

DADOS SENSORIADOS NO MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS QUEIMADAS: O CASO DO PARQUE NACIONAL DE EMAS (GO)¹

YOSIO EDEMIR SHIMABUKURO, JOÃO ROBERTO DOS SANTOS²,
DAVID CHUNG LIANG LEE³ e MARCOS DA COSTA PEREIRA⁴

RESUMO - Na ocupação agropecuária do País, o método de queima é comumente empregado, sobretudo na região Centro-Oeste, sob domínio dos cerrados. Porém, a ação do fogo tem atingido freqüentemente áreas de preservação, como o Parque Nacional de Emas (Goiás), o que pode ocasionar a destruição de habitat e nichos, morte de animais menores e poluição ambiental. Este trabalho objetiva uma análise dos dados do sensor TM/Landsat, subsidiada por informações do AVHRR/NOAA, para monitorar e avaliar as áreas atingidas pelo fogo nesta unidade de conservação. Com base nas imagens do mapeador temático em 29.07.88 e 14.08.88, e nas informações diárias das imagens AVHRR/NOAA, realizou-se um acompanhamento da queimada, chegando ao conhecimento de sua distribuição espacial no Parque Nacional. Foram utilizadas técnicas de detecção de mudanças como a comparação pós-classificação e análise de "componentes principais" no tratamento das imagens do TM/Landsat. Os resultados mostram estimativa de 73.884 hectares queimados, dos quais cerca de 80% em áreas de formação campestre. A integração dos dados TM (maior resolução espacial) e do AVHRR (maior resolução temporal) permite o monitoramento do processo de queima, desde a detecção até a avaliação da área atingida pelo fogo.

Termos para indexação: cerrado, sensoriamento remoto, TM/Landsat, AVHRR/NOAA.

REMOTE SENSING DATA FOR MONITORING AND EVALUATING BURNED AREAS: THE CASE OF EMAS NATIONAL PARK IN BRAZIL

ABSTRACT - In the process of implantation and management of cattle raising and agricultural activities in Brazil, burning of vegetation cover is a commonly employed procedure, for example, in the Central-West part, occupied by savannas. However, fire action has frequently reached the environmental protection areas such as the Emas National Park (Goiás State), which may cause destruction of the habitat and niche, death of smaller animals, besides the environmental pollution. The objective of this work is an analysis of TM/Landsat and AVHRR/NOAA digital data as a tool for evaluating and monitoring the areas damaged by fire in this National Park. Based on TM images (July 29, 1988 and August 14, 1988) and AVHRR data obtained during this period, a monitoring of fire action and the distribution analysis of the burned area related to the vegetation type were made. Change detection techniques such as post-classification comparison and principal components analysis were utilized for TM images. The results show an estimate of 73,884 hectares of burned vegetation areas. The integration of TM (high spatial resolution) and AVHRR (high temporal resolution) data permits to monitorate the burning process, i.e., from the active fires detection to the burned area estimation.

Index terms: savanna, fire estimation, remote sensing, TM/Landsat, AVHRR/NOAA.

INTRODUÇÃO

O método de queima da cobertura vegetal é prática rotineira na utilização da terra, tanto para a implantação como para a manutenção de áreas com atividades agropecuárias. A re-

¹ Aceito para publicação em 8 de janeiro de 1991.

² Eng.-Florestal, Dr. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Caixa Postal 515, Av. dos Astronautas, 1758, CEP 12201 São José dos Campos, SP.

³ Eng.-Florestal, INPE.

⁴ Físico, M.Sc., INPE.

gião Centro-Oeste, sob domínio dos cerrados, por ser considerada nestas duas últimas décadas importante ao processo produtivo agropecuário do País, tem sofrido extensa conversão nas suas áreas de vegetação natural com a atividade humana. É de conhecimento geral que a ação do fogo é importante para a dinâmica do cerrado, auxiliando na ciclagem dos nutrientes e na manutenção do estrato rasteiro bem desenvolvido através do aumento da produção primária; já os efeitos do fogo sobre o solo são de complexa interpretação, pois ocorre ao mesmo tempo que uma adição de nutrientes, o aumento do pH, renovação da vegetação e aquecimento do solo. A queima do material vegetal de extensas áreas pode ocasionar modificações na composição físico-química da atmosfera, provocando ainda influências no ciclo hidrológico além da poluição ambiental. Delany et al. (1985) comenta que 20% da região dos cerrados são atingidos pela ação do fogo no período da seca. A amplitude da ação do fogo, em área, tem inclusive atingido unidades de conservação incrustadas no domínio dos cerrados, citando-se mais comumente, as queimadas nos Parques Nacionais de Brasília, DF, e de Emas, GO.

