



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES/AUTHORS: ÁREAS REFLORESTADAS
SPOT

AUTORIZADO POR/AUTHORIZED BY

p/ Marco Antonio Raupp
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Pedro Hernandez Filho
Pedro Hernandez Filho

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Yosio E. Shimabukuro
Yosio Edemir Shimabukuro

CDU/UDC

634.0.233:528.854

DATA / DATE

Julho, 1988

TÍTULO/TITLE	<p>PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO INPE-4624-PRE/1343</p> <p>IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS UTILIZANDO DADOS DO SATÉLITE SPOT</p>
	<p>AUTORES/AUTHORSHIP</p> <p>Pedro Hernandez Filho</p>

ORIGEM
ORIGIN

DPA

PROJETO
PROJECT

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

12

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

11

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Este trabalho tem por objetivo avaliar os dados do satélite SPOT no levantamento de áreas reflorestadas. A área de estudo (4.000,00ha), localiza-se no município de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil, sendo reflorestada com *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. caribae* (Fazenda Campininha, Instituto Florestal de São Paulo) e *E. grandis* e *E. saligna* (Horto Santa Terezinha - Champion Papel e Celulose). A imagem utilizada foi aquela obtida pelo modo multiespectral XS (714-394), 15/06/86, em papel, composição colorida 3,2, 1, escala 1:100.000. Utilizou-se o procedimento de análise visual de imagens, considerando os elementos clássicos de fotointerpretação convencional, tais como tonalidade, textura fotográfica, forma etc. para a identificação das áreas reflorestadas. As classes mapeadas foram Pinus-1 (*P. elliottii*, *P. oocarpa*), Pinus-2 (*P. taeda*, *P. caribae*, *P. patula*) e Euca (*Eucalyptus-spp*) sendo que a precisão de classificação geral ficou em torno de 90%. Os resultados alcançados revelam que as imagens SPOT são muito úteis para a caracterização e mapeamento de áreas reflorestadas.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

Trabalho aceito para publicação no "6º Congresso Florestal Estadual" de 19 a 24 de setembro de 1988 em Nova Prata - RS.

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS UTILIZANDO DADOS
DO SATÉLITE SPOT

Pedro Hernandez Filho
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

SUMÁRIO

Este trabalho tem por objetivo avaliar os dados de satélite SPOT no levantamento de áreas reflorestadas. A área de estudo (4.000,00 ha), localiza-se no município de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil, sendo reflorestadas com P. elliottii, P. taeda, P. patula, P. oocarpa, P. caribae (Fazenda Campininha, Instituto Florestal de São Paulo) e E. grandis e E. saligna (Horto Santa Terezinha - Champion Papel e Celulose). A imagem utilizada foi aquela obtida pelo modo multiespectral XS (714-394), 15/06/86, em papel, composição colorida 3, 2, 1, escala 1:100.000. Utilizou-se o procedimento de análise visual de imagens considerando os elementos clássicos de fotointerpretação convencional, tais como tonalidade, textura fotográfica, forma, etc. para a identificação das áreas reflorestadas. As classes mapeadas foram Pinus-1 (P. elliottii, P. oocarpa), Pinus-2 (P. taeda, P. caribae, P. patula) e Euca (Eucalyptus-spp) sendo que a precisão de classificação geral ficou em torno de 90%. Os resultados alcançados revelam que as imagens SPOT são muito úteis para a caracterização e mapeamento de áreas reflorestadas.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the application of the SPOT satellite data to the assessment of reforested areas. The study area (4,000.00 ha) is localized at the municipality of Mogi-Guaçu in the state of São Paulo, Brasil, and is reforested by Pinus elliotti, P. taeda, P. patula, P. oocarpa, P. caribae (Campininha farm of the Forestry Institute of the state of São Paulo) and Eucalyptus grandis and E. Saligna (Santa Terezinha Park - Champion Paper and Cellulose). The utilized image is the one acquired by the multispectral mode XS (714-374), 06/15/86, hard copy, color composite 3, 2, 1 at the scale of 1:100,000. The procedure for visual interpretation of the image considered classical features of conventional photo-interpretation such as tone, photographic texture, shape, etc, in order to identify the reforested areas. The mapped classes are Pinus-1

(P. elliottii, P. oocarpa), Pinus-2 (P. taeda, P. caribea, P. patula) and Euca (Eucalyptus spp) and the overall classification accuracy reached circa 90%. The obtained results reveal that the SPOT images are very useful to the characterization and mapping of reforested areas.

