

ESTIMATIVA DA ÁREA TOTAL QUEIMADA NO PARQUE NACIONAL DAS EMAS COM O USO DE IMAGENS DA BANDA 3 DO AVHRR: COMPARAÇÃO COM ESTIMATIVAS DO TM-LANDSAT

Marcos da Costa Pereira
Silvana Amaral
Newton Jordão Zerbini
Alberto W. Setzer
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515
12201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a área total queimada no Parque Nacional das Emas, GO, no período de 29/julho a 04/agosto de 1988, com imagens da banda 3 do "Advanced Very High Resolution Radiometer" - AVHRR, a bordo do satélite meteorológico NOAA-9, para compará-la com estimativas obtidas em imagens TM/LANDSAT. Foram analisadas 9 imagens AVHRR gravadas no período de 29/julho a 07/agosto de 1988, nas quais foram classificados e contados os focos de incêndio detectados pelo satélite. Após, a área total queimada foi estimada e então comparada com o total avaliado em imagens TM/LANDSAT. Oitenta e seis pixels AVHRR foram classificados como focos de incêndio, correspondendo a 10% a 20% do valor encontrado para a área total queimada usando dados TM/LANDSAT.

ABSTRACT

The purpose of this work was to evaluate the total biomass burning area at Emas National Park during the period from July 29 to August 04 1988, using band three images of Advanced Very High Resolution Radiometer - AVHRR, on board of NOAA-9 meteorological satellite in order to compare with TM/LANDSAT imagery estimations. Nine AVHRR images recorded in the period of July 29 and August 07 1988 were analysed. The burning focus detected by satellite were classified and counted. After that the total burned area was estimated and compared with the total area evaluated in TM/LANDSAT images. 86 AVHRR pixels were classified as burning focus, corresponding to 10% and 20% of the resulting value for the total burned area evaluated by using TM/LANDSAT data.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos de detecção de incêndios por meio de sensores remotos desenvolveram-se no início da década de 60 em projetos do setor florestal dos E.U.A. que analisaram características espectrais de queimada, sensores e alvos, com imageadores bi-espectrais no infravermelho termal a bordo de aeronaves, conforme descrito em trabalhos de Hirsch (1962, 1964, 1968), Wilson (1966, 1968), Bjornsen (1968), Hirsch et al. (1971) e Warren (1980). Embora a possibilidade de detecção de queimadas por sensoriamento remoto orbital tenha sido confirmada na primeira década da era espacial, só nos últimos anos seu uso sistemático foi sugerido e detalhado. Pereira (1987) apresenta uma revisão mais abrangente sobre o tema.

No Brasil, data de julho de 1985 o primeiro uso de imagens AVHRR/NOAA no monitoramento de queimadas na Amazônia Legal

Brasileira (Pereira e Setzer, 1986; Pereira 1987). Os resultados obtidos neste primeiro monitoramento serviram de base para a criação de um programa conjunto entre o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, atualmente incorporado ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, e o Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, com o objetivo de implantar um sistema de detecção e levantamentos rotineiros de grandes queimadas no País em tempo quase real com o uso de imagens AVHRR dos satélites meteorológicos de órbita polar da série NOAA (Setzer et al., 1988). O projeto denominado "Sensoriamento de Queimadas por Satélite" - SEQE teve início em julho de 1987, alcançando importantes resultados, de maneira que sua duração foi prolongada até os dias atuais.

Por ter sido esta uma iniciativa pioneira em nível mundial, muitos elogios e críticas foram feitos sobre a metodologia utilizada. Entre as críticas, a mais polêmica foi a de que

áreas queimadas estariam sendo superestimadas por causa da possibilidade de uma queimada com extensão menor do que a área do elemento de resolução espacial ("pixel") dos sensores AVHRR (~1,2 km²) ser detectada com o tamanho do "pixel", conforme artigos publicados na imprensa (Guerra do fogo, 1988; Amazônia, 1989; Prisão de números, 1989; INPE define áreas queimadas, 1989). Considerações teóricas (Robinson, 1988) indicam que uma queimada de 30m x 30m com temperatura de 700°C, é suficiente para saturar o "pixel" AVHRR em que ela se encontra. Por causa desta possibilidade, e baseados em comparações limitadas entre imagens AVHRR e TM, Pereira (1987) e Setzer et al. (1988) indicaram que, em média, pode-se considerar as áreas queimadas correspondentes a pelo menos cerca de 70% de um "pixel" AVHRR (~0,83km²).