Considerando os fatos acima mencionados, este trabalho tem como objetivo primordial uma análise dos dados do TM (Thematic Mapper)/Landsat e AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)/NOAA como forma de agilizar o monitoramento e avaliação das unidades de conservação (exemplo do Parque Nacional de Emas, GO) quando ocorre a ação do fogo atingindo a flora/fauna em seus domínios. Para tanto, procurou-se, com base nas imagens diárias do AVHRR/NOAA, monitorar a ação do fogo até a sua extinção e, com base nos dados do mapeador temático (TM), avaliar a extensão desta queimada, sobretudo por tipo de unidade fisionômica vegetal atingida. Para isso, foram utilizadas técnicas de detecção de mudanças como a comparação pós-classificação e a análise de "componentes principais" no tratamento das imagens multitemporais do TM/Landsat.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Com a finalidade de exemplificar a capacidade do sensoriamento remoto no processo de monitoramento das unidades de preservação foi selecionado o Parque Nacional de Emas, situado no estado de Goiás na divisa com o Mato Grosso do Sul. Com uma área de aproximadamente 131.000 hectares, representando fitofisionomicamente o domínio dos cerrados, o parque encontra-se localizado nas coordenadas 52°30' a 53°10' de longitude oeste e 17°05' e 18°15' de latitude sul (Fig. 1). Detalhes acerca deste Parque Nacional podem ser observados no relatório do IBDF (1978), em que consta o plano de manejo e, de Pinto (1986) ao estudar tal unidade de conservação com dados sensoriados.

Imagens orbitais

Neste trabalho foram utilizadas as imagens orbitais na forma digitalizada do sensor TM/Landsat, de órbita 224/73, nas passagens de 29.07.88 e 14.08.88. Tais datas de passagem correspondem ao período anterior e posterior à ocorrência do fogo no Parque Nacional de Emas. Adicionalmente, foram também empregadas as imagens do AVHRR/NOAA neste período, sobretudo aquelas imagens nas datas de julho (dias 29 e 30) e de agosto (dias 1, 2, 5, 6, 7 e 14), para um acompanhamento diário da ação do fogo.

No caso das imagens TM/Landsat, foram utilizadas as bandas 3 (0,63-0,69 μm), 4 (0,76-0,90 μm) e 5 (1,55-1,75 μm), tradicionalmente empregadas neste tipo de estudo conforme comprovado por Pon-

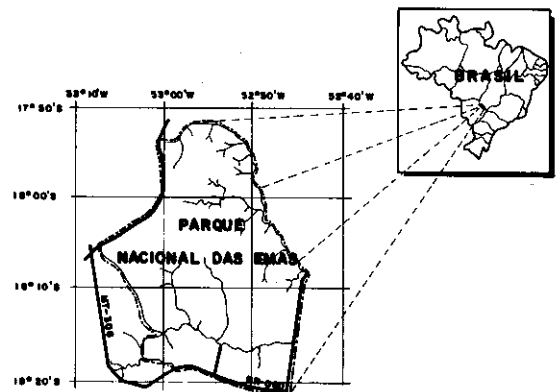


FIG. 1. Localização do Parque Nacional de Emas (GO).

zoni et al. (1986). Especificamente quanto às imagens AVHRR/NOAA-9, as bandas espectrais utilizadas foram 1 (0,58-0,68 μm), 2 (0,725-1,1 μm) e 3 (3,55-3,93 μm), empregadas por Pereira (1987).

Todos estes dados orbitais foram convenientemente examinados no Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) desenvolvido pelo INPE (Velasco & Lima 1982). O SITIM é um sistema orientado para o tratamento de imagens multiespectrais obtidas por satélites. Ele é formado por um microcomputador e uma unidade de visualização modular, configurado para atender à aplicação desejada, que pode operar independentemente ou como estação de trabalho ligado a um computador de maior porte.

Metodologia

Este trabalho procurou utilizar a abordagem dos multisensores (TM/Landsat e AVHRR/NOAA) para o monitoramento de áreas de conservação. Os dados do AVHRR, devido às suas características de alta resolução temporal (frequência diária) e do TM com resolução espacial mais fina (30 metros), foram assim considerados para o estudo de detecção e avaliação de áreas queimadas no Parque Nacional de Emas (GO).

Primeiramente, foram analisadas várias imagens do AVHRR no período do final de julho e meados de agosto de 1988, correspondentes ao incêndio ocorrido nesse Parque Nacional. Com base na análise desses dados AVHRR foi possível selecionar duas cenas do TM correspondentes ao período anterior (29 de julho) e posterior ao incêndio (14 de agosto). Foram utilizadas as bandas 1, 2 e 3 das imagens AVHRR para a detecção de focos de incêndio e as áreas queimadas.

A seguir, foram analisadas as duas imagens TM selecionadas, utilizando-se o algoritmo classificador "Single-cell"⁵. A imagem correspondente ao período anterior ao incêndio foi utilizada para a classificação pelo algoritmo "Single-cell" dos tipos de vegetação, e a posterior ao incêndio, para a estimativa da área afetada pelo fogo.

A análise conjunta dessas imagens permitiu estimar e verificar a distribuição espacial das queimadas em relação às unidades fisionômicas da vegetação do Parque Nacional através de técnicas de detecção de mudanças como a comparação pós-classificação. Es-

ta é a técnica mais comum de detecção de mudanças a qual requer uma comparação entre imagens de datas diferentes classificadas separadamente, utilizando qualquer método de classificação de imagens. Desse modo, o mapa de alterações (áreas queimadas) ocorridas é obtido pela intersecção das classificações individuais das imagens consideradas (antes e após o incêndio).

