

POSSIBILIDADES DE OBTENÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS COM UTILIZAÇÃO
DE IMAGENS DO SATÉLITE SPOT

Luis Antonio de Andrade
Diretoria de Serviço Geográfico
5ª Divisão de Levantamento
Rua Major Daemon, 81, Centro, Rio, RJ, CEP 20.081
Brasil

RESUMO

A presente obra, que foi efetuada no decorrer de um estágio de seis meses no Instituto Geográfico Nacional de Paris, França, aborda o desenvolvimento de um estudo sobre as possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite francês SPOT. No estudo foram empregadas imagens do nível 1B do satélite SPOT, cartas topográficas nas escalas de 1:250.000 e 1:100.000, foi escolhida a área de Brasília, Brasil e efetuada uma carta-imagem na escala de 1:50.000. Para tal, foi seguida uma sequência para a confecção de um produto cartográfico que começa com a obtenção de dados SPOT e termina com a impressão de um produto na escala de 1:50.000.

ABSTRACT

This work was developed during a six months probation in the National Geographic Institute of Paris, France, considering the possibilities of getting cartographics products by the use of SPOT french satellite images. The following elements has been used: SPOT images level 1B, topographic maps 1:25.000 and 1:100.000 and the area of Brasilia, Brasil, to make one image map in the scale of 1:50.000.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O satélite francês SPOT foi lançado com sucesso no dia 22 de fevereiro de 1986, pelo foguete ARIANE I, da base de Kourou, na Guiana Francesa, trazendo como mais importantes novidades uma resolução espacial de 10 metros no modo pancromático (P) e de 20 metros no modo multi-espectral (XS), uma melhor repetitividade das observações, assim como a possibilidade de obtenção de visadas oblíquas permitindo a obtenção de pares estereoscópicos de imagens de uma mesma cena tomadas sob diferentes ângulos por ocasião de revoluções orbitais sucessivas do satélite. Apresenta também outras qualidades muito interessantes como a rigidez da órbita em relação a um voo de avião (fato geral em todo satélite de observação da Terra), uma variação de atitude muito inferior a apresentada por um satélite com espelho de varredura móvel, como o LANDSAT, bem como as possibilidades relativas ao registro de variações dos parâmetros diretamente ligados à atitude do satélite. Este conjunto de inovações e qualidades requeridas tornam os dados originais do

satélite SPOT uma importante ferramenta cartográfica, principalmente em se tratando de cartas nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000.

A Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), responsável direta pela cartografia sistemática do território nacional e pela confecção de cartas temáticas de interesse militar, a muito tempo emprega imagens espaciais na confecção de alguns desses produtos e, para tal, trabalhou em convênio com o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), que localiza-se em São José dos Campos, no estado de São Paulo, com utilização de imagens do sensor "Thematic Mapper" (TM) do satélite americano LANDSAT, com a resolução espacial de 30 metros, até aqui o sensor com a melhor resolução espacial disponível.

Todas as inovações e qualidades requeridas apresentadas pelo satélite SPOT, principalmente a melhor resolução espacial e a possibilidade de cobertura estereoscópica, fizeram com que a DSG se interessasse pela realização de provas sobre o novo produto, de maneira a

poder estimar as reais possibilidades de realização de documentos cartográficos compatíveis com as regras de precisão existentes, principalmente visando a complementação da cartografia nacional na escala de 1:100.000, confecção de alguns produtos na escala de 1:50.000, atualização de grande número de cartas existentes bem como a utilização de imagens como ponto de apoio da confecção de documentos de aplicação militar.

O trabalho, elaborado durante a estada de um engenheiro cartógrafo da DSG no IGN de Paris, tem como objetivo avaliar as possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite SPOT. Foi empregado um método sofisticado, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto, cartografia automática, digital e impressão, até a obtenção de um produto final na superfície do território brasileiro.

A utilização do sistema automatizado do Instituto Geográfico Nacional visou a aquisição de conhecimentos sobre a operação de novos aparelhos e a utilização de diferentes métodos porque a DSG encontra-se atualmente em fase de automação de sua cartografia.