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 60, a atividade de reflorestamento adquiriu uma expressiva expansão no Brasil, provocada pela promulgação da lei dos incentivos fiscais a qual permite um abatimento no imposto de renda devido ao governo federal, para aplicar estes recursos neste tipo de atividade. Atualmente, existem cerca de 6.000.000,00 ha de florestas plantadas principalmente com Pinus spp e Eucalyptus, cujo uso principal é a transformação em papel, celulose e carvão. A necessidade de saber onde estão localizados e em que condições se encontram os reflorestamentos, é básica para o estabelecimento de um programa de uso destes recursos florestais; porém os métodos convencionais para a sua avaliação tem demonstrado demasiadamente lentos e caros.

Com o advento da técnica de sensoriamento remoto, principalmente a nível orbital, permitiram que as técnicas de avaliação das florestas plantadas fossem desenvolvidas, possibilitando o seu conhecimento de maneira mais rápida e econômica. Os dados do satélite LANDSAT coletados pelo sensor MSS e TM tem sido utilizados, com sucesso, na avaliação dos recursos florestais como podem ser observados nos trabalhos produzidos por Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) e Hernandez Filho et al, (1986).

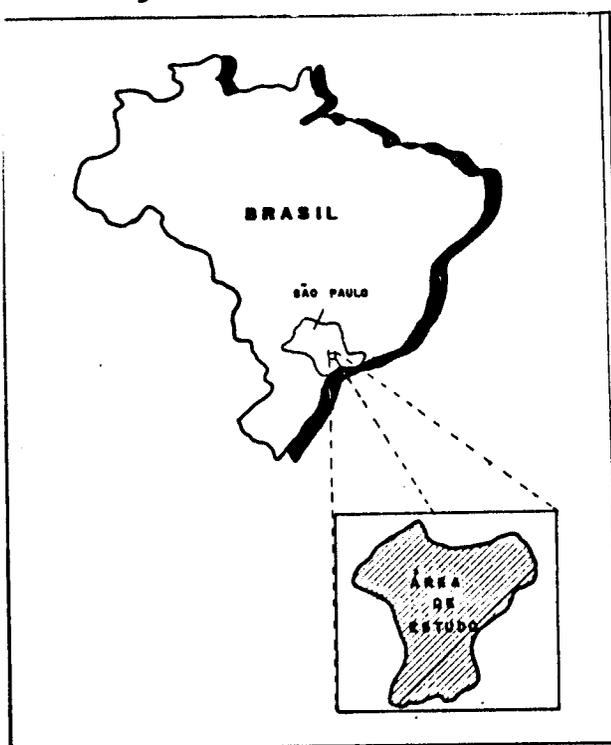
Com o lançamento do satélite SPOT, com características espectrais, repetitivas e geométricas diferentes dos anteriores e com possibilidade de se obter um par estereoscópico, possibilitaram novas perspectivas para os estudos florestais.

O objetivo deste trabalho é avaliar os dados do satélite SPOT no mapeamento das áreas de reflorestamento de Pinus spp e Eucalyptus spp e aplicar um método para determinar a precisão de classificação das classes obtidas durante o processo de interpretação visual.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1) e está compreendida entre os paralelos de 22°05' e 22°20' de latitude sul e meridianos de 47°00' e 47°15' de longitude oeste. Esta área, aproximadamente 4.000,00 ha, contém a Fazenda Campinha, reflorestada com Pinus spp, pertencente ao Instituto

Florestal de São Paulo (IFSP) e o Horto Florestal Santa Terezinha da Champion Celulose e Papel (CCP) reflorestada com *Eucalyptus* spp. As espécies de *Pinus* são: *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. caribaea*, *P. caribaea hondurensis*, *P. caribaea bahamensis*, *P. oocarpa* e *P. patula*. As espécies de *Eucalyptus* são: *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urofila*.



3. MATERIAL

Foi utilizada imagem do satélite SPOT, órbita 714-394, composição colorida 1, 2 e 3, em papel, escala 1:100.000, adquirida em 15 de junho de 1986.

Fotografias aéreas, pancromáticas, escala 1:25.000, obtidas em maio de 1987, mapas das Fazenda Campininha e Horto Santa Terezinha e as folhas Conchal e Rio Capetinga, escala 1:50.000, da Carta do Brasil (IBGE, 1973) foram utilizados como dados auxiliares neste trabalho.

