa aquela do método de refinamento dos dados por meio de pontos de controle que pode fazer uso tanto de filtragem estocástica (Kalman), como de mínimos quadrados. Métodos mais sofisticados envolvem o uso de modelos com variáveis físicas, não-paramétricas (Friedmann et alii, 1983).

7.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

As entradas do Módulo 4 serão os seguintes arquivos: A) ACI (arquivo com parâmetros de correção da imagem); B) IMO (arquivo com dados de imagem); C) PCI (arquivo de pontos de controle referentes à imagem a ser corrigida).

As saídas serão os seguintes arquivos: A) BRP (matriz de pontos de âncora ("break-points") numa grade 9x9 que contém desvios delta X e delta Y; B) atualização do arquivo PCI que adiciona dados referentes ao desempenho dos pontos de controle utilizados. C) "Tic marks" que indicarão as coordenadas geométricas da imagem corrigida; D) ACI, com a adição dos coeficientes do polinômio que descreve a variação refinada de "roll", "pitch" e "yaw".

7.3 - AMBIENTE/FLUXOGRAMA

AMBIENTE:

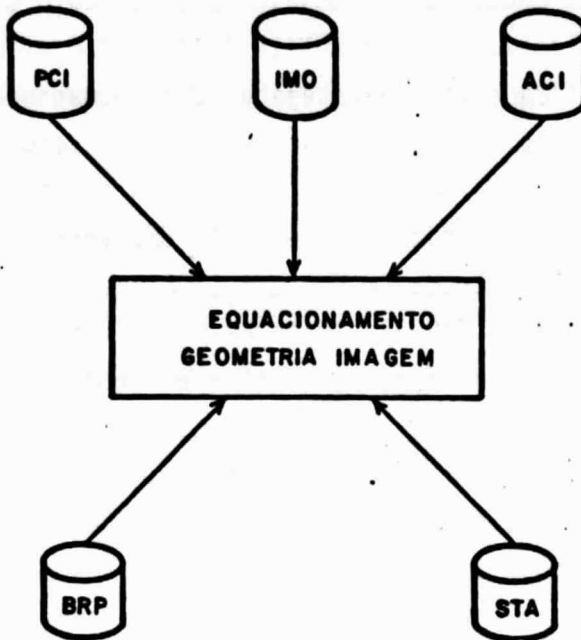


Fig. 10 - Ambiente para o módulo de Equacionamento.

FLUXOGRAMA

O processamento deste módulo será realizado em duas fases. Caso estejam disponíveis para a imagem pontos de controle, os dados de atitude ("roll", "pitch", "yaw") serão inicialmente refinados para aumentar a precisão do modelo. A fase final do processamento envolverá o cálculo dos coeficientes de distorção para cada um dos pontos da matriz BRP. Serão descritas a seguir as fases do processo.

A fase de refinamento se faz necessária devido à baixa precisão dos sensores de atitude dos satélites LANDSAT 1, 2 e 3. Tal precisão, de acordo com os dados fornecidos pela NASA, é da ordem de 1.0 milirradianos, e para obter acurácia da ordem de um "pixel", esti

ma-se (Rifman, 1973) que cada componente precisa ser conhecido com exatidão de .01 miliradianos. Deste modo, torna-se clara a importância do processo de refinamento para adicionar informação no cálculo final do modelo de correção.

Uma característica importante de um sistema de correção geométrica é o procedimento utilizado para o refinamento. Neste caso, deverão estar disponíveis para o usuário dois processos distintos: mínimos quadrados e filtragem estocástica. No primeiro caso, procura-se ajustar um polinômio ao conjunto de pontos de controle e calcula-se o resíduo obtido para cada ponto. Numa segunda passada, são omitidos os pontos onde foram observados desvios significativos. Este procedimento é mais simples, embora funcione melhor com grande número de pontos de controle.