As imagens empregadas no trabalho foram adquiridas e a área escolhida foi Brasília, a capital do Brasil. As mesmas são multiespectrais e de nível 1B e permitiram confeccionar um produto cartográfico planimétrico de precisão através da realização de uma correção geométrica com utilização de pontos de apoio retirados de um documento cartográfico existente. A escala escolhida foi a de 1:50.000 e a composição colorida foi obtida por meio de uma combinação linear entre os canais brutos. Para a obtenção da composição colorida foram empregadas técnicas de Sensoriamento Remoto. Os dados complementares como os nomes, símbolos, sinais convencionais e dados do rodapé foram extraídos de documentos cartográficos existentes nas escalas de 1:25.000 e 1:100.000. Os mesmos foram introduzidos na carta com a utilização de técnicas de desenho cartográfico e cartografia automática.

2. PLANO GERAL SEGUIDO

O plano geral seguido é o apresentado na figura 01.

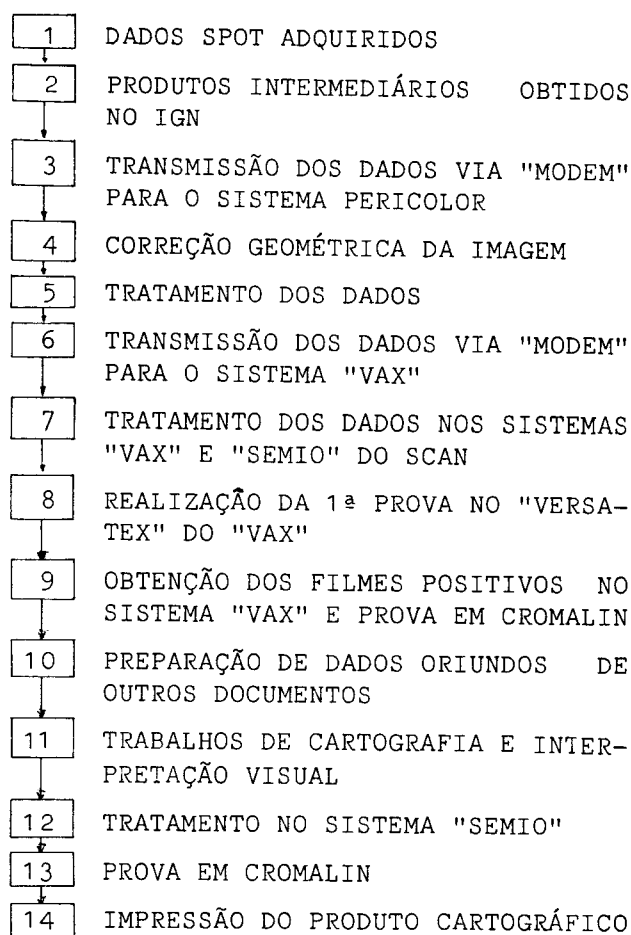


Fig 1 - Plano Geral Seguido

3. SEQUÊNCIA DO TRABALHO

A sequência empregada seguiu a situação apresentada na figura 1.

3.1. DADOS ADQUIRIDOS

Os dados SPOT foram adquiridos à Sociedade SPOT IMAGE.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa sobre a possibilidade de utilização de imagens SPOT cobrindo as áreas do Brasil e, principalmente, Brasília. O resultado da pesquisa indicou a escolha de uma imagem do nível 1B e multiespectral para a confecção de um produto cartográfico com precisão compatível na escala de 1:50.000.

Então, foram adquiridos uma banda magnética CCT 6250 Bpi da imagem SPOT-1 710/382 XS de 09 de maio de 1986, do nível 1B, com a resolução de 20 metros, bem como os negativos das três bandas espectrais na escala de 1:400.000.

3.2. PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS OBTIDOS NO IGN

Para a realização da correção geo-

métrica e do tratamento dos dados foram criados dois produtos intermediários em dois diferentes setores do IGN.

O primeiro produto foi a transformação da banda magnética CCT 6250 Bpi por duas bandas 1600 Bpi através do sistema VAX 780.

O segundo, no laboratório fotográfico, através da ampliação das imagens das bandas 2 e 3 para a escala de 1:100.000.