O equipamento Procom-2 foi usado para ampliar e ajustar o produto da interpretação na base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4. MÉTODO

O trabalho teve uma fase inicial onde foi feito um conhecimento prévio de estudo e foram observadas as seguintes características fisionômicas dos reflorestamentos de Pinus e Eucalyptus, bem como os aspectos relacionados com suas idades e espécies. Na análise visual dos dados SPOT foram empregados os conceitos clássicos de fotointerpretação, tais como, tonalidade, textura fotográfica etc. (Hernandez Filho, 1986), procurando associar todas as espécies e as várias idades dos reflorestamentos com os padrões apresentados nas imagens.

O resultado desta interpretação, feita em papel acetado, escala 1:100.000, foi colocado no equipamento Procom-2, com a finalidade de ampliá-lo e ajustá-lo na base 1:50.000 do IBGE e representá-lo na base cartográfica.

A precisão de classificação das classes obtidas na interpretação, foi estimado através do procedimento utilizado por Gerenden, 1976, onde o número de amostras e a precisão de interpretação podem ser obtidos conforme mostrado na Tabela 1.

O número de amostras (x) escolhidas para cada classe foi de 60 para se obter uma precisão de classificação (q) de 0,95. Para isto, o nível de probabilidade está situado entre 0,5472 e 0,0461 conforme pode ser verificado na Tabela 1.

TABELA 1

PROBABILIDADE DE NÃO OCORRER ERRO EM NÚMERO VARIADO DE AMOSTRAS DE UMA

POPULAÇÃO COM UM INTERVALO DE PROPORÇÕES DE ERRO REAL

(X) NÚMERO DE AMOSTRAS

q \ x	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
.99											
.95											
.90			0.2059	0.1216	0.0718	0.2146	0.1661	0.1285	0.0994	0.0769	0.5472
.85			0.0874	0.0388	0.0172	0.0424	0.0250	0.0148	0.0087	0.0052	0.0461
.80		0.1074	0.0352								
.70	0.1681	0.0282									
.60	0.0778										
.50	0.0313										

— as linhas indicam aproximadamente 0,05 de nível de probabilidade

Para calcular a precisão de classificação foram demarcadas na interpretação da imagem SPOT, 60 pontos para cada classe as quais foram verificados no campo a sua representação.

A precisão de interpretação foi calculada através do modelo proposto por Kalensky e Wightman, 1976 onde foram calculados:

$$P_i (\%) = \frac{T_i}{A_i} \quad (1)$$

onde:

P_i = precisão de interpretação da classe i

T_i = número de pontos classificados corretamente da classe.

A_i = número total de pontos da classe i .

$$K (\%) = (\sum N_i / N) \times 100 \quad (2)$$

onde: K = precisão de interpretação geral

$\sum N_i$ = número total de pontos classificados corretamente em todas as classes

N = número total de pontos de todas as classes.

A precisão de mapeamento (M_i %) da classe i é:

$$M_i (\%) = \frac{N_i}{N_i + E_i} \cdot 100 \quad (3)$$

onde: N_i = número de pontos classificados corretamente na classe i

E_i = número de pontos errados na classe i , (soma dos erros de omissão e inclusão).

A precisão de mapeamento geral (M %) é:

$$M (\%) = \frac{\sum W_i M_i}{\sum W_i} \cdot 100 \quad (4)$$

onde: $W_i = \frac{N_i}{N}$ = peso da classe i .

Um exemplo de cálculo das precisões de interpretação é apresentado a partir da Tabela 2.

Para a classe Eucalyptus, a precisão de interpretação, fórmula 1, é:

$$Pi(\%) = \frac{Ti}{\Sigma Ti} \times 100 = \frac{57}{60} = 95\%$$

A precisão de interpretação geral (K), fórmula 2, é:

$$K(\%) = \frac{58 + 57 + 57 + 52}{240} = 93,3$$

Precisão de mapeamento (Mi), fórmula 3, é:

$$Mi(\%) = \frac{57}{57 + 3 + 3} = 90,5\%$$

Precisão de mapeamento geral (M%), fórmula 4, é:

$$M(\%) = \frac{\frac{58 \times 86,6}{240} + \frac{57 \times 93,4}{240} + \frac{57 \times 90,5}{240} + \frac{52 \times 80,0}{240}}{\frac{58}{240} + \frac{57}{240} + \frac{57}{240} + \frac{52}{240}} = 87,8$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação dos reflorestamentos da área de estudo considerou tonalidade e textura fotográfica e também as suas formas geométricas. Normalmente, as áreas reflorestadas com Pinus apresentam quadras regulares de 500x500 m (25 ha) e as de Eucalyptus com 500 x 1000 m (50 ha). Os reflorestamentos com Pinus foram divididos nas classes Pinus-1 (P. elliotii e P. oocarpa) e Pinus-2 (P. caribaeae hondurensis, P. taeda, P. patula, P. caribaeae bahamensis, P. caribaeae caribaeae). A classe Pinus-2 geralmente apresentava uma tonalidade mais escura do que a classe Pinus-1. Os reflorestamentos com Eucalyptus foram considerados numa única classe, denominada de Euca, incorporando as áreas com E. grandis, E. saligna e E. urofila. As diferenças de tonalidade apresentadas na imagem provocada por áreas reflorestadas com Eucalyptus recentemente cortadas, não foram consideradas na classe Eucalyptus. As demais ocorrências de uso da terra foram considerados na classe outros. Figura 2.

Durante o trabalho de campo foram verificados 60 amostras para cada classe (Pinus-1, Pinus-2, Eucalyptus e outros) totalizando 240 observações. Assim, foi possível construir uma matriz da precisão de interpretação, que é mostrada na Tabela 2.

TABELA 2

MATRIZ CONFUSÃO DE PRECISÃO DE INTERPRETAÇÃO

C L A S S E	VERIFICAÇÃO DE CAMPO					TOTAL
	PINUS - 1	PINUS - 2	EUCALYPTUS	OUTROS		
INTERP. DA IMAGEM	PINUS-1	58	1	0	1	60
	PINUS-2	2	57	0	1	60
	EUCALYPTUS	0	0	57	3	60
	OUTROS	5	0	3	52	60
TOTAL	Nº	65	58	60	57	240
	%	27,1	24,1	25,0	23,8	100
ERRO DE INCLUSÃO	Nº	7	1	3	5	
	%	10,8	1,7	5,0	8,8	
ERRO DE OMISSÃO	Nº	2	3	3	8	
	%	3,3	5,0	5,0	13,3	
PREC. DE INTERPRET. %		96,7	95,0	95,0	86,7	
PREC. DE MAPEAMENTO %		86,6	93,4	90,5	80,0	
PRECISÃO DE INTERPRETAÇÃO GERAL %						93,3
PRECISÃO DE MAPEAMENTO GERAL %						87,8