No caso de filtragem estocástica (Caron and Simon, 1975; Wong et alii, 1978), o refinamento faz uso de um filtro de Kalman para atualizar as estimativas iniciais dos coeficientes de atitude por meio de pontos de controle. Os coeficientes de atitude são representados por um vetor cujos componentes definem as realizações polinomiais das séries temporais para "roll", "pitch" e "yaw". Mais explicitamente, cada um desses ângulos tem sua variação dentro da imagem representada por um polinômio de terceiro grau, cujos coeficientes são exatamente os elementos do vetor de estado do sistema.

A estimação dos coeficientes (vetor de estado) é feita de maneira sequencial: a estimativa a priori do vetor é progressivamente refinada tendo em vista as diferenças entre as localizações estimada e real para cada um dos pontos de controle existentes. A formulação do filtro pode ser resumida na equação a seguir:

$$X_{\text{NOVO}} = X_{\text{ANT.}} + A(Y - Y_{\text{REAL}}). \quad (1)$$

Na equação anterior a matriz de ganho A é determinada a partir da formulação do mínimo erro quadrático médio (Kalman), e os

vetores Y representam as localizações dos pontos de controle. Para um desempenho adequado do filtro, a norma do erro residual para cada GCP deve decrescer com o número de observações realizadas.

O cálculo da localização estimada de cada GCP é realizado utilizando os parâmetros do modelo obtidos pelo refinamento anterior, a Figura 11 resume o processo.