3.3. TRANSMISSÃO DOS DADOS VIA "MODEM" PARA O SISTEMA PERICOLOR

Os dados guardados no sistema VAX em três bandas são então transmitidos via "MODEM" para o sistema PERICOLOR e geradas, inicialmente, três imagens reamostradas ao passo de sete pixels para cada banda. Após, são geradas dezesseis imagens para cada banda relativa a módulos de 256 X 256 e, finalmente são gravadas quatro imagens relativas a cada banda de 512 X 512 que permitiram a realização de um trabalho sobre o módulo de 1024 X 1024 varrendo assim toda a superfície de interesse que foi escolhida dentro da imagem inteira.

3.4. CORREÇÃO GEOMÉTRICA DA IMAGEM

A correção geométrica da imagem foi realizada no sistema PERICOLOR do IGN.

A imagem encontrava-se praticamente em superposição por ser a região escolhida plana e o ângulo de tomada de vista próximo da vertical (8.8° E). Como pode-se observar na tabela 1, o desvio esperado deveria encontrar-se dentro do intervalo entre 8 e 18 metros.

TABELA 1
DESvio ESPERADO EM FUNÇÃO DO
DESNÍVEL E DO ÂNGULO DE TOMADA DE VISTA

H \ 0	0°	10°	30°	60°
20m	0	3,5m	12,0m	35m
50m	0	8,0m	29,0m	87m
100m	0	18,0m	58,0m	173m
500m	0	88,0m	289,0m	866m
1000m	0	176,0m	577,0m	1732m

Assim haviam pequenas discrepâncias que justificaram a realização de uma correção geométrica. A correção realizada não considerou os dados de atitude medidos durante a tomada de vista.

Foram então escolhidos 8 pontos de apoio completamente identificados nas imagens e cartas (1:25.000 e 1:100.000) para a realização da correção considerada. As coordenadas pixel-linha, a posição na imagem e os detalhes de cada ponto são mostrados na figura 2.

PONTO	DETALHE
1	Cruzamento de duas estradas
2	Lago Paranoá em frente da lagoa
3	Meio do cemitério
4	Parte direita da ponte
5	Cruzamento do rio com a estrada de ferro
6	Cruzamento de estradas
7	Encontro de duas ravinas
8	Lago Paranoá

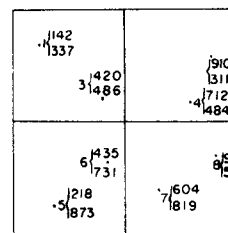


Figura 2 - Pontos de apoio escolhidos, posições na imagem, coordenadas das pixel-linha e detalhes de cada ponto

Após a seleção dos pontos foram utilizadas a câmara Thompson e o "CODIV" para possibilitar a determinação em pixel-linha dos pontos de apoio escolhidos, retirados das cartas topográficas. Portanto, o sistema tornou possível a realização da visualização conjunta imagem-carta, diretamente do vídeo do PERICOLOR.

Finalmente, foi utilizado um programa de correção geométrica que permitiu fazer submeter ao mesmo tempo a uma

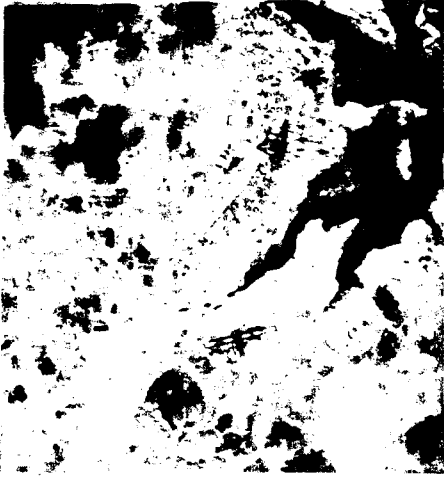


Figura 6 - Imagem realçada do canal 3

O mesmo método foi utilizado para a obtenção das imagens melhoradas dos canais 2 e 1 e os parâmetros escolhidos foram os seguintes:

Canal 2 N = 20 W = 60
 Canal 1 N = 32 W = 62

3.5.3. COMPOSIÇÃO COLORIDA FALSA-COR

Após a obtenção da melhoria radiométrica dos canais, foi obtida uma composição colorida falsa-cor com a associação da banda 3 à cor vermelha, 2 à verde e 1 à azul.

O resultado pode ser observado na figura 7.