O presente trabalho tem por objetivo verificar a diferença entre as estimativas de área queimada feitas com imagens TM-LANDSAT e com imagens AVHRR/NOAA-9, para os incêndios ocorridos no Parque Nacional das Emas, Goiás, em agosto de 1988.

1.1 - ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional das Emas localiza-se no Sudoeste do Estado de Goiás, estando delimitado pelas coordenadas 52°30' a 53°10' de longitude Oeste e 17°50' a 18°15' de longitude Sul, e possui uma área de aproximadamente 131.686 ha (1.317km²), conforme mostra a Figura 1.

"Este parque apresenta flora característica de campos mais ou menos abertos, com trechos onde pode ocorrer predominância, ora de formas subarborescentes, ora de plantas herbáceas. Entremeados estes campos aparecem pequenos capões, onde se associam espécies arbustivas e arbóreas próprias do cerrado. Encontram-se, assim, neste parque nacional vários tipos de vegetação de cerrado, tais como: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado, cerradão e matas ciliares. As formações florestais mais densas, os cerradões, estão situadas na porção norte da área do parque" (IBDF/FBCN, 1978, citado em Pinto, 1985, p.15).

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - DADOS DO SATÉLITE NOAA-9

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas nove imagens do "Advanced Very High Resolution Radiometer - AVHRR" a bordo do satélite meteorológico NOAA-9, gravadas em fitas CCTs (Computer Compatible Tapes) na estação de recepção de imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, situada em Cachoeira Paulista, SP.

O satélite NOAA-9 situa-se a uma altura nominal de ~850 km, sendo de órbita quase-polar (98,89° de inclinação), heliossíncrona e quase circular, com um período de 102 minutos que

produz cerca de 14,1 órbitas por dia. Devido ao número de órbitas diárias não ser inteiro, o traço suborbital não se repete em bases diárias, havendo um deslocamento diário em direção a leste de ~2,7° na longitude de cruzamento com o Equador. A hora solar local (LST) é invariável para qualquer latitude, sendo de 14:20 h para o nó ascendente e 02:20 h para o descendente (Kidwell, 1987). As imagens aqui utilizadas foram as do horário diurno por causa da maior probabilidade de ocorrência de queimadas.

O campo de visão (FOV) do AVHRR é de ±55,4°, com uma faixa de varredura de 2048 elementos de resolução no terreno, equivalendo a ~2400 km de largura no chão. Devido a distorções da geometria de imageamento, o tamanho do elemento de resolução na terra varia de 1,1 km x 1,1 km no nadir, chegando a 2,4 km x 6,9 km nas bordas de cada linha da imagem. As bandas utilizadas foram a um que detecta comprimentos de onda dentro da faixa visível (0,58-0,68 μm), a dois que detecta comprimentos de onda em parte da faixa do espectro do infravermelho próximo (0,725-1,10 μm), e a três dentro da faixa do infravermelho termal médio (3,55- 3,93 μm), a qual é especialmente sensível a fontes de calor, e que permite a detecção da queimada. As outras duas bandas foram utilizadas para auxiliar na interpretação e localização visual do Parque Nacional da Emas.

As nove imagens utilizadas foram gravadas no período de 29 de julho a 07 de agosto de 1988 e os parâmetros orbitais e horários de gravação das imagens estão listados na Tabela 1.

2.2 - TRATAMENTO DIGITAL E ANÁLISE DAS IMAGENS.

O tratamento e a análise das imagens foram executados no "Sistema Interativo de Tratamento de Imagens Multiespectrais - SITIM". O SITIM destina-se à extração de informações em produtos digitais obtidos por sensoriamento remoto, de maneira qualitativa, através de visualização do produto, e de forma quantitativa, com a utilização de modelos matemáticos no seu tratamento. É constituído basicamente por um microcomputador e uma unidade visualizadora de imagens composta de um hardware especializado e um monitor de imagens, além de um software específico (Velasco e Lima, 1982). Os programas para a navegação de imagens AVHRR/NOAA utilizados neste trabalho foram desenvolvidos pelo Sr. Divino Cristino Figueiredo, no decorrer do projeto "SEQUE", ano 1988/89, conforme descrito por Setzer e Pereira (1990).

O primeiro passo para a execução deste trabalho foi a criação de um arquivo de parâmetros orbitais específico para cada dia com imagem gravada. Este arquivo contém a data da imagem, a hora inicial (TMG) de gravação da imagem, a longitude e hora (TMG) de cruzamento com o Equador, o sentido da órbita (ascendente ou descendente), o período orbital, a altura do satélite e uma identificação da fita/imagem da qual foram retirados os parâmetros.

O segundo passo constitui-se na transferência de imagens em fita para o "disco rígido" do microcomputador do SITIM. A execução de um programa específico determinou as linhas e colunas de uma área retangular, envolvendo os limites do Parque Nacional das Emas. Foram utilizados como limites o retângulo com 17° 50'S a 18° 20'S de latitude e 52° 30'W a 53° 10'W de longitude. Após a determinação das linhas e das colunas da imagem referente ao Parque, esta foi transferida da fita CCT para o disco rígido do microcomputador do SITIM e daí para a unidade visualizadora do sistema, de maneira a permitir a classificação dos focos de queimadas, dentro do Parque, com a utilização do algoritmo "Fatiamento Manual". Neste, foram classificados os "pixels" da imagem na banda três, com valores dos níveis digitais no intervalo de 0 a 9, conforme a metodologia desenvolvida por Pereira (1987). Na sequência foram impressos os valores dos níveis do tema QUEIMADA que encontravam-se dentro do Parque, conforme análise visual da imagem mostrada no monitor do SITIM, finalizando com a contagem manual do total de "pixels" considerados QUEIMADA.

Este processo de contagem dos "pixels" foi feito automaticamente com a utilização de software específico, na qual é executada a navegação dos "pixels" classificados QUEIMADA, com uma listagem das latitudes e longitudes dos pontos localizados dentro e próximo ao Parque.

Maiores detalhes sobre a utilização deste programa podem ser encontrados em Figueiredo et al. (1989). Ressalta-se apenas que para efeito de navegação das imagens a hora inicial de gravação da imagem e a longitude de cruzamento com o Equador do arquivo de parâmetros orbitais passaram por um ajuste, utilizando-se de pontos de controle facilmente identificáveis na imagem cujas coordenadas geográficas são conhecidas.

O erro de ajuste para estes mesmos pontos de controle foram estimados, com os "pixels" de queimada sendo plotados na Carta Aeroática de Pilotagem do Parque Nacional das Emas, Brasil, SE-22-Y-A, na escala de 1:250.000.

2.3 - CÁLCULO DA ÁREA QUEIMADA

Neste trabalho foram utilizados dois métodos para o cálculo da área total queimada.

O primeiro multiplicou diretamente o número de "pixels" classificados QUEIMADA pela área do "pixel", ou seja:

$$At = Ap \cdot n_i \quad (1)$$

onde : At = área total queimada;
 n_i = número de "pixels" classificados QUEIMADA em um dia i ;
 Ap = área nominal do "pixel".

Conforme citado na seção 2.1, a área dos "pixels" varia de 1,2 km² a 16,6 km², caso esteja no centro ou na borda da imagem, respectivamente. Com o intuito de não superestimar a

área total queimada, ambos os métodos usados neste trabalho consideraram 1,2 km² o valor nominal da área de um "pixel".

O segundo método é o mesmo adotado por Pereira (1987) e Setzer et al. (1988) no qual são feitas várias considerações teóricas e experimentais antes de se estimar a área total queimada. Isto é:

$$At = \frac{\bar{n} \cdot d}{\bar{t}} \cdot Ap \cdot f \quad (2)$$

sendo:

- \bar{n} = número médio de "pixels" classificados QUEIMADA no período de ocorrência do incêndio;
- d = número de dias do período de ocorrência de incêndios;
- \bar{t} = tempo médio de ocorrência do incêndio na área do "pixel";
- f = fator de ajuste para saturação do "pixel".

O valor de \bar{t} foi considerado 1,5 dias e o de f igual a 0,7, conforme as considerações de Pereira (1987), Setzer et al. (1988) e Setzer e Pereira (1990). Após os cálculos da estimativa da área total queimada, comparou-se este valor com os encontrados por outros autores em trabalhos que utilizaram imagens TM/LANDSAT para esta estimativa da área total queimada no Parque.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a transferência das imagens das fitas CCTs para o disco do microcomputador, obteve-se para cada uma o número de "pixels" considerados QUEIMADA.

A imagem do dia 29 de julho de 1988, com o Parque no retângulo delimitado pelas linhas 870 a 1000 e colunas 1410 a 1540, não apresentando grandes distorções, permitiu boa visualização dos limites do parque. A classificação dos focos de incêndio teve apenas um ponto, aparentemente fora do limite sul do Parque (Figura 2a). Provavelmente este foi o ponto de partida do incêndio.

A imagem de 30 de julho teve o parque delimitado pelas linhas 770 a 900 e colunas 1620 a 1750 em uma região um pouco fora do centro da imagem, e com os seus limites um pouco distorcidos. A classificação dos focos de incêndio totalizou três pontos aparentemente no interior do parque (Figura 2b).

A imagem do dia 31 de julho não foi gravada por problemas na estação de recepção. A imagem de 01 de agosto mostra o Parque delimitado pelas linhas 705 a 835 e pelas colunas 70 a 200, com os limites bastante distorcidos. Mesmo assim, classificaram-se 20 "pixels" de queimada dentro do parque, que formavam uma linha de fogo em forma de arco com mais de 15 quilômetros de extensão (Figura 2c).

Visualmente, a imagem indicava que o fogo já tinha avançado além de 15 km desde o seu ponto de origem verificado na imagem do dia anterior, mostrando que o incêndio ocorreu de maneira bastante rápida.

Na imagem de 02 de agosto os limites do parque foram delimitados pelas linhas 840 a 970 e colunas 60 a 190, estando bastante distorcidos por se encontrarem na borda da imagem. Classificou-se um total de 53 "pixels" como QUEIMADA, quase todos em uma extensa linha de fogo localizada ao redor de 30km de sua origem no dia 29 de agosto, demonstrando mais uma vez a rapidez de propagação do incêndio.

No dia 03 de agosto foram classificados 9 "pixels" como QUEIMADA, os quais ocorreram dentro do Parque, delimitado pelas linhas 800 a 930 e colunas 160 a 290 da imagem com pouca distorção nesta região (Figura 2d).

A imagem do dia 04 de agosto apresenta o parque totalmente coberto de nuvens, sugerindo a possibilidade de ocorrência de chuvas na região, que pode ter sido a causa da extinção do incêndio, pois as imagens dos dias 05, 06 e 07 de agosto não apresentam nenhuma queimada no Parque.

Portanto, um total de 86 "pixels" foram classificados como focos de incêndio que ocorreram na hora da passagem do satélite, conforme mostra a Tabela 2.

3.2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS "PIXELS" DE INCÊNDIO

Após esta primeira contagem foi realizada a localização geográfica dos "pixels" de incêndio, conforme metodologia anteriormente descrita no item 2.2. As datas das passagens com as latitudes e longitudes dos "pixels" classificados QUEIMADA estão na Tabela 3, e o mapa com estes "pixels" plotados é mostrado na Figura 3.

Nota-se que a maioria dos "pixels" encontra-se dentro dos limites do Parque, e os "pixels" fora não estão em distâncias maiores do que aquelas correspondentes aos erros inerentes à navegação executada.

Uma primeira consideração a este respeito pode ser feita em relação ao atual software que ajusta os parâmetros orbitais que tem exatidão de 0,5 s na hora inicial de gravação da imagem, que de acordo com o padrão de imageamento do AVHRR (6 linhas por segundo) implica um possível erro de até três linhas, ou seja, três "pixels" que representam uma distância maior ou igual a 3,3 km no sentido latitudinal.

Outro erro presente é o da localização do ponto de controle na imagem, que pode ser maior do que um "pixel", dependendo da sua localização na imagem, isto é, quanto mais próximo da borda da imagem a localização do Parque, maior dificuldade existirá em localizar com precisão os "pixels" de interesse. Se o erro fosse de um

"pixel" ter-se-ia de ~1,1 km a ~2,4 km de erro na direção latitudinal e ~1,1 km a ~6,9 km na direção longitudinal, conforme o "pixel" estivesse no centro ou na borda da imagem, respectivamente.

Dessa forma, se considerarmos somente estes dois erros existe a possibilidade de todos os "pixels" plotados na Figura 3 estarem dentro dos limites do Parque.

3.3 - CÁLCULO DA ÁREA TOTAL QUEIMADA.

O cálculo da área queimada feito com auxílio da Equação 1 indica:

$$At = 1,2 \text{ (km}^2\text{)} * 86 = 103,2 \text{ km}^2 = 10.320 \text{ ha}$$

Para a Equação 2 têm-se:

$$\bar{t} = 1,5 \text{ dias;}$$

$$f = 0,7;$$

$$d = 7 \text{ dias (29 a 31 de julho e 01 a 04 de agosto);}$$

$$\bar{n} = 86 / 6 = 14,3;$$

Portanto:

$$At = \frac{14,3 * 7}{1,5} * 1,2 * 0,7 = 56,1 \text{ km}^2 = 5.610 \text{ ha.}$$

Shimabukuro et al. (1988) estimaram que a área total queimada do Parque Nacional das Emas foi de 776,2 km² (77.620 ha), usando imagens TM/LANDSAT. Bucci et al. (1989), também usaram imagens TM/LANDSAT e estimaram a área total queimada em ~921,8 km² (92.180 ha). Estes resultados mostram que as estimativas aqui obtidas ficam entre 6,1% e 13,3% desses totais.

4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste trabalho mostraram que a metodologia desenvolvida por Pereira (1987) e Setzer et al. (1988) para estimativas de áreas queimadas com imagens AVHRR/NOAA, avaliou a área total queimada em uma região de cerrado como a do Parque Nacional das Emas em cerca de apenas 10% do valor encontrado por outros autores, que usaram imagens TM/LANDSAT de alta resolução espacial em seus trabalhos.

Este baixo valor aqui estimado não representa o universo da Amazônia Legal Brasileira, uma vez que a avaliação foi feita particularmente em uma área de cerrado, e a Amazônia Legal Brasileira possui diversos tipos de vegetação, com taxas de propagação de incêndios mais lentas do que as encontradas neste trabalho. Desta forma, esta estimativa deverá ser feita também para incêndios que ocorram em áreas de floresta desmatada, cuja localização permita a identificação do ponto de controle necessário para a navegação.

A localização geográfica dos "pixels" de incêndio possui um erro muito pequeno, de forma que as imagens AVHRR poderiam ser utilizadas no

monitoramento de áreas de preservação ambiental previamente estabelecidas, o que possivelmente evitaria um incêndio das proporções ocorridas no Parque Nacional das Emas, uma vez que um dia antes do incêndio tornar-se incontrollável um foco nos limites do parque havia sido detectado, e nesse momento os responsáveis pela segurança do parque teriam sido alertados.

Neste trabalho utilizou-se apenas a imagem da banda 3 do AVHRR. Entretanto, o uso das bandas 1 e 2 pode ser feito para a avaliação da área total queimada, uma vez que a análise visual de áreas queimadas mostrou que estas aparecem em tons escuros bastante distintos dos demais alvos. Estudos neste sentido deverão ser executados futuramente.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- BJORNSEN, R.L. Infrared mapping of large fires. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 5., Ann Arbor, MI, 16-18 Apr. 1968. Proceedings. ERIM, Ann Arbor, MI, Sep. 1968, pp. 459-464.
- BUCCI, E.; SANTOS G. dos; OLIVEIRA, N. de; ALEIXO, V.; STACIARINI, E.M. Parque Nacional das Emas: diagnóstico das condições ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 3., Rio de Janeiro, RJ, 24-27 jul. 1989. Anais. UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1989, V.1, pp. 353-367.
- HIRSCH, S.N. Applications of remote sensing to forest fires detection and suppression. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, Ann Arbor, MI, Oct. 15-17, 1962. Proceedings. IST/Univ of Michigan, Ann Arbor, MI, 1963, pp.295-308.
- _____. Preliminary experimental results with infrared line scanners for forest fire surveillance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 3., 14-16 Apr., 1964, Ann Arbor, MI. Proceedings. ERIM, Ann Arbor, MI, Nov. 1965, pp. 623-648.
- _____. Project fire scan - summary of 5 year's progress in airborne infrared fire detection. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE OF ENVIRONMENT, 5., 16-18 Apr., 1968, Ann Arbor, MI. Proceedings. ERIM, Ann Arbor, MI, Nov. 1968, pp. 447-457.
- HIRSCH, S.N.; KRUCKEBERG, R.F.; MADDEN, F.H. The bispectral forest fire detection system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, MI, 17-21 May, 1971. Proceedings. ERIM, Ann Arbor, 1971, V.3, pp. 2253-2259.
- KIDWELL, K.B. NOAA polar orbiter data (TIROS-N, NOAA-6, NOAA7, NOAA8 and NOAA-9) user guide. Washington, DC, NOAA-NESS, May 1987.
- PEREIRA, M.C. Detecção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazonia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e LANDSAT, e dados de aeronave. Sao Jose dos Campos, SP, INPE, dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto, dez. 1987, 268p. (INPE-4503-TDL/326)
- PEREIRA, M.C.; SETZER, A.W. Detecção de queimadas e plumas de fumaça na Amazonia através de imagens de satélites NOAA. Sao Jose dos Campos, SP, INPE, jun. 1986, 51p. (INPE-3924-PRE/958)
- PINTO, J.H.D. Utilização comparativa de processos analogico e digital no tratamento de dados MSS-LANDSAT para estudos dos Parques Nacionais do Brasil. Sao José dos Campos, SP, INPE, dez. 1985, 122p. (INPE-4011-TDL/240)
- ROBINSON, J.M. The role of fire on Earth: a review of the state of knowledge and and a systems framework for satellite and ground based observations. A thesis submitted to the University of California at Santa Barbara in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Dept. of Geography, 1988. (NCAR/CT-112)
- SETZER, A.W.; PEREIRA, M.C. Relatório de atividades do Projeto "Sensoriamento de Queimadas por Satélites - SEQE" - ano 1988. Sao Jose dos Campos, SP, março 1990.
- SETZER, A.W.; PEREIRA, M.C.; PEREIRA Jr., A.C.; ALMEIDA, S.A.O. Relatório de atividades do projeto IBDF-INPE "SEQE" - ano 1987. Sao Jose dos Campos, SP, INPE, maio 1988, 101p. (INPE-4534-RPE/565)
- SHIMABUKURO, Y.E.; HERNANDEZ Fo., P.; PEREIRA, M.C.; SANTOS, J.R. Monitoring the vegetation of Brazil potentialities of multisensor approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP ON GLOBAL NATURAL RESOURCE MONITORING AND ASSESSMENTS: PREPARING FOR THE 21st. CENTURY, Venezia, Italy, 24-30 Sep. 1989.
- SHIMABUKURO, Y.E.; HERNANDEZ Fo., P.; PEREIRA, M.C.; LEE, D.C.; SANTOS, J.R. Queimadas no Parque Nacional das Emas em 1988. Painei apresentado no V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, RN, out. 1988.
- VELASCO, F.R.D.; LIMA, U.M.B. Sistema SITIM - Projeto preliminar de suporte lógico. São José dos Campos, SP, INPE/CNPq, ago. 1982, 39p. (INPE-2499-NTE/190)
- WARREN, J.R. Infrared applications for forest fire management. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 14., Ann Arbor, MI, 23-30 Apr., 1980. Proceedings. ERIM, Ann Arbor, MI, 1980, V.2, pp. 957-965.

WILSON, R.A. Fire detection feasibility and system development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 5., 16-18 Apr., 1968, Ann Arbor, MI. Proceedings. ERIM, Ann Arbor, MI, Sep. 1968, pp. 465-477.

_____. The remote sensing surveillance of forest fires. Applied Optics, 5(6):899-904, 1966.

AGRADECIMENTOS: Ao Sr. Divino Cristino Figueiredo pelo desenvolvimento do software de navegação de imagens AVHRR/NOAA aqui utilizado.

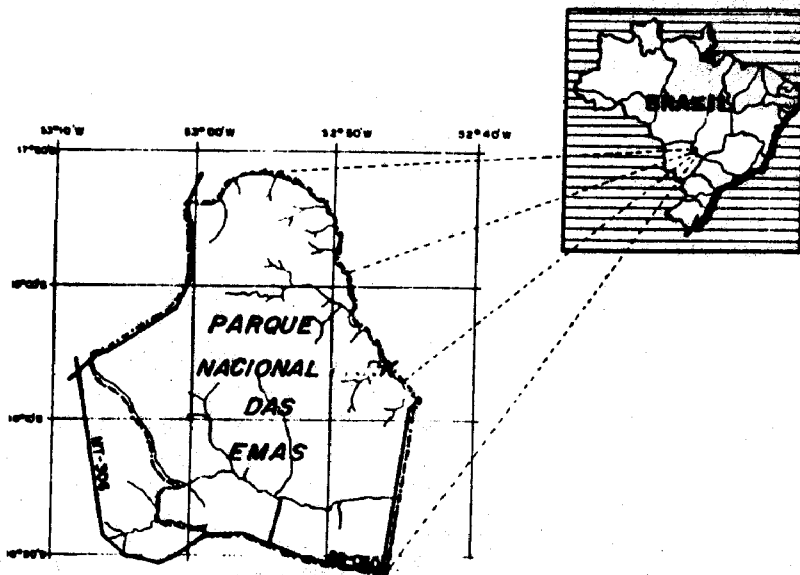


Fig. 1 - Localização da área de estudos.
FONTE: Shimabukuro et al., (1989).