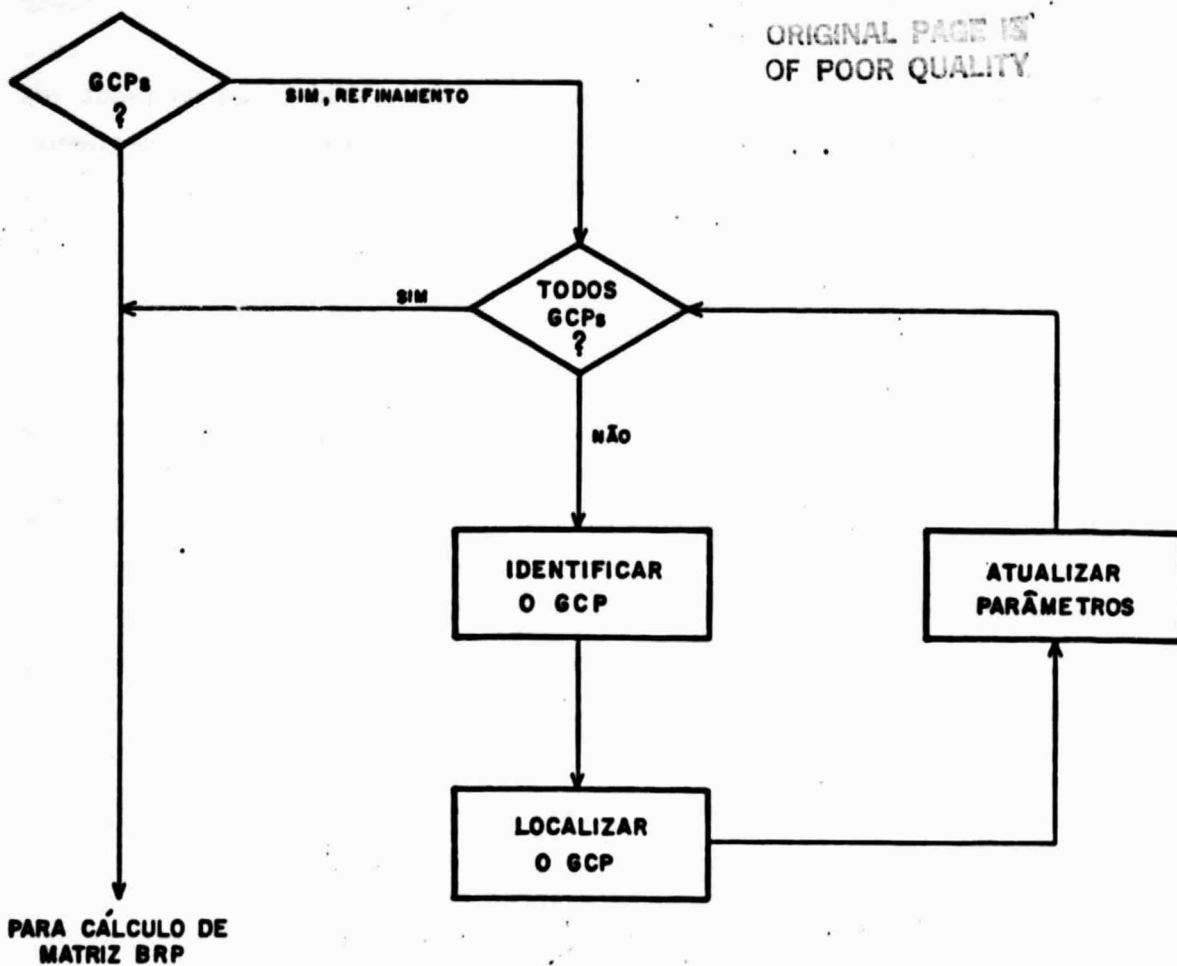


Fig. 11 - Ilustração do processo de refinamento.

Após o processo de refinamento, ou caso não existam GCPs, os desvios para correção da imagem são calculados. O processo envolve o cálculo, para todos os pontos da malha, da latitude e longitude de acordo com os dados de atitude e efemérides do satélite. A seguir, para cada ponto – de acordo com a projeção, escala e tamanho do "pixel" especificados – são calculados os desvios. O procedimento do cálculo de latitude e longitude envolve os seguintes passos:

- determinação da orientação do sistema do satélite em relação ao sistema inercial;
- determinação da reta de intersecção com o elipsóide (fornece coordenadas X, Y, Z no sistema inercial e usa os dados de "roll", "pitch" e "yaw");
- transformação de coordenadas do sistema inercial para o sistema geocêntrico de Greenwich;
- determinação de latitude e longitude para o ponto+;
- determinação das coordenadas X, Y na projeção desejada para o ponto.

O próximo passo envolve a determinação dos desvios a ser impostos aos pontos de uma malha regularmente distribuída em torno da imagem ("break-points"). Esta malha terá tamanho variável, dependendo da sua utilização (geração de filme ou fita CCT) e do método utilizado para reamostragem (polinômios ou interpolação linear por partes). O cálculo dos desvios para cada ponto dependerá da projeção, escala, rotação e tamanho do "pixel" desejadas, e está resumido na Figura 12.