Figura 7 - Composição colorida falsa-cor ($R_3 V_2 B_1$)

3:5:4: COMPOSIÇÃO COLORIDA PSEUDO-COR NATURAL

A combinação linear utilizada foi a seguinte:

$$\text{Azul} = XS_1 + 1/4 XS_2$$

$$\text{Verde} = 1/2 XS_2 + 1/2 XS_3$$

$$\text{Vermelha} = XS_2 + 1/2 XS_3$$

$$XS_1 = \text{Valor bruto do canal 1}$$

$$XS_2 = \text{Valor bruto do canal 2}$$

$$XS_3 = \text{Valor bruto do canal 3}$$

Após a obtenção dos novos canais os mesmos foram tratados da forma já descrita anteriormente, com os seguintes parâmetros:

Vermelho : N = 50, W = 47

Verde : N = 25, W = 56

Azul : N = 42, W = 40

As figuras 8, 9 e 10 apresentam, respectivamente os novos canais vermelho, verde e azul, já realçados e geometricamente corrigidos. A figura 11 apresenta a composição colorida pseudo-cor natural, objetivo final do trabalho de sensoriamento remoto.

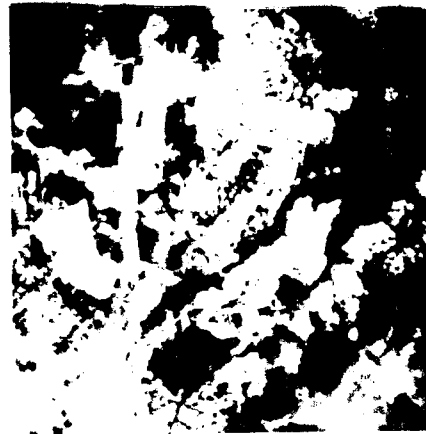


Figura 8 - Canal "vermelho" realçado

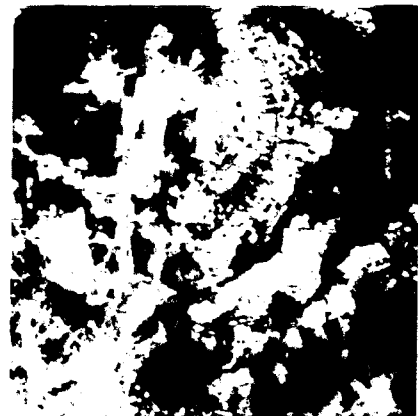


Figura 9 - Canal "verde" realçado

imagem, as operações de translação, dilatação, compressão e rotação. O modelo empregado é linear e da forma:

$$XS = A_0 + A_1 \cdot X_D + A_2 X_D$$

$$YS = B_0 + B_1 \cdot X_D + B_2 Y_D$$

Com XS, YS: Coordenadas origem

X_D, Y_D : Coordenadas destino

$A_0, A_1, A_2, B_0, B_1, B_2$: constantes

3.5. TRATAMENTO DE DADOS

Após a realização da correção geométrica foi feito o tratamento dos dados para a obtenção de uma composição colorida. O objetivo foi dar a cor natural para a maioria dos alvos contidos na imagem.

Para tal, foi utilizado o software do PERICOLOR 1500 e a sequência de trabalho foi a seguinte:

3.5.1. REALÇAMENTO DE CONTRASTE

O realçamento de contraste corresponde a um produto de convolução numa janela de 3 X 3 pixels. Considerando-se os valores dos 9 pixels da janela, o valor do pixel central N_a foi computado com utilização dos fatores de ponderação de um filtro, conforme pode ser observado nas fórmulas abaixo:

A	B	C	N_a	N_b	N_c
D	E	F	N_d	N_e	N_f
G	H	I	N_g	N_h	N_i

$$N'a = \frac{ANA + BNB + CNC + \dots + INI + T}{P}$$

No caso de um realçamento médio, o filtro utilizado é:

$$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 12 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \text{ com } P = 0 \text{ e } T = 0$$

3.5.2. REALÇAMENTO RADIOMÉTRICO DE CANAIS

Após a realização do tratamento anterior foi realizada um realçamento radiométrico dos canais, através do cálculo do histograma relativo a cada ca-

nal, análise dos pixels nos níveis mínimo e máximo e análise da porcentagem dos pixels de cada nível. Posteriormente, com os dados de cada canal, foram determinados os valores N e W através da função linear $G = 2$ e foi traçado o contraste da imagem.