Além disso, no tratamento dos dados digitalizados do TM/Landsat foi empregada a técnica de "componentes principais" (CP) que, em trabalhos de sensoriamento remoto permitem a detecção e monitoramento de mudanças ocasionadas por ação antrópica, como demonstram Lodwick (1979), Byrne et al. (1980) e Richards (1984). A transformação por CP tem o sentido de criar novas imagens, cuja função de densidade de probabilidade (FDP) tenha eixos ortogonais ou independentes, ou melhor, que cada componente tenha informações não redundantes.

Neste trabalho, essa técnica foi utilizada para a obtenção dos componentes provenientes das bandas TM3, TM4 e TM5 das imagens já selecionadas para esse estudo. A partir da interpretação das imagens e dos dados estatísticos oriundos desta transformação, pôde-se então, analisar a influência das bandas originais do TM/Landsat em cada componente. Foi considerada a forma tabular e gráfica neste trabalho, para um melhor entendimento dos resultados alcançados na comparação entre as imagens de 29 de julho e 14 de agosto de 1988.

RESULTADOS

A análise seqüencial dos dados TM/Landsat, nas passagens de 29.07.88 e 14.08.88, tendo como produto de visualização as composições coloridas das bandas TM3 (filtro azul), TM4 (filtro verde) e TM5 (filtro vermelho), refletem claramente pelas resoluções espectral e espacial, as condições da fenologia da vegetação e a distribuição espacial das várias fácies do cerrado na área de estudo. Isto sem contar com a identificação (passagem de 14.08.88) da área atingida pelo fogo, caracterizada por tonalidade de cinza bem escuro (maior absorção da radiação) nas imagens. Apenas para ilustrar a capacidade dos dados TM na detecção da ação do fogo são apresentadas as imagens da banda TM4 (0,76-0,90 μm) do Parque Nacional de Emas,

⁵ O "Single-cell" ou Paralelepípedo é um classificador supervisionado que, em princípio, é treinado pela análise de histogramas das componentes espectrais individuais das amostras de treinamento.

antes (Fig. 2) e após (Fig. 3) o incêndio. A exploração conjunta das bandas espectrais, onde a resposta na região do vermelho (TM3) está associada à maior ou menor presença de pigmentos, principalmente clorofilianos, e, na região do infravermelho próximo (TM4) com a densidade da cobertura foliar que ocasiona maior percentual de reflectância como resposta, além da região do infravermelho médio (TM5), associada ao conteúdo d'água na massa foliar, vem facilitar pelos contrastes radiométricos expressos por cores (composição colorida) e/ou tons de cinza (bandas isoladas), a caracterização fisionômica da vegetação. Parâmetros interpretativos (tonalidade, textura, forma, etc.) característicos nas imagens orbi-

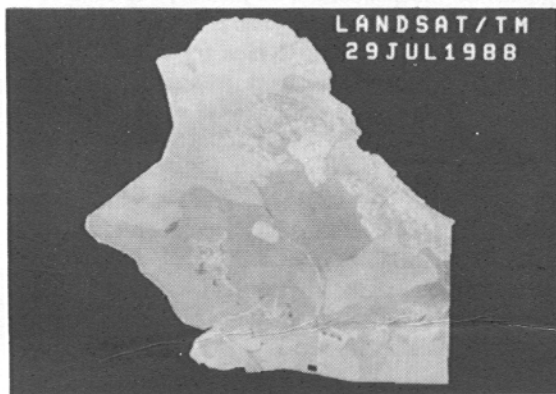


FIG. 2. Parque Nacional de Emas visto na imagem TM4 de 29 de julho de 1988 (antes do incêndio).

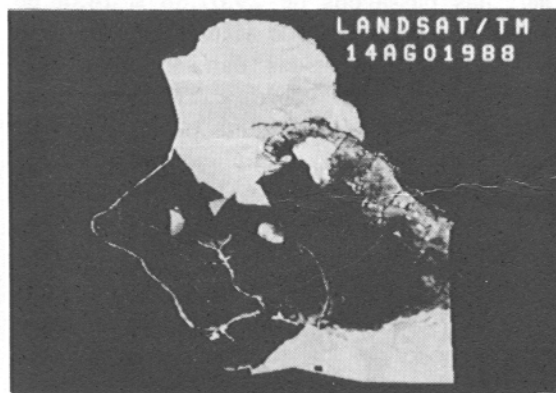


FIG. 3. Parque Nacional de Emas visto na imagem TM4 de 14 de agosto de 1988 (após o incêndio).

tais, definem também modificações na vegetação, como queimadas, desmatamentos, etc.