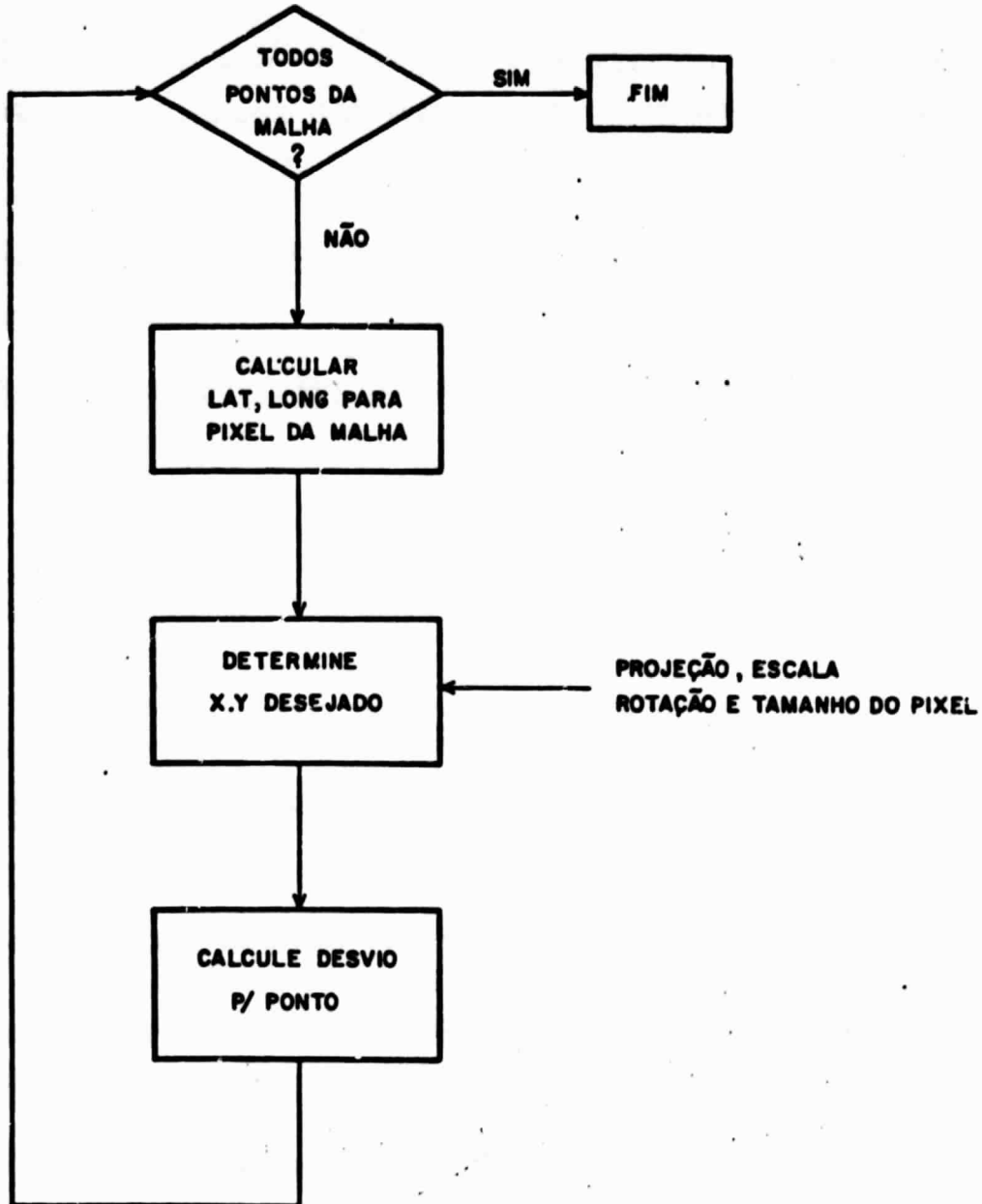


Fig. 12 - Cálculo da matriz de "break-points".

8. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 5 - REAMOSTRAGEM

8.1 - OBJETIVO

O módulo de reamostragem realiza a parte custosa do processo de correção geométrica. Aceitando como entrada uma matriz de pontos de âncora (BRP), de tamanho variável, este módulo gera os parâmetros necessários e realiza a correção de cada ponto da imagem de acordo com as especificações desejadas.

8.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS:

- arquivo com imagem a ser corrigida ("original");
- matriz de "break-points" (de tamanho variável);
- arquivo para imagem de saída ("corrigida").

b) SAÍDAS:

- arquivo com imagem corrigida ("pixels" de 50 metros);
- relatório com avaliação sobre imagem.

8.3 - AMBIENTE/FLUXOGRAMA

O processo de reamostragem será realizado de maneira inversa, isto é, dado um ponto na imagem de saída procura-se localizá-lo na imagem de entrada, interpolando a seguir para obter seu valor de cinza. Para determinar os parâmetros do mapeamento inverso, a partir da matriz de pontos de âncora (saída do módulo de equacionamento), são propostos dois processos:

- a) **MAPEAMENTO POLINOMIAL:** A partir da matriz de pontos da âncora — que pode ser considerada uma lista de GCPs "sintéticos" — é calculado um par de polinômios do 5º grau que fará o mapeamento para toda a imagem de saída. Os coeficientes deste polinômio serão obtidos por um ajuste de mínimos quadrados entre os pontos da malha, os quais deverão obedecer à projeção desejada. Este método é utilizado pelo ERIM e fazia parte da proposta apresentada (ERIM, 1982). Experimentos preliminares realizados indicaram que possivelmente nem todos os 42 coeficientes necessitam ser determinados, sendo suficiente equações do tipo:

$$\text{LINHA} = a_0 + a_1X + a_2XY, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{PIXEL} = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY + b_4Y + b_5XY^2 + \\ b_6Y^2 + b_7Y^3 + b_8XY^4 + b_9Y^5. \end{aligned} \quad (3)$$