A figura 3 mostra a curva linear $G = 2$, onde pode ser observado que todos os contornos inferiores ao nível N são traduzidos por preto e os superiores a $N + W$ por branco, no caso de utilização de uma escala de níveis de cinza.

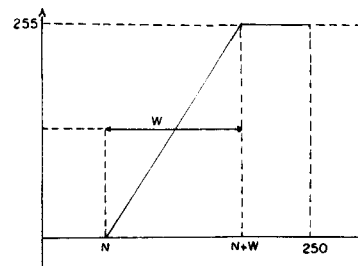
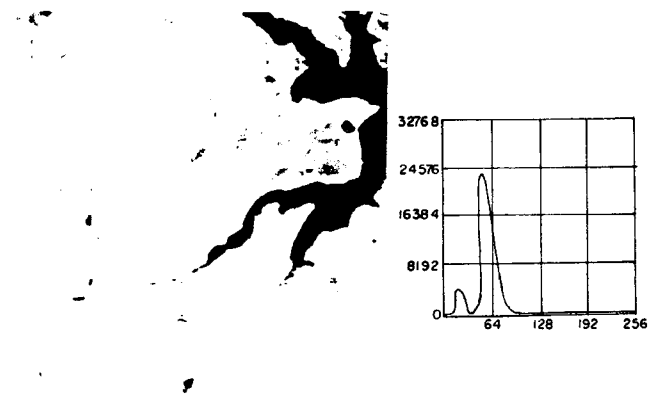


Figura 3 - A curva linear $G = 2$

As figuras 4, 5 e 6 representam, respectivamente, a imagem de um módulo do canal 3 antes do tratamento, o histograma e a imagem realçada.



Figuras 4 e 5 - Imagem do canal 3, antes do tratamento e histograma do canal

Através do exame chega-se a $N = 12$ e $N + W = 92$ e, conseqüentemente a utilização dos valores $N = 12$ e $W = 80$, que foram empregados para a obtenção da imagem da figura 6.

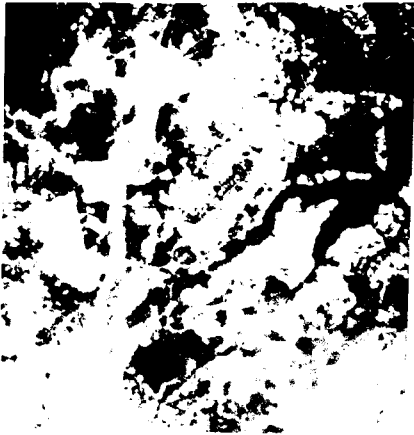


Figura 10 - Canal "azul" realçado



Figura 11 - Composição colorida pseudo-cor natural

3.6. TRANSMISSÃO DOS DADOS VIA "MODEM" PARA O VAX 780 e 750

Da mesma forma com que os dados chegaram ao sistema PERICOLOR, são agora transmitidos de retorno para o sistema VAX 780 e, posteriormente para o VAX 750. Os sistemas são ligados por uma rede ETHERNET.

3.7. TRATAMENTO DOS DADOS NOS SISTEMAS VAX E SEMIO

O arquivo enviado pelo sistema PERICOLOR e que corresponde as cores azul, verde e vermelho, foi transformado em banda magnética 1600 Bpi pelo sistema VAX.

Por ocasião da geração foi feita uma correspondência entre cada um dos 12 níveis remetidos com uma porcentagem de trama segundo especificação geral da tabela 2. Foram também inseridos automa

ticamente os valores angulares de diferentes inclinações para os 3 canais. Os valores utilizados foram 60% para o azul, 30% para o vermelho e 0% para o verde. Para a cor preta foi atribuído um valor angular de 45°. A banda magnética foi então recebida pelo sistema SEMIO.

TABELA 2

NÍVEL DO PERICOLOR E PORCENTAGEM DE TRAMA

NÍVEL DO PERICOLOR	PORCENTAGEM DE TRAMA
1	100%
6	32%
12	0%

3.8. REALIZAÇÃO DA 1ª PROVA NO VERSATEX DO VAX

Após o tratamento anterior foi feita uma prova no plotter eletrostático VERSATEX do sistema VAX, com o objetivo de fazer uma verificação do comportamento da geometria e das fronteiras das zonas.

