

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DOS PRODUTOS DO LANDSAT NO MONITORAMENTO DE PARQUES NACIONAIS

J. R. dos Santos

Instituto de Pesquisas Espaciais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Caixa Postal 515, 12200 São José dos Campos, SP, Brasil

J. H. D. Pinto

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

Ministério da Agricultura

Palácio do Desenvolvimento

Setor Bancário Norte, 139 andar - 70.057 - Brasília - DF

RESUMO

O Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), sentindo a necessidade de dinamizar o processo de fiscalização dos Parques Nacionais, resolveu atuar sobre o problema, utilizando como abordagem as informações do satélite LANDSAT. Desta forma, com a assessoria do Instituto de Pesquisas Espaciais (CNPq/INPE), foi elaborado um projeto de pesquisa, que visa estudar os recursos naturais de vários parques existentes no País. O objetivo deste trabalho é fazer uma análise da metodologia utilizada no tratamento dos dados do sensor MSS e do RBV, levando-se em consideração a experiência adquirida no desenrolar do projeto. Alguns exemplos apresentados ilustram os resultados do tratamento visual e automático dos produtos orbitais aliados às informações de campo, no levantamento da cobertura vegetal, e na indicação de áreas com ação antrópica (desmatamentos, queimadas), dos parques localizados em domínios do Planalto Sul-Brasileiro, do Cerrado, da Encosta Atlântica, entre outros. A característica multiespectral, a visão sinóptica, juntamente com o caráter de repetitividade do sistema LANDSAT, permitem um acompanhamento periódico dos recursos naturais de cada Parque Nacional, servindo como ferramenta adicional ao planejamento de diretrizes atuantes no processo de manejo das áreas de proteção e de conservação.

ABSTRACT

In order to develop a dynamic control process for National Parks the Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) decided to use LANDSAT satellite data. So, with assistance of the Instituto de Pesquisas Espaciais (CNPq/INPE) a research project was developed to study the natural resources of several Brazilian National Parks. The goal of this study, using MSS and RBV products, is to analyse the methodology that was employed. Some examples presented in this report show the results of visual and automatic treatment of orbital products using auxiliary data gathered in the field for the survey of vegetal cover types and as indication of anthropic activity in the parks situated in the dominium of the Planalto Sul-brasileiro, Cerrados and Encosta Atlantica. The multispectral characteristic, synoptic view and the repetitive system of LANDSAT data provide and additional tool for planning and management in the protection and conservation of National Parks.

1. INTRODUÇÃO

Os produtos dos satélites da série LANDSAT têm sido amplamente utilizados no estudo, e no melhor aproveitamento dos recursos naturais, ocasionando um maior dinamismo na etapa de levantamento, principalmente com relação à cobertura vegetal. Assim, pode-se determinar o espaço físico ocupado pelos tipos de vegetação e acompanhar o processo evolutivo de ocupação das terras com a abertura de novas fronteiras agrícolas.

Em face das considerações acima mencionadas, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) resolveu implantar um programa de Monitoramento da Cobertura Vegetal do Brasil utilizando os dados do LANDSAT, com a finalidade de estabelecer melhor as medidas de fiscalização da política florestal do país.

Uma das metas deste programa, que está sendo desenvolvido com a assessoria do Instituto de Pesquisas Espaciais (CNPq/INPE), é o levantamento das reais condições dos recursos florestais existentes nos Parques Nacionais. Aproveitando a experiência adquirida no projeto, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise da utilização de produtos dos sensores MSS e RBV do LANDSAT no monitoramento da cobertura vegetal das áreas de proteção e de conservação.

Assim discute-se a metodologia empregada no tratamento dos dados fotográficos do MSS e do RBV e dos dados digitalizados do MSS contidos em fitas compatíveis com o computador (CCT).

2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Os Parques Nacionais encontram-se espalhados pelas diversas regiões do País, ocupando uma área total de aproximadamente 8.000.000 hectares em domínios do Planalto Sul-brasileiro, do Cerrado, da Amazônia, entre outros. A finalidade destes parques é proteger e conservar os ecossistemas que representam este domínios. A fiscalização destas áreas criadas por decretos governamentais constituiu-se um sério problema, tendo em vista a ampliação da fronteira agro-pastoril que tem levado o homem a uma ação desregrada sobre seus recursos naturais.