- b) **INTERPOLAÇÃO LINEAR POR PARTES:** Neste caso será feito o cálculo dos desvios para pontos de uma malha da imagem de saída (correspondente à matriz de "break-points" invertida). Para cada ponto da malha de saída, os desvios correspondentes serão obtidos a partir de interpolação linear em duas dimensões, tendo em vista os pontos da malha de entrada mais próximos, que terão influência inversamente proporcional a sua distância ao ponto considerado.

Após a determinação da malha de saída, os desvios que indicam a posição do ponto desejado na imagem original serão calculados por interpolação bilinear entre os quatro pontos da malha mais próximos, e será então necessário estimar o valor de seu nível de cinza. (Moik, 1980). Isto pode ser feito lançando mão de algoritmos de interpolação. Neste sistema propõe-se o uso de duas alternativas: vizinho mais próximo (assume o valor de cinza no ponto menos distante) e convolução cúbica (o valor de cinza do ponto e a função de 16 vizinhos, conforme Bernstein (1976)). Este sistema pode ser resumido na Figura 13.

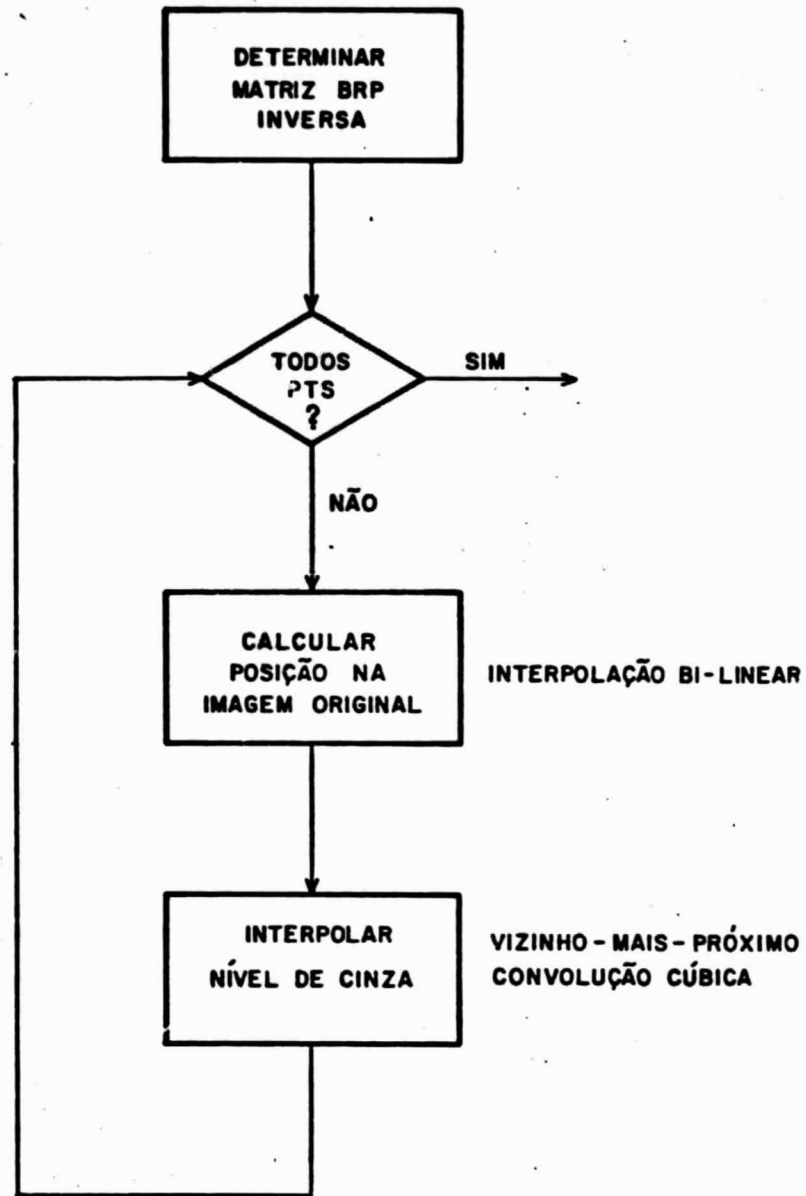


Fig. 13 - Ilustração do processo de reamostragem.