3.9. OBTENÇÃO DOS FILMES POSITIVOS NO SISTEMA VAX E PROVA EM CROMALIN

Os três positivos são gerados pela câmara a laser que é comandada pelo computador HP-21MXE. Os mesmos foram revelados, fixados e lavados e uma prova em cromalin foi confeccionada.

3.10. PREPARAÇÃO DOS DADOS ORIGINÁRIOS DE OUTROS DOCUMENTOS

De posse da prova em Cromalin foram escolhidos os nomes, símbolos convencionais, alguns pontos cotados, determinadas as origens de coordenadas, dados de rodapé, etc. A maioria dos dados foram extraídos de cartas nas escalas de 1:25.000 e 1:100.000.

3.11. TRABALHOS DE CARTOGRAFIA E INTERPRETAÇÃO VISUAL

Após a realização de preparação dos dados os mesmos foram remetidos para a sessão de desenho cartográfico com o objetivo da realização de trabalhos necessários à geração de um positivo dos dados escolhidos.

As estradas principais foram interpretadas visualmente sobre a imagem e um original foi desenhado.

3.12. TRATAMENTO NO SISTEMA SEMIO

Os dados obtidos foram lidos pelo scanner do sistema SEMIO e inseridos automaticamente no trabalho. Quatro novos positivos foram gerados e uma nova prova em cromalin foi feita. A figura 12 apresenta a prova em cromalin.



Figura 12 - Prova em Cromalin

3.13. IMPRESSÃO DO PRODUTO CARTOGRAFICO

O produto foi impresso no IGN e a carta será mostrada por ocasião da apresentação do trabalho.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O produto em questão é planimétrico, na escala de 1:50.000 e feito a partir de imagens do nível 1B do satélite SPOT.

A imagem foi geométricamente corrigida e superposta a carta existente através da utilização de pontos de controle retirados de documentos cartográficos existentes (escalas de 1:25.000 e 1:100.000).

Em virtude da região ser plana e do ângulo de tomada de vista utilizado ser praticamente vertical, as deformações ocasionadas pelo efeito do relevo foram insignificantes e praticamente eliminaram a necessidade da realização de um pré-tratamento mais sofisticado (nível 3 do SPOT).

4.1. PRECISÃO CARTOGRAFICA DO PRODUTO

Para a definição do modelo da precisão cartográfica do produto, foram consideradas as especificações das instruções reguladoras das regras técnicas

de Cartografia Nacional.

Para a correção geométrica foram considerados 8 pontos de controle identificados na imagem e na carta na escala de 1:100.000.

Após o tratamento dos dados, foi registrado o produto final na escala de 1:50.000 e, para avaliação da precisão cartográfica foram retiradas as coordenadas planimétricas de 10 pontos escolhidos aleatoriamente na carta topográfica de Brasília, escala de 1:25.000, perfeitamente identificáveis na carta-imagem, com o objetivo da realização de um estudo comparativo entre as coordenadas retiradas dos dois sistemas de referência. O desvio calculado foi de 0.223 mm, resultando num modelo de precisão cartográfica de 0.3710 mm. Os resultados classificam o produto como classe A para a superfície do trabalho. Os dez pontos podem ser vistos na figura 13.

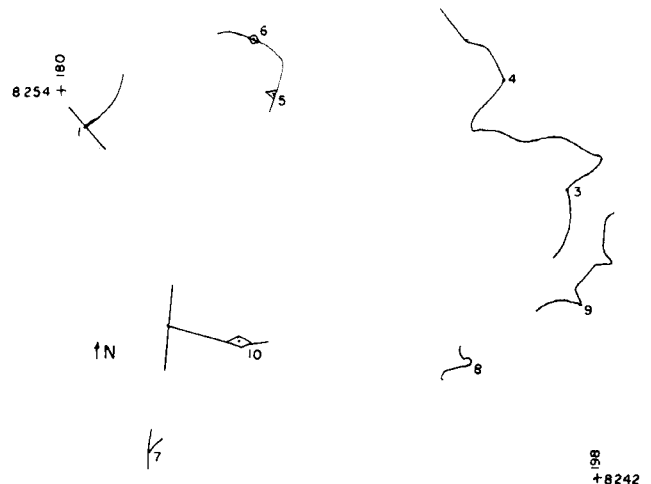


Figura 13 - Pontos selecionados para a definição do PEC

4.2. TRATAMENTO DE DADOS PARA A OBTENÇÃO DA PSEUDO-COR NATURAL

Como as três bandas espectrais continham as regiões do verde, vermelho e infra-vermelho próximo, o trabalho objetivou também a realização de uma combinação linear entre as bandas, para possibilitar a obtenção de uma pseudo-cor natural.