Os produtos do LANDSAT são tidos atualmente como uma ferramenta promissora para a fiscalização dos parques nacionais. Através das características multiespectrais e de visão sinóptica pode-se delimitar os diferentes tipos de cobertura vegetal e indicar aquelas áreas com ação antrópica (desmatamento, queimadas) no interior dos parques, bem como o tipo de ocupação da terra nas áreas limítrofes.

Já o caráter de repetitividade do sistema, na coleta de dados sensorizados, pode permitir inclusive a verificação do sentido da evolução desta ocupação pelo homem, de forma a serem tomadas medidas preventivas na fiscalização.

Os dados do LANDSAT provenientes do sensor MSS (Multispectral Scanner Subsystem) empregado no projeto IBDF/INPE, estão na forma de *imagens fotográficas* em papel preto e branco, dos canais 5 (0.6 a 0.7 μ m) e 7 (0.8 a 1.1 μ m), na escala 1:250.000, e na *forma digitalizada* armazenada em fitas CCT com informação dos quatro canais deste sensor. O produto RBV (Return Beam Vidicon) também empregado encontra-se na forma de *imagem fotográfica*, na escala 1:100.000, cujos dados abrangem a faixa espectral de 0,505 a 0,75 μ m.

A análise visual das imagens fotográficas, seja do MSS ou do RBV, está baseada no aspecto fotointerpretativo de tonalidade, ou seja, nos diferentes tons de cinza que cada alvo apresenta na imagem. Para alguns casos tem-se empregado o aspecto de textura fotográfica. Estes dois aspectos fotointerpretativos têm apresentado resultados significativos, conforme os trabalhos de Santos e Novo (1977) e INPE (1981).

No caso das imagens do sensor MSS, aquelas do canal 5 (faixa do visível) e 7 (faixa do infravermelho próximo) são as mais indicadas, em comparação às imagens dos canais 4 (0.5 a 0.6 μ m) e 6 (0.7 a 0.8 μ m), para a caracterização da vegetação e para a delimitação de áreas com ação antrópica (Aoki e Santos, 1980).

Apesar de coletar informações em apenas uma faixa espectral, a imagem do RBV apresenta melhor resolução espacial (cerca de 30 metros do terreno) comparada à imagem do MSS. Assim, ao ganho de informações oriundas das imagens MSS em duas faixas espectrais (visível e infravermelho próximo) juntam-se as imagens do RBV (maior resolução), as quais, podem permitir uma melhor discriminação das unidades em estudo.

Cabe aqui evidenciar que após a análise dos dados sensorizados, são efetuados *trabalhos de campo*, que visam verificar as unidades mapeadas. Através de percursos terrestres e/ou aéreo pode-se ter o aspecto fisionômico dos tipos de cobertura vegetal e a comprovação in loco da ação desregrada do homem sobre os recursos no interior dos Parques Nacionais.

O tratamento automático dos dados digitalizados (contidos em fitas CCT), é realizado no sistema IMAGE-100, um analisador interativo de imagens multiespectrais (General Electric Company, 1975).

O procedimento utilizado neste tipo de estudo corresponde a uma análise supervisionada, através do método MAXVER (Velasco et alii, 1978). Com toda a cena armazenada e colocada no vídeo do IMAGE-100, o passo inicial é a delimitação da área de interesse por meio do programa "TRAÇO" e posteriormente a ampliação na escala 1:100.000. Com isto, selecionam-se as amostras de treinamento (áreas representativas das classes a serem mapeadas) para a obtenção das assinaturas espectrais, ou seja os valores de níveis de cinza dos quatro canais. Assim, classifica-se toda a cena ou a área de interesse, tendo-se como produto de saída um "print-out" (mapa alfanumérico).

O algoritmo classificatório empregado no MAXVER (Velasco et alii, 1978) oferece, além dos parâmetros espectrais de cada classe mapeada, a matriz de covariância e a matriz de classificação que permite avaliar o grau de superposição entre todas as classes.