Deve-se notar que a imagem corrigida terá seus "pixels" com resolução diferente da original (por exemplo, 50 metros) e orientada segundo direção que pode não coincidir com a imagem de entrada. No caso de mosaico, por exemplo, a cena corrigida estará sempre na orientação "norte-sul". Além disso, métodos mais convenientes para o cálculo da intensidade do ponto de saída poderão ser implementados futuramente. Exemplos são os métodos propostos:

- a) pelo ERIM para a compensação das distorções inerentes ao sensor MSS do satélite LANDSAT ("restoration") (Dye, 1975);
- b) pela McDonald, Detwiller and Associates (MDA) para a rotação de imagens, levando em conta as condições de Nyquist (Friedmann, 1981).

9. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 6 - MOSAICO

9.1 - OBJETIVOS

O módulo de mosaico está destinado a fornecer, como produto, um arquivo em disco que contém a combinação de duas imagens já corrigidas em produto padrão UTM (1,5 x 1,0 graus), ou pedido especial do usuário. O mosaico resulta na combinação de duas cenas obtidas em datas distintas. Devido às facilidades de processamento do DGI - que incluem escolher o PCT para a CCT a ser gerada - é possível garantir a obtenção de um mosaico correspondente a uma carta UTM apenas com duas cenas MSS do satélite LANDSAT.

9.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS

- Arquivo de imagens que contém imagens corrigidas a ser combinadas.

b) SAÍDAS

- A saída deste módulo é um arquivo de imagem, no mesmo formato dos demais, com o resultado do processamento realizado.

9.3 - AMBIENTE/FLUXOGRAMA

Inicialmente, as duas imagens (já corrigidas geometricamente) serão submetidas a um procedimento de equalização radiométrica que é considerado extremamente importante para garantir boa qualidade ao produto final. A seguir, o operador deverá determinar no dispositivo de visualização um ponto de referência comum as duas imagens. A seguir, por um processo de registro entre o mesmo ponto nas duas imagens, determina-se a região comum. O ponto de corte será diferente para cada linha e será escolhido de modo a minimizar o contraste radiométrico na região de junção. A partir da determinação do ponto de corte para cada linha, será realizada a operação de "cut", justapondo os pedaços correspondentes das duas imagens no arquivo que contém o mosaico. Adicionalmente, será realizado um processo de filtragem passa-baixa ("smoothing") para diminuir a diferença entre os níveis de cinza nos pontos de junção (Milgram, 1975).

No tocante ao formato de saída, este deverá consistir de uma imagem que corresponde a 1,5 graus de longitude por 1 grau de latitude. Os "pixels" restantes serão preenchidos com zeros. É importante salientar que se consideram duas imagens como suficientes para obter o mosaico desejado, pois o INPE em sua estação de geração de CCT pode modificar o centro de qualquer cena.

O tamanho do "pixel" resultante deverá ser dependente do formato a ser mantido na CCT/INPE. A princípio, sugere-se que se considerem duas opções: reamostrar o "pixel" para 50m, ou manter o tamanho original (57 x 79m).

O processamento do módulo de mosaico pode ser resumido na Figura 14.



Fig. 14 - Ilustração do módulo de mosaico.

Desenvolvimentos futuros deverão incluir métodos mais sofisticados para o mosaico, que poderão incluir procedimentos que modifiquem o equacionamento da geometria da imagem, em função de um melhor casamento na região de mosaico (Zobrist et alii, 1983).