Considerando sobretudo o aspecto temporal, fruto da aquisição sequencial dos dados orbitais, pode-se verificar a dinâmica espaço-temporal da área, como demonstrado na Fig. 4 mostrando um conjunto de três imagens AVHRR/NOAA (banda 2) de resolução mais grosseira (aproximadamente 1 km x 1 km) nas passagens de 29.07.88, 05.08.88 e 14.08.88, correspondentes ao período de ocorrência do incêndio. Como foram utilizadas várias imagens cobrindo o período entre as duas imagens TM, a escolha dessas três imagens do AVHRR foi baseada no princípio da menor distorção geométrica, facilitando inclusive a apresentação visual.

A Tabela 1 apresenta a área ocupada por cada classe identificada na imagem TM/Land-

TABELA 1. Distribuição em áreas das classes de vegetação do Parque Nacional de Emas (GO).

Classe	Área (ha)	% do Parque
Campo cerrado	33.644,6	25,6
Campo limpo	55.916,9	42,5
Cerrado	33.960,1	25,8
Várzea	6.383,1	4,9
Outros	1.556,1	1,2
Total	131.461,0	100,0

TABELA 2. Distribuição em áreas das queimadas, por classe de vegetação, do Parque Nacional de Emas (GO).

Classe	Área (ha)	Queimada	
		% da classe	% do Parque
Campo cerrado	13.027,1	38,7	9,9
Campo limpo	47.803,1	85,5	36,4
Cerrado	11.396,6	33,6	8,7
Várzea	1.657,4	25,9	1,3
Total	73.884,2		56,3

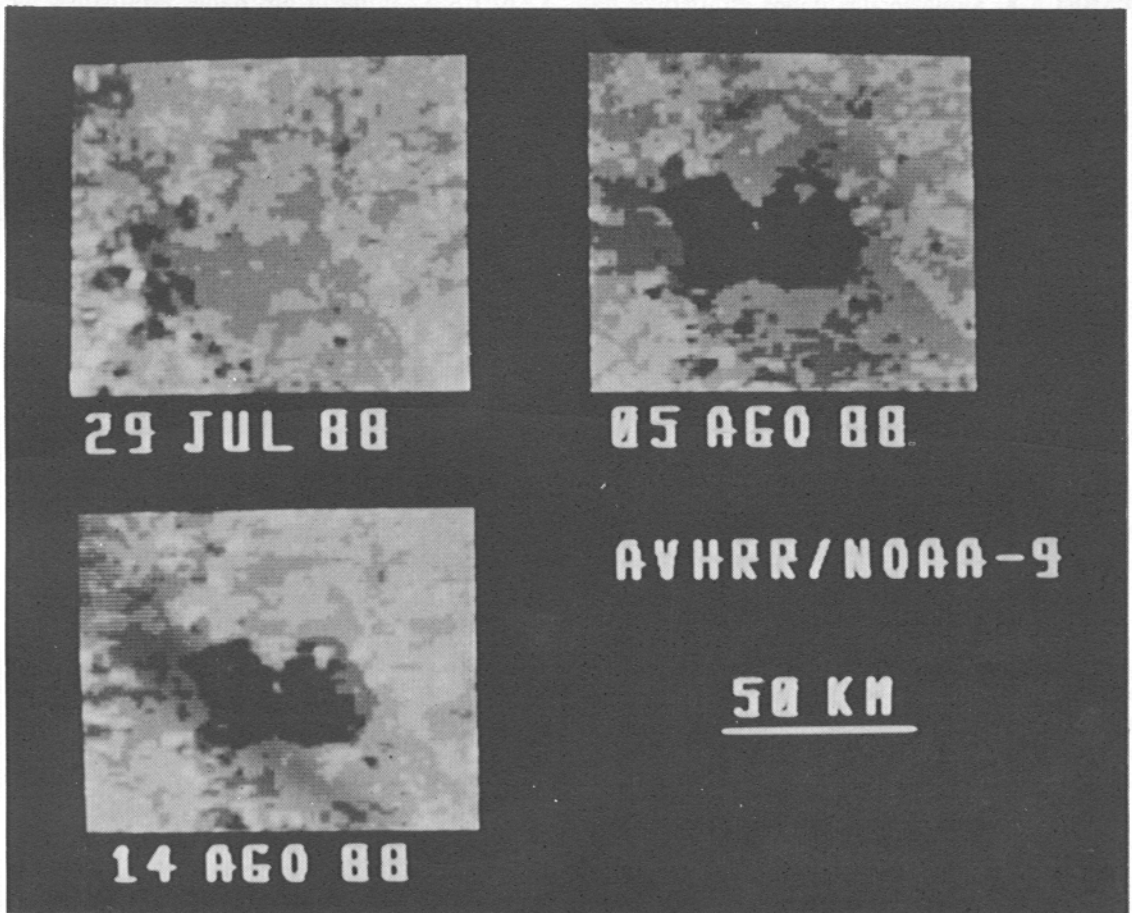


FIG. 4. Parque Nacional de Emas visto em três imagens do AVHRR/NOAA (banda 3 de 29.07.88, 05.08.88 e 14.08.88).

sat. As formações campestres ocupam a maior parte do Parque Nacional (68,1%), vindo a seguir a unidade fisionômica “cerrado” *strictu sensu*.

A Tabela 2 apresenta o valor total da área atingida pelo fogo (73.884 ha), bem como a distribuição pelas classes de cobertura vegetal. A unidade “campo limpo”, segundo as informações obtidas das imagens orbitais, foi a que sofreu maior ação do fogo, chegando a ter sua cobertura graminóide queimada em 85,5% de sua área total. Deve ser também ressaltado que nem mesmo as áreas de várzea ficaram totalmente isentas da ação do fogo.

Para facilitar a discussão acerca da aplicabilidade da técnica de “componentes princi-

pais”, optou-se por comentar os resultados baseando-se primeiramente na análise do resumo dos dados estatísticos das componentes, e posteriormente, na análise da influência das bandas originais em cada componente principal. Isto, levando-se em conta os resultados para as passagens de 29.07.88 e 14.08.88 isoladamente (Tabelas 3 e 4, respectivamente), e em conjunto (Tabela 5).

Para o caso das imagens em análise isolada (Tabelas 3 e 4), pode-se verificar que dos valores ao longo da diagonal da matriz de covariância, a banda TM5 é a que apresenta maior variabilidade, ou melhor, possui maior variação de níveis de cinza entre os alvos da cena. Tal fato resulta uma maior probabilidade de

TABELA 3. Sumário dos dados estatísticos da aplicação de "componentes principais" na imagem de 29.07.88.

Data da imagem: 29.07.88			
Número de amostras: 179.328			
Bandas de aquisição: TM3, TM4 e TM5			
Médias:	35,01	38,46	81,76
Matriz de covariância:			
62,69			
9,48	38,65		
76,63	35,71	304,96	
Matriz de coeficientes de correlação			
1,00			
0,19	1,00		
0,55	0,33	1,00	
Auto-valores			
331,82 (81%)			
40,59 (9%)			
33,89 (8%)			
Matriz de auto-vetores:			
0,276	0,125	0,953	
0,957	-0,123	-0,261	
0,085	0,984	-0,154	

TABELA 4. Sumário dos dados estatísticos da aplicação de "componentes principais" na imagem de 14.08.88.

Data da imagem: 14.08.88			
Número de amostras: 186.800			
Bandas de aquisição: TM3, TM4 e TM5			
Médias:	37,31	34,41	74,79
Matriz de covariância:			
136,84			
116,08	204,54		
307,25	404,34	1105,14	
Matriz de coeficientes de correlação			
1,00			
0,69	1,00		
0,79	0,85	1,00	
Auto-valores			
1349,03 (93%)			
50,46 (3%)			
47,03 (3%)			
Matriz de auto-vetores:			
0,262	0,345	0,901	
-0,471	0,861	-0,193	
0,842	0,375	-0,388	

discriminação destes alvos, inclusive com contrastes mais nítidos. A ampla diferença de valores na variabilidade apresentada pela banda TM5, entre as duas passagens do satélite é função predominantemente da ocorrência da queimada na passagem de agosto.

Para o caso em que houve uma combinação das informações das passagens de julho e agosto na obtenção das "componentes principais" (Tabela 5), os resultados evidenciam que a banda TM5, principalmente da passagem de 14 de agosto de 1988, é a que tem maior variabilidade na informação.

A transformação por "componentes principais" da matriz de covariância, que elimina a redundância do conteúdo de informações das imagens originais (bandas TM3, TM4 e TM5), tem resultados nas matrizes de auto-valores e de rotação que estão também apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5, de acordo com o caso. Pode-se então observar que a variância total da cena permanece a mesma se comparada aos dados

originais, contudo, a maioria desta variância está agora localizada na primeira componente principal (CP1), cujos valores são 81% (imagem de 29.07.88), 93% (imagem de 14.08.88) e, 77% no caso das datas combinadas (Fig. 5). Nas demais componentes (CP2, CP3, etc.) há uma distribuição do restante da variância, no sentido de decréscimo de valores percentuais da CP2 a CPn. Note-se ainda que no caso de uma combinação de dados multitemporais (29.07.88 e 14.08.88), as duas primeiras componentes contêm a maior proporção de informações necessárias a uma análise da dinâmica da área de estudo, reduzindo assim a dimensionalidade dos dados originais.

Na análise da influência das bandas originais em cada componente principal, os dados a serem observados são aqueles constantes da matriz de rotação (auto-vetores) apresentados nas Tabelas 3 e 4 e, de forma gráfica (Fig. 5), para uma melhor visualização.

Independentemente dos casos estudados,

TABELA 5. Sumário dos dados estatísticos da aplicação de "componentes principais" na imagem mutilada (29.07.88 e 14.08.88).

Data da imagem: 29.07.88 e 14.08.88
 Número de amostras: 179.328
 Bandas de aquisição: TM3, TM4 e TM5 (29.07.88) e TM3, TM4 e TM5 (14.08.88)
 Médias: 35,01 38,46 81,76 37,12 34,05 74,02

Matriz de covariância:

62,69					
9,48	38,65				
76,63	35,71	304,96			
68,24	22,26	73,78	137,26		
31,82	50,59	31,29	118,68	207,50	
123,80	93,16	230,79	311,43	411,14	1115,99

Matriz de coeficientes de correlação

1,00					
0,19	1,00				
0,55	0,33	1,00			
0,74	0,31	0,36	1,00		
0,28	0,56	0,12	0,70	1,00	
0,47	0,45	0,40	0,80	0,85	1,00

Auto-valores

1442,28 (77%)
277,77 (14%)
72,24 (3%)
49,00 (2%)
15,98 (0%)
9,77 (0%)

Matriz de auto-valores:

0,111	0,080	0,213	0,257	0,327	0,873
0,206	0,027	0,920	0,014	-0,300	-0,144
0,600	-0,238	-0,209	0,703	-0,143	-0,157
0,108	0,574	0,113	0,183	0,673	-0,400
0,403	0,702	-0,229	-0,227	-0,457	0,178
0,642	-0,337	-0,012	-0,595	0,347	-0,002

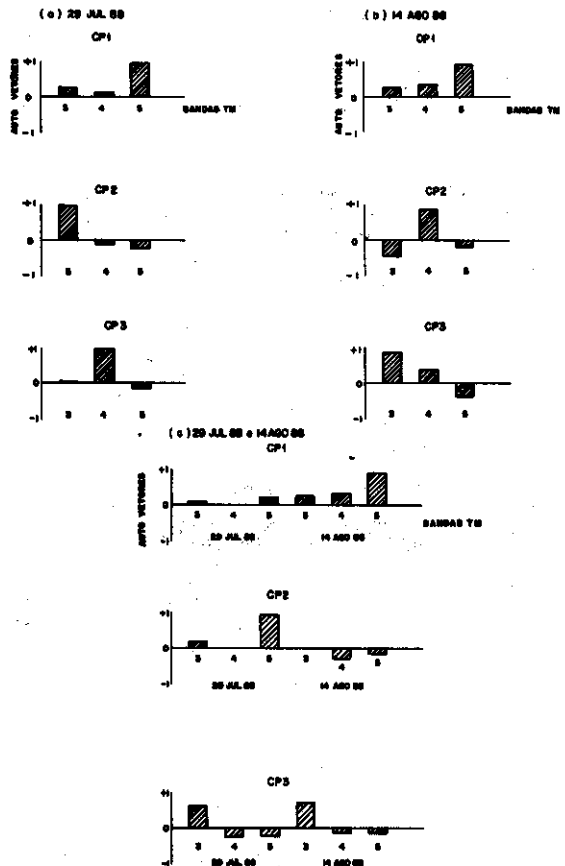


FIG. 5. Valor percentual da variância correspondente a cada componente principal: (a) passagem de 29.07.88, (b) passagem de 14.08.88 e (c) combinação das passagens de 29.07.88 e 14.08.88.

seja de passagens isoladas ou combinadas, a banda TM5 é realmente a original que contém a informação mais significativa na formação da CP1. Esta banda, inclusive, contém também maior proporção de informações quando da formação da CP2, no caso específico da combinação de dados multitemporais.

Tomando-se como base apenas uma linha da imagem TM mostrada no monitor de vídeo

do SITIM, que engloba o Parque Nacional de Emas, pode-se exemplificar perfeitamente o comportamento espectral dos alvos presentes na cena de estudo, fazendo-se inclusive uma análise da contribuição das bandas originais, da comparação multidata até mesmo com o uso das "componentes principais", vindo a confirmar os comentários feitos nos itens anteriores.

Na Fig. 6 são apresentados os histogramas comparativos obtidos das imagens de 29.07.88 e 14.08.88, por banda do mapeador temático, contendo os níveis de cinza das unidades fisionômicas encontradas no Parque Nacional. Na Fig. 7 fica exemplificada a distribuição dos

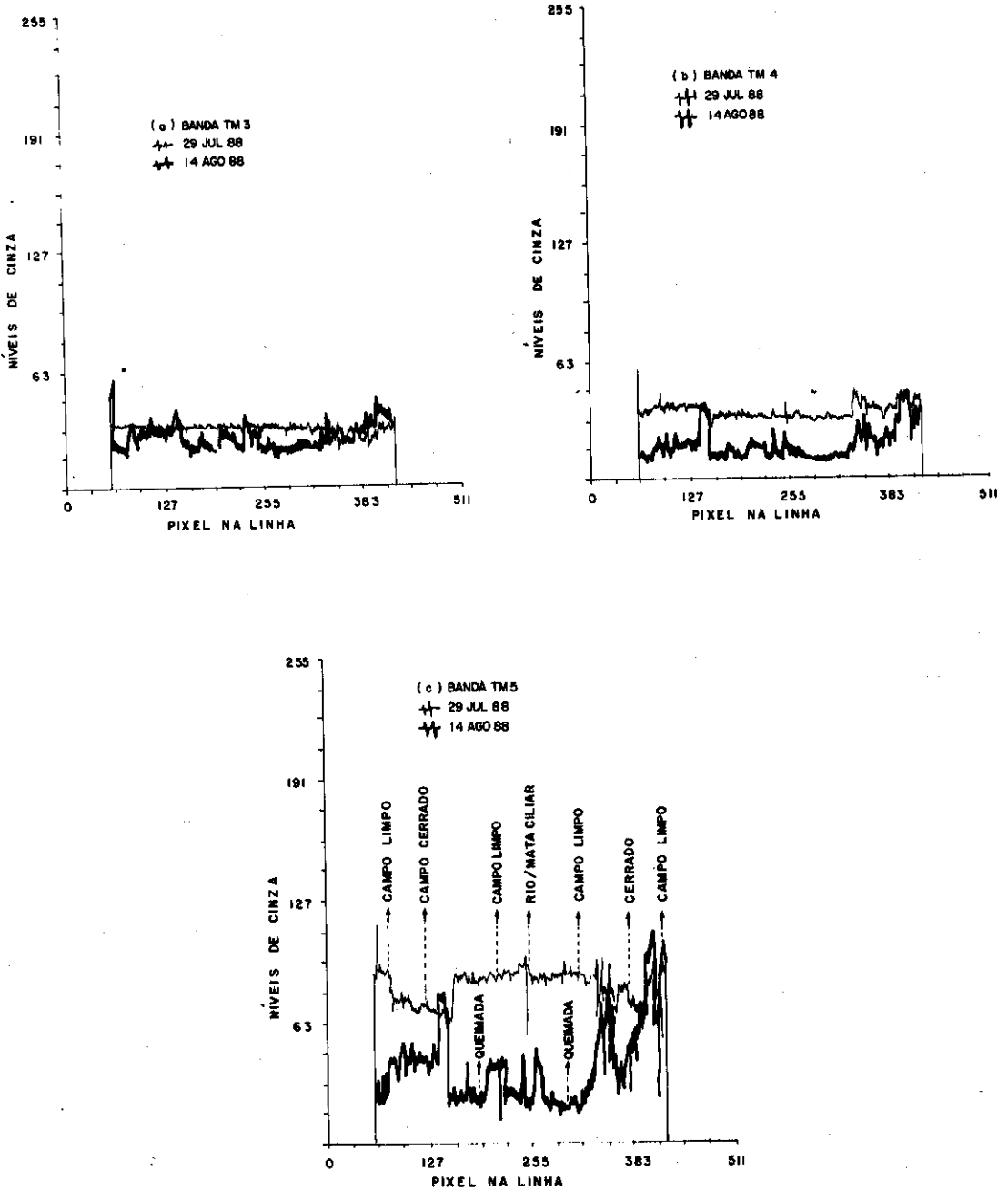


FIG. 6. Níveis de cinza apresentados pelas unidades fisionômicas encontradas no Parque Nacional nas imagens de 29.07.88 (antes do incêndio) e 14.08.88 (após o incêndio): (a) TM3, (b) TM4 e (c) TM5.

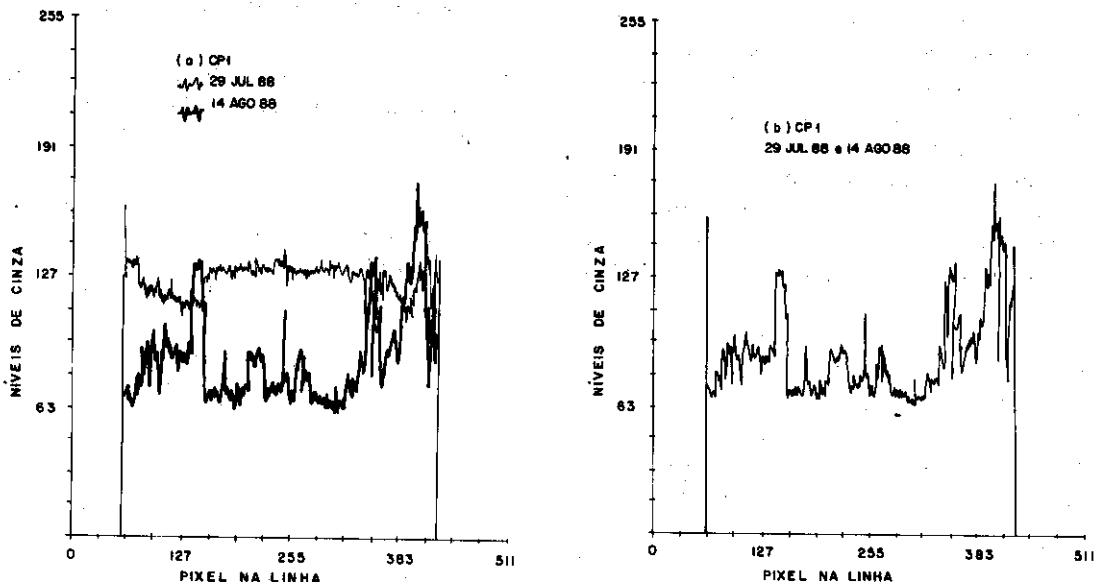


FIG. 7. Níveis de cinza apresentados pelas unidades fisionômicas encontradas no Parque Nacional nas imagens da primeira componente principal de 29.07.88 e 14.08.88: (a) datas isoladas e (b) datas combinadas.

níveis de cinza transformados por “componentes principais”.

Observando-se a Fig. 6 pode-se facilmente perceber que a banda TM5 é realmente aquela que apresenta maior variabilidade no conteúdo de informações ao ser comparada às demais bandas, sobretudo quando é feita uma análise multidata. O destaque maior no histograma fica sem dúvida para aquelas áreas atingidas pelo fogo, em contraste espectral ao comportamento da vegetação antes do processo de queima (passagem de 29.07.88). Ainda com relação à banda TM5, pode-se verificar sua maior contribuição na formação da primeira componente principal (CP1) com a superposição dos diagramas da Fig. 6c e Fig. 7a. Nesta comparação percebe-se nitidamente que não há diferença significativa no comportamento espectral dos alvos caracterizados (seguem traçados idênticos para as respectivas datas de passagem), tanto nos dados originais TM5 quanto nos dados transformados (CP1), ressaltando-se é claro, a diferença de valores de

nível de cinza em relação à origem do diagrama bidimensional.

No caso da CP1 multidata (combinação das imagens utilizadas), em que a banda original TM5 de 14.08.88 teve maior contribuição em sua formação, idêntica configuração também é detectada no comportamento espectral dos alvos.

Desta maneira, a opção adotada neste trabalho de detectar e acompanhar a ação do fogo na cobertura vegetal desta unidade de conservação é factível com os dados sensoriados, inclusive podendo-se dar prosseguimento nesta linha de pesquisa.

CONCLUSÕES

1. De acordo com os resultados apresentados, é evidente a potencialidade do uso conjunto dos dados AVHRR/NOAA e TM/Landsat para avaliação e monitoramento de áreas

queimadas. O AVHRR com a alta resolução temporal permite a detecção das áreas queimadas proporcionando informações para a escolha das imagens TM correspondentes aos períodos anterior e posterior ao incêndio, como o ocorrido no Parque Nacional de Emas (GO). A imagem TM com resolução espacial mais fina permite a estimativa da área queimada e a distribuição espacial dessas queimadas em relação às unidades de cobertura vegetal do Parque Nacional.

2. A técnica de análise de "componentes principais" para detecção de mudanças, utilizando dados multitemporais do TM mostrou-se muito útil para a detecção de áreas queimadas. A banda TM5, dentre as bandas pré-escolhidas (TM3, TM4 e TM5), foi a que apresentou melhor contribuição para a primeira componente (CP1), tanto para as datas analisadas individualmente quanto para a análise multidata.

3. Deve-se ressaltar que o objetivo principal do trabalho foi a avaliação de áreas queimadas no Parque Nacional de Emas (GO). A análise de "componentes principais" tem sido normalmente apresentada como ma ferramenta útil para o estudo de detecção de mudanças, e portanto, foi utilizada neste trabalho como um meio de agilizar e melhor direcionar o procedimento metodológico na detecção de áreas queimadas.

REFERÊNCIAS

BYRNE, G.F.; CRAPPER, P.F.; MAYO, K.K. Monitoring land-cover by principal components analysis of multitemporal Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, v.10, p.175-184, 1980.

DELANY, A.C.; HAAGENSEN, P.; WALTERS, S.; WARTBURG, A.F.; CRUTZEN, P.J. Photochemically produced ozone in the emis-

sion from large scale tropical vegetation fires. *Journal of Geophysical Research*, v.90, n.D1, p.2425-2429, 1985.

- IBDF (Brasília, DF). **Plano de manejo - Parque Nacional de Emas**. Brasília: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza, 1978. 158p.
- LODWICK, G.D. Measuring ecological changes in multitemporal Landsat data using principal components. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF THE ENVIRONMENT, 13., 1979, Ann Arbor, Michigan. Michigan: Environmental Research Institute of Michigan, 1979. p.1131-1141.
- PEREIRA, M.C. **Deteção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e Landsat, e dados de aeronave**. São José dos Campos: INPE, 1987. 268p. (INPE-4509 - TDL/326). Tese de Mestrado.
- PINTO, J.H.D. **Utilização comparativa dos processos analógico e digital no tratamento de dados MSS-Landsat para estudos dos parques nacionais do Brasil**. São José dos Campos: INPE, 1986. (INPE-4011 TDL/240). Tese de Mestrado.
- PONZONI, F.J.; LEE, D.C.L.; HERNANDEZ FILHO. **Avaliação da área queimada e da regeneração da vegetação afetada pelo fogo no Parque Nacional de Brasília através de dados do TM/Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1986. (INPE-4035 - RPE/522).
- RICHARDS, J.A. Thematic mapping from multitemporal image data using the principal components transformations. *Remote Sensing of Environment*, v.16, p.35-46, 1984.
- VELASCO, F.R.D.; LIMA, U.M.B. **Sistema SITIM; projeto preliminar de suporte lógico**. São José dos Campos: INPE, 1982. (INPE-2499 - NTE/190).