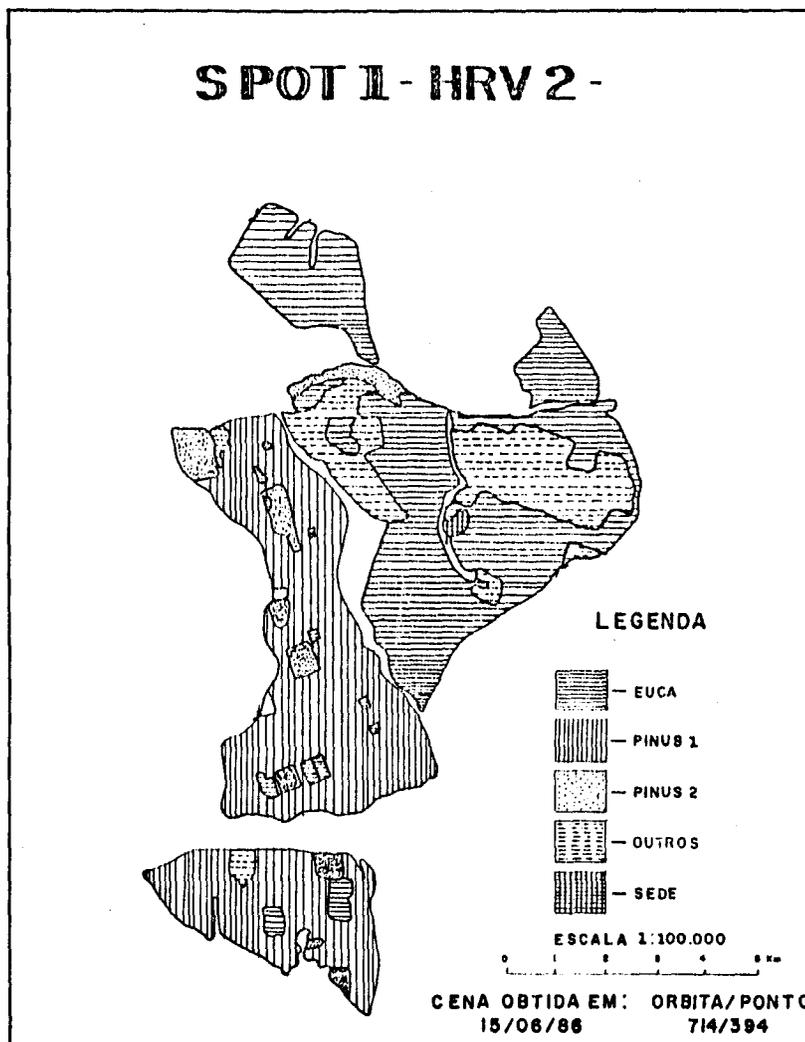


Fig. 2 - Interpretação das áreas reflorestadas

As precisões de interpretação para as classes Pinus-1 (96,7%), Pinus-2 (95,0%) e Eucalyptus (95,0%) são consideradas muito boas. Este desempenho é fruto do bom conhecimento do analista pela área de estudo e também pelas boas qualidades da imagem SPOT. As precisões de mapeamento, as quais são consideradas os erros de omissão de interpretação em cada classe, são consideradas bem eficientes, apesar da classe Pinus-1 (86,6%) incluir 5 pontos de inclusão na classe outros.

A classe outros foi a que apresentou a menor performance na precisão de interpretação e mapeamento, motivada pelos erros de inclusão e omissão ocorridos principalmente na classe eucalyptus (3) e Pinus-1 (5).

A precisão de interpretação (93,3%) e mapeamento (89,7%) geral são considerados aceitáveis, demonstrando a grande utilidade da imagem SPOT em papel para fins de interpretação visual das áreas reflorestadas.

6. CONCLUSÃO

A imagem SPOT na forma fotográfica utilizada para fins de identificação e mapeamento de áreas reflorestadas, Pinus e Eucalyptus, apresentaram extremamente valiosa, permitindo a separação de duas classes do gênero Pinus (Pinus-1 e Pinus-2) e uma classe do gênero Eucalyptus. Na classe Pinus-1 foram incorporados os reflorestamentos com P. *elliottii* e P. *ocarpa* e na classe Pinus-2 foram consideradas as áreas reflorestadas com P. *taeda*, P. *patula*, P. *caribeeae*, P. *bahamensis*, P. *caribeeae hondurensis*). A precisão de interpretação e de mapeamento para as classes Pinus-1 (96,7 e 86,6), Pinus-2 (95,0 e 93,4) e Eucalyptus (95,0 e 90,5) mostrou que a utilização das imagens SPOT para fins de identificação e mapeamento foi bastante eficiente. O motivo que influenciou no bom andamento do mapeamento das áreas reflorestadas foi o bom conhecimento da área de estudo pelo analista. A classe outro, incluindo os demais uso da terra da área de estudo, como por exemplo, solo preparado, citrus, soja, apresentou o mais baixo desempenho em relação às classes de reflorestamento. Em alguns casos, as áreas ocupadas com citrus, apesar de apresentarem tonalidade e geometria semelhantes ao reflorestamento com Pinus e Eucalyptus, foi possível identificá-las pelo fato de apresentarem um tamanho de quadra bem específico e peculiar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GERENDEN; J.L. von. A methodology for producing small scale rural land use maps in semi-arid developing countries using orbital imagery. London, University of Sheffield, December 1976.

HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. Estabelecimento de metodologia para avaliação de povoamentos florestais, utilizando-se dados do LANDSAT. São José dos Campos, junho 1978 (INPE-1271-TPT/089).

HERNANDEZ FILHO, P.; TRINDADE, M.L.B.T., SARAIVA, J.R. Avaliação dos dados do sensor TM do satélite LANDSAT na classificação da vegetação. In. 5º Congresso Florestal Brasileiro, 23 a 28 de novembro de 1986. Olinda-PE.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Carta do Brasil. Rio de Janeiro, escala 1:50.000.

KALENSKY, Z.; WIGHTMAN, J.M. 1976. Automatic forest mapping using remotely sensed data. Forest Management Institute, Department of the Environment Ottawa, Ontário, Canadá.