10. DESCRIÇÃO DO MÓDULO 7 - GERAÇÃO CCT SAÍDA

10.1 - OBJETIVOS

- Este módulo é responsável pela geração de CCTs que contém a cena geometricamente corrigida, armazenada em disco. O formato da CCT segue as normas da superestrutura recomendada pelo LTWG (ver documento INPE-2553/PRE/207). Este formato permite tanto bandas sequen

ciadas quanto bandas intercaladas por linhas (BSQ e BIL). Todas as informações necessárias para a geração da CCT devem constar do registro que contém o pedido a ser satisfeito e demais arquivos do sistema.

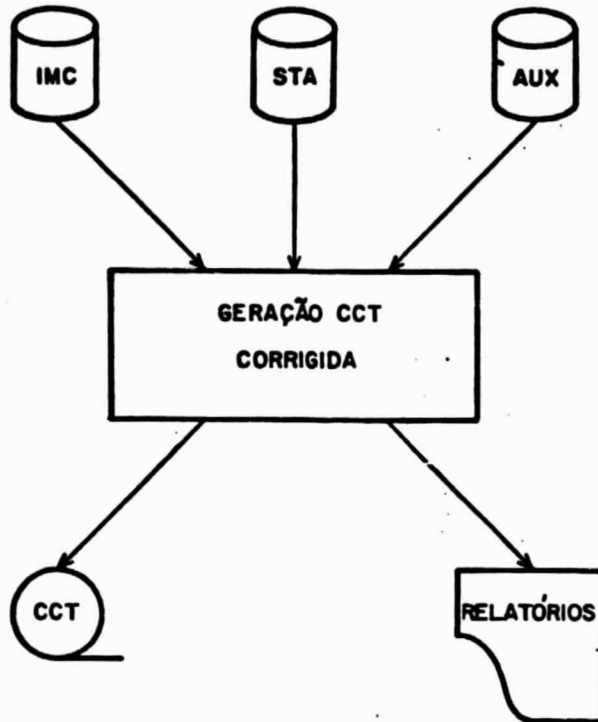


Fig. 15 - Ambiente para o módulo de geração CCT saída.

10.2 - ENTRADAS/SAÍDAS

a) ENTRADAS:

- arquivos com bandas corrigidas,
- registro do pedido,
- dados auxiliares.

b) SAÍDAS:

- conjunto de CCTs,
- relatório de execução do módulo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNSTEIN, R. Digital image processing of earth observation sensor data. *IBM Journal of Research of Development*, 20(1):40-57, Jan. 1976.
- BECK, L.; PERKINS, T. A survey of software engineering practice: tools, methods and results. *IEEE Transactions of Software Engineering*, 9(5):541-561, Sept. 1983.
- CARON, R.H.; SIMON, K.W. Attitude time-series estimator for rectification of spaceborne imagery. *Journal of Spacecraft*, 12(1): 27-32, Jan. 1975.
- DYE, R. Restoration of LANDSAT images by discrete two-dimensional deconvolution. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 10., Ann Arbor, MI, 1975. *Proceedings*. Ann Arbor, MI, ERIM, 1975, p. 725-730.
- ERIM. *LANDSAT image mapping and other technical activities: an initial cooperative program between INPE and ERIM*. Ann Arbor, MI, 1982. (ERIM report 667113).
- FOREST, R. Simulation of orbital image sensor geometry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(8):1187-1193, Aug. 1981.
- FRIEDMAN, D.E. Two-dimensional resampling of line scan imagery by one-dimensional processing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(10):1459-1467, Oct. 1981.
- FRIEDMAN, D.E.; FRIEDE, J.P.; MAGNUSSEN, K.L.; KWOK, R.; RICHARDSON, S. Multiple scene precision rectification of spaceborne imagery with very few ground control points. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(12):1657-1667, Dec. 1983.
- MIKHAIL, E.M.; PADERES, F.C. Simulation aspects in the study of rectification of satellite scanner data. In: NASA SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL PATTERN RECOGNITION AND IMAGE ANALYSIS, Houston, 1983. *Proceedings*. Houston, NASA. Johnson Space Center, 1983, p. 415-83.

- MILGRAM, D.L. Computer methods for creating photomosaics. *IEEE Transactions on Computers*, 29(11):1113-1119, Nov. 1975.
- MOIK, J.C. *Digital image processing of remotely sensed imagery*. Washington, DC, NASA, 1980.
- NIBLACK, W. The control point library building system. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(12):1709-1715, Dec. 1981.
- ORTH, R.; WONG, T.; McDONALD, J. The production of 1:250,000 maps of precision rectified and registered LANDSAT imagery using the MDA image analysis system: initial results. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 12., Manila, 1978. *Proceedings*. Ann Arbor, MI, ERIM, 1978, p. 2163-2176.
- PAGE-JONES, M. *The practical guide to structural systems design*. New York, Yourdon Press, 1980.
- PRESSMAN, R. *Software engineering: a practitioner's approach*. New York, McGraw-Hill, 1982.
- RIFMAN, S. Digital rectification of ERTS multispectral imagery. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE ERTS-1, Jouston, 1973. *Proceedings*. Houston, NASA Johnson Space Center, 1983, p. 1131-1142.
- SOUZA, R.C.M. *INPE LANDSAT-D thematic mapper computer compatible tape format specification*. São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2553-PRE/207).
- YOURDON, E.; CONSTANTINE, L. *Structural design*. Prentice-Hall, 1979.
- ZOBRIST, A.; BRYANT, N.; McLEOD, R. Technology for large digital mosaics of LANDSAT data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(9):1325-1336, Sept. 1983.

GLOSSÁRIO

Este glossário contém – para maior legibilidade – o significado de um conjunto de termos utilizados ao longo do documento, os quais foram colocados em inglês por se tratarem de indicações consagradas pelo uso.

- *BIP2*: Formato de fita CCT em que são atualmente distribuídas as fitas MSS LANDSAT processadas pelo INPE. ("Band Interleaved by Pixel Pairs").
- *BFET*: Fita que contém os dados estimados para efemérides do satélite ("Best fit ephemeris tape").
- *BSQ*: Formato de fita compatível com computador onde cada banda da imagem do satélite está armazenada separadamente das demais. ("Band Sequential").
- *BREAK-POINTS*: Pontos de uma grade na imagem onde são definidas as correções a ser executadas.
- *CCT*: Fita compatível com computador.
- *CHIP*: Janela (pedaço) da imagem de tamanho fixo.
- *EPAS*: Parâmetros de Euler que descrevem a atitude, fornecidos pelo satélite LANDSAT-4.
- *EBR*: Gravador de filme a feixe eletrônico utilizado no DGI.
- *FLOPPY-DISK*: Disco flexível e transportável de pequena capacidade, utilizado sobretudo em microcomputadores.
- *GCP*: Pontos de referência na terra cuja posição geográfica pode ser estimada ou conhecida.

- *GYRO*: Giroscópio inercial que faz parte do sistema de mensuração da atitude disponível no satélite LANDSAT-4.
- *ICT*: Fita com dados de correção de imagem, gerada atualmente no
- *ID*: Identificação da cena (unívoca) DGI para correção de imagens LANDSAT.
- *LINE-LENGTH*: Comprimento da linha de imagem de satélite, que varia para cada varredura.
- *PCM*: Formato em que está a fita analógica que contém os dados de atitude do satélite ("pulse coded modulation").
- *PCT*: Tempo do ponto central da cena LANDSAT ("picture center time").
- *PIXEL*: Elemento mínimo constituinte de uma imagem digital.
- *ROLL, PITCH, YAW*: Movimentos nos três eixos que compõem o sistema de referência do satélite (rolamento, arfagem e guinada).
- *SWEEP*: Varredura correspondente a cada linha da imagem LANDSAT.
- *TIC-MARKS*: Referências para localização da imagem corrigida, que correspondem a indicações de latitude e longitude.
- *UTM*: Projeção cartográfica (Universal Transverse Mercator) na qual são construídas cartas militares.