Outro procedimento testado na análise automática é o método não-supervisionado (clustering), através do programa "MEDIA K". Este programa divide a massa de dados, associando cada vetor ao centro mais próximo, obtendo-se assim a média e a matriz de covariância de cada um dos agregados, ou melhor, de cada classe formada. Ao empregar este algoritmo, têm-se utilizado informações de apenas dois canais do MSS (5 e 7), o que permite uma seleção satisfatória de atributos em curto tempo de processamento.

A metodologia de análise automática empregada no projeto IBDF/INPE está em desenvolvimento. Desta forma está sendo aplicada

tentativamente em áreas testes (20 km x 20 km) selecionadas de alguns Parques Nacionais.

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para facilitar a discussão do assunto são feitos em separado, os comentários sobre os resultados alcançados, respectivamente, pelos produtos do sensor RBV e MSS/LANDSAT no monitoramento dos Parques Nacionais.

3.1 - PRODUTO DO RBV

A relevância deste produto, em termos de discriminação da vegetação, pode ser constatada ao se analisar a imagem (órbita 192, ponto 22, subcena A) que cobre o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Goiás) situado entre as coordenadas 47°24' a 47°58' W e 13°50' a 14°12' S. As nuances de tons de cinza apresentados na imagem permitem discriminar a vegetação em áreas com altitude média de 600 metros daquelas mais elevadas (1000 metros).

Nas áreas topograficamente mais baixas, a imagem (Figura 1) obtida na época seca mostra a dominância do campo cerrado, que se apresenta com tonalidade de cinza-claro mosqueada em razão do estrato graminóide estar totalmente seco, mostrando sobretudo áreas com solo exposto. Nas áreas de altitude mais elevadas ocorrem os campos limpos e o cerrado, provavelmente em razão das unidades geológicas e os tipos de solo serem diferentes daquelas áreas topograficamente mais baixas.



Fig. 1 - Aspecto da unidade campo cerrado na imagem do RBV.

Outro exemplo interessante, que evidencia o uso da imagem RBV no monitoramento das áreas de preservação, diz respeito à imagem de órbita 359 (ponto 24) que cobre o Parque Nacional de Monte Pascol ($39^{\circ}08'$ a $39^{\circ}30'W$ e $16^{\circ}50'$ a $17^{\circ}00' S$). Este produto mostra a nítida distinção entre as áreas de floresta perinifolia higrófila costeira, de tonalidade escura e textura homogênea, e aquelas áreas de capoeira (tons de cinza-claro) em diversos estágios provenientes de antigas culturas. Nas áreas limítrofes a este parque pode-se notar a ação antrópica acentuada originária da derubada da floresta primitiva.

Ainda com relação às áreas limítrofes, a imagem do RBV, pela sua melhor resolução geométrica, identifica mais facilmente as áreas em que a vegetação foi retirada para a introdução de projetos agropecuários. Tal fato pode ser constatado ao se analisar a imagem de órbita 234 (ponto 25, subcena A) que engloba o Parque Nacional de Emas (Goiás), situado entre as coordenadas $52^{\circ}30'$ a $53^{\circ}10'W$ e $17^{\circ}50'$ a $18^{\circ}15'S$. A tonalidade e sobretudo a "forma" são os parâmetros básicos quando da análise visual de imagem do RBV para a identificação dos inúmeros projetos agrícolas que cercam este parque (Figura 2), além de permitirem o traçado da rede viária em toda a região.

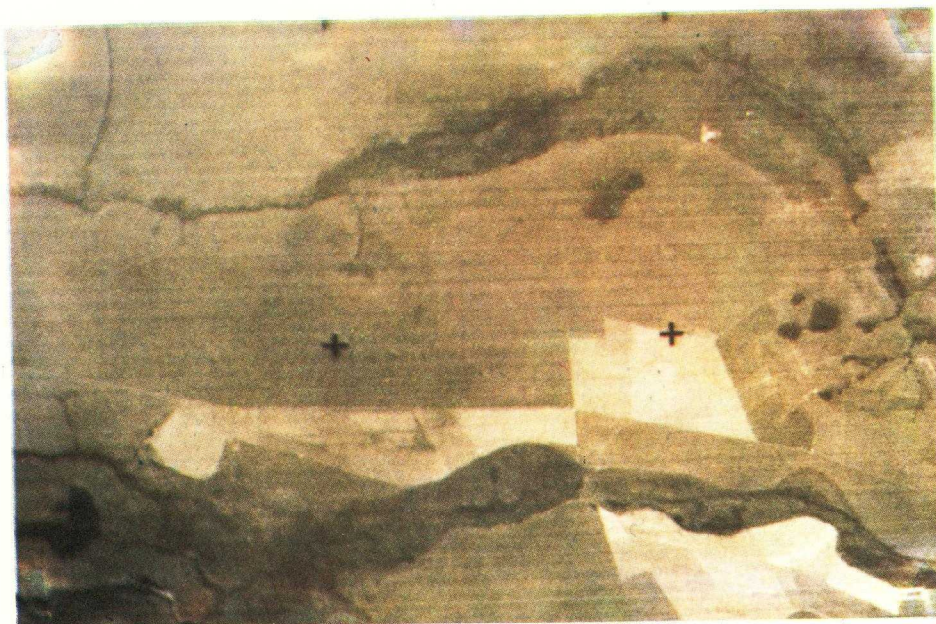


Fig. 2 - Aspecto de projetos agrícolas nos limites do Parque Nacional de Emas (GO).

3.2 - PRODUTO DO MSS

Um dos primeiros trabalhos realizados sobre parques do Brasil, utilizando-se as imagens do sensor MSS, foi elaborado por Aoki e Santos (1978). Este estudo foi desenvolvido no Parque Nacional de Brasília, visando a caracterização da vegetação de Cerrado em função do grau de biomassa e a extensão das áreas atingidas pelo fogo (imagens de ago/1975). Além disso, com imagens posteriores (ago/1977) estes autores mostraram a importância das imagens do MSS para o acompanhamento da regeneração da vegetação após as queimadas. A conclusão do trabalho mostra que os canais 5 ($0,6$ a $0,7 \mu m$) e 7 ($0,8$ a $1,1 \mu m$) oferecem maiores informações que os demais canais do sensor MSS, independente se a análise é feita sobre os produtos fotográficos ou digitalizados (fitas CCT).

Com relação à análise de produtos fotográficos, pode-se citar que as imagens do MSS, de escalas $1:500.000$ e $1:250.000$, permitiram

um levantamento integrado dos recursos naturais do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós) situada entre as coordenadas $56^{\circ}16'$ a $57^{\circ}32' W$ e $3^{\circ}50'$ a $5^{\circ}00' S$ (Pinto et alii, 1980). Na extensão da área de $1.000.000$ ha esta técnica de sensoriamento remoto permitiu o levantamento geológico, geomorfológico e da cobertura vegetal.

O comportamento espectral da cobertura vegetal nas imagens MSS, definido pelo padrão de tonalidade, tem propiciado a delimitação precisa dos diferentes tipos de vegetação. Isto pode ser constatado na observação das imagens de órbitas 220 e 234 (pontos 19 e 20) que cobrem o Parque Nacional do Araguaia localizado entre as coordenadas $49^{\circ}56'$ a $50^{\circ}37' W$ e $9^{\circ}50'$ a $10^{\circ}50' S$. Estas imagens permitem a caracterização de diferentes unidades, dentre as quais, a floresta tropical densa, a floresta em galeria, o campo cerrado inundável. Comparando-se os dados de época seca e aqueles de época chuvosa, pode-se perfeitamente indicar as áreas que topograficamente encontram-se mais elevadas e não

sofrem problemas de inundação. Ainda com as imagens da época seca, pode-se verificar a presença de queimadas no interior do parque que evidencia a prática do pastoreio.

Uma dificuldade encontrada no manuseio dos produtos fotográficos do MSS se faz sentir quando da justaposição das imagens de órbitas subsequentes, em razão da distorção geométrica. Esta distorção pode ser significativa, caso no decorrer do processamento o programa de posicionamento da imagem não seja feito adequadamente, ou ainda devido à dilatação diferencial do papel fotográfico.

A justaposição de imagens é normalmente necessária naqueles parques com grande extensão, como o Parque Nacional do Araguaia, que é recoberto por quatro imagens do MSS.

O volume de informações gerado pelos quatro canais do MSS, requer as necessidades de interpretação automática para uma análise mais rápida dos dados digitalizados. O realce dos dados coletados é outro fator (em alguns casos) que requer a análise automática para facilitar a extração de informações, permitindo assim uma melhor classificação.

Na análise automática, o procedimento utilizado com o programa MAXVER (supervisionado) tem apresentado resultados expressivos quando da classificação das diferentes unidades de vegetação, assim como da demarcação das áreas alteradas pela ação do homem.

Citando como exemplo a análise automática de informações do Parque Nacional de Iguaçu (53°40' a 54°38' W e 25°05' a 25°41' S), o programa MAXVER permite a discriminação, na área teste trabalhada (20 km x 20 km), de áreas ocupadas com florestas e com projetos agrícolas (Figura 3), com um desempenho médio do sistema em torno de 97,4%. Na observação deste par que pode-se também delimitar aquelas áreas em processo de regeneração.

A integração homem/máquina na análise e os vários programas do sistema IMAGE-100 permitem ao analista melhorar o grau de classificação. Exemplo disso é com a utilização do programa "ANÁLISE DAS AMOSTRAS" que, através da aquisição e/ou subtração de novas amostras de treinamento, permite obter os novos parâmetros espectrais da classe estudada, podendo aumentar o desempenho da classificação (Velasco et alii, 1978).

Os resultados comprovadamente satisfatórios em termos de mapeamento da vegetação e de atividades antrópicas nos Parques Nacionais, com o emprego da análise automática, tem sido obtidos em sessões com a duração média de 3 ho-

ras, no sistema IMAGE-100, com custos aproximados de Cr\$ 320,00/km²*.

O conhecimento de campo para a escolha das amostras de treinamento a serem empregadas na análise supervisionada é muito importante por permitir uma maior confiabilidade ao desempenho do sistema.

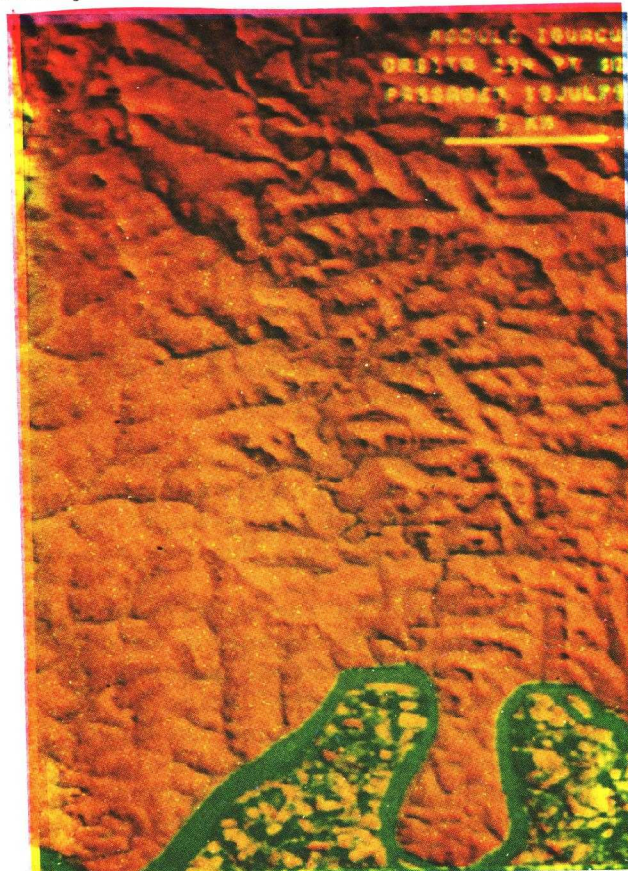


Fig. 3 - Aspecto de área preservada com a floresta pluvial no Parque Nacional de Iguaçu.

- Esta foto foi obtida da projeção da cena (orb. 234, ponto 30) no vídeo do sistema IMAGE-100.

Na análise não-supervisionada (programa MÉDIA K), a discriminação das classes independentemente do conhecimento de campo. Os "pixels" com parâmetros espectrais semelhantes são agrupados, e os diferentes agregados mostram a distribuição espacial ocupada pelas classes na área de estudo. Este procedimento não-supervisionado parece ser recomendável quando se deseja ter noção do número de classes possivelmente identificáveis na cena e da área ocupada por cada classe. Isto pode até mesmo faci-

* Este valor refere-se apenas ao custeio da máquina (IMAGE-100) e da fita CCT, não estando incluído os gastos com operador e pesquisador envolvido no estudo.

litar uma posterior etapa de campo que, com a distribuição espacial dos agregados (classes), pode-se checar os limites mapeados.

O tempo de duração da interpretação com o programa média K (dois canais) desde a leitura da fita para o IMAGE-100 até a obtenção do "printout" com a distribuição das classes mapeadas é de aproximadamente 1 1/2 hora.

4. CONCLUSÃO

A eficácia dos parâmetros fotointerpretativos na análise visual das imagens do LANDSAT, seja do RBV ou do MSS, tem feito dos produtos fotográficos uma ferramenta importante para o levantamento da cobertura vegetal e, sobretudo, para o apoio à fiscalização das áreas de preservação dos vários ecossistemas, em face do crescente aumento da exploração agropecuária no País.

Desta forma, este tipo de abordagem vem provar o êxito do trabalho realizado pelo IBDF com a assessoria do INPE na avaliação dos recursos florestais dos Parques Nacionais.

Idêntico resultado se faz sentir com o tratamento automático, independente do método utilizado. Comparando-se o método supervisionado ao não-supervisionado, este último requer menor tempo de máquina, o que acarreta menor custo. Porém através da experiência adquirida, o programa MAXVER (supervisionado) é recomendável principalmente por permitir uma inferência de informação obtida na verificação de campo. A interação homem/máquina é importante, podendo parecer subjetiva, porém deve-se lembrar que o levantamento da cobertura vegetal, em especial, é uma etapa muito complexa, que geralmente exige o conhecimento prévio das condições fitofisionômicas da vegetação em estudo.

Comparando-se a análise dos dados na forma fotográfica com aquela na forma digitalizada, pode-se comentar que, pelo fato de o IBDF utilizar os produtos do LANDSAT como forma de fiscalizar os Parques Nacionais, o método visual está no presente momento ao alcance de maior número de técnicos daquele Instituto, que podem assimilar rapidamente a metodologia de interpretação.

No caso da análise automática, após os testes que se têm realizado satisfatoriamente, ter-se-á uma abordagem rápida e com desempenho significativo, estando porém a metodologia do manuseio dos dados digitalizados, ao alcance de um pequeno grupo de técnicos do IBDF. A isto alia-se a necessidade de um analisador interativo de imagens ou outros sistemas que estejam acoplados a computadores com "hard e software" específicos para a análise dos dados digitais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOKI, H; SANTOS, J.R. dos. *Estudo da vegetação de Cerrado na área do Distrito Federal, a partir de dados orbitais*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-1730-TDL/026)
- . *Monitoramento do Parque Nacional de Brasília através de dados orbitais*. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 1, novembro, 1978.
- GENERAL ELECTRIC. *Image-100 - interactive multispectral image analysis system: user manual*. Daytona, 1975.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto Amazonas: Aplicação das técnicas de sensoriamento remoto para levantamento integrado dos recursos naturais do Amazonas*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2019-NTE/166).
- PINTO, J.H.D.; SANTOS, J.R. dos; CHIANG, L.C.; NIERO, M.; PINTO, S. dos A.F.; CARVALHO, V. C. de. *Levantamento integrado dos recursos naturais da área do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), baseado nas imagens MSS do LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, set. 1979. (INPE-1577-RPE/074).
- SANTOS, A.P. dos; NOVO, E.M.L.M. *Avaliação do uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no sudoeste da Amazônia Legal*. Tese de mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1044-IPT/056).
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER: manual do usuário*. São José dos Campos, jul. 1978. (INPE-1315-NTI/110).