Os dados foram tratados no sistema PERICOLOR e nova composição permitiu a

obtenção de cores bem próximas das cores naturais dos principais alvos de interesse (água, solo, vegetação, etc).

4.3. TRATAMENTO AUTOMÁTICO

O tratamento mostrou a eficácia, rapidez e precisão, principalmente quando o mesmo é feito a partir de imagens orbitais. Ele permitiu a obtenção de positivos finais de alta qualidade.

Apesar do preço do tratamento automático ser bem superior ao método convencional, existem várias vantagens que justificam o emprego do método automático, principalmente na confecção de cartas-imagens.

5. CONCLUSÃO

O trabalho permitiu fazer avaliação das possibilidades de obtenção dos produtos cartográficos a partir de imagens do satélite SPOT. Alguns produtos possíveis são cartas-imagem, atualização de cartas topográficas, utilização de imagens para emprego militar e cartas topográficas ao traço.

5.1 CARTAS-IMAGEM

O produto poderá ser facilmente obtido e sua precisão dependerá da resolução espacial possível (10 metros em P e 20 em XS), do nível de pré-tratamento (1B, 2, 3) e de precisão dos documentos utilizados para extração das coordenadas dos pontos de controle.

A utilização dos níveis de pré-tratamento mais ou menos sofisticados dependerá do ângulo de tomada de vista utilizado e do desnivelamento máximo.

Para a carta-imagem de Brasília, foi suficiente a utilização de imagens do nível 1B e a realização de uma correção geométrica para considerar as prescrições exigidas na confecção de um documento cartográfico na escala de 1:50.000. A existência de vários pontos de controle e de cartas na escala de 1:25.000 facilitou o trabalho.

No caso de inexistência de documentos cartográficos será preciso a obtenção de, ao menos, oito pontos perfeitamente identificáveis nas imagens, através da utilização de alguns procedimentos (doppler, GPS, etc).

5.2 ATUALIZAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

O presente trabalho mostrou também, que as imagens SPOT podem ser con-

sideradas como poderosa ferramenta para atualização de cartas topográficas, principalmente nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000.

O modo pancromático com a resolução espacial de 10 metros deverá ter preferência sobre o modo multiespectral para a atualização de cartas.

5.3 UTILIZAÇÃO DE IMAGENS PARA EMPREGO MILITAR

Todas as características das imagens SPOT, demonstram que as mesmas terão considerável utilidade para as aplicações militares.

O tratamento numérico das imagens permitirá a confecção de produtos temáticos que poderão ter um grau de emprego militar.

As classificações supervisionadas, não supervisionadas e melhoria radiométrica das bandas, são exemplos de artifícios que poderão ser utilizados para obtenção de produtos de interesse militar.

5.4 CARTAS TOPOGRÁFICAS AO TRAÇO

As imagens SPOT permitem também a confecção de cartas topográficas ao traço, a partir da restituição de pares estereoscópicos do nível 1A.

Os produtos fotográficos foram impressos pelo IGN no final do ano passado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L.A Metodologia para a Confecção de mapas Temáticos utilizando dados TM LANDSAT. Dissertação de Mestrado, INPE 3893 - TDL / 225, São José dos Campos, São Paulo, 1986, 10700
- FRANCE Institut Géographique National. Action de Developpement D'evaluation et de formation en Photogrammétrie et Cartographie Spatiale SPOT, 1987, 32pp.
- _____ Bulletin D'information de L'IGN nº 53 1986
- _____ CNES S-NT-081-0091-CN. Géométrie de la prise de vue SPOT, 1983
- NUMELEC Periodor 2001. Logiciel Mega - Pericolor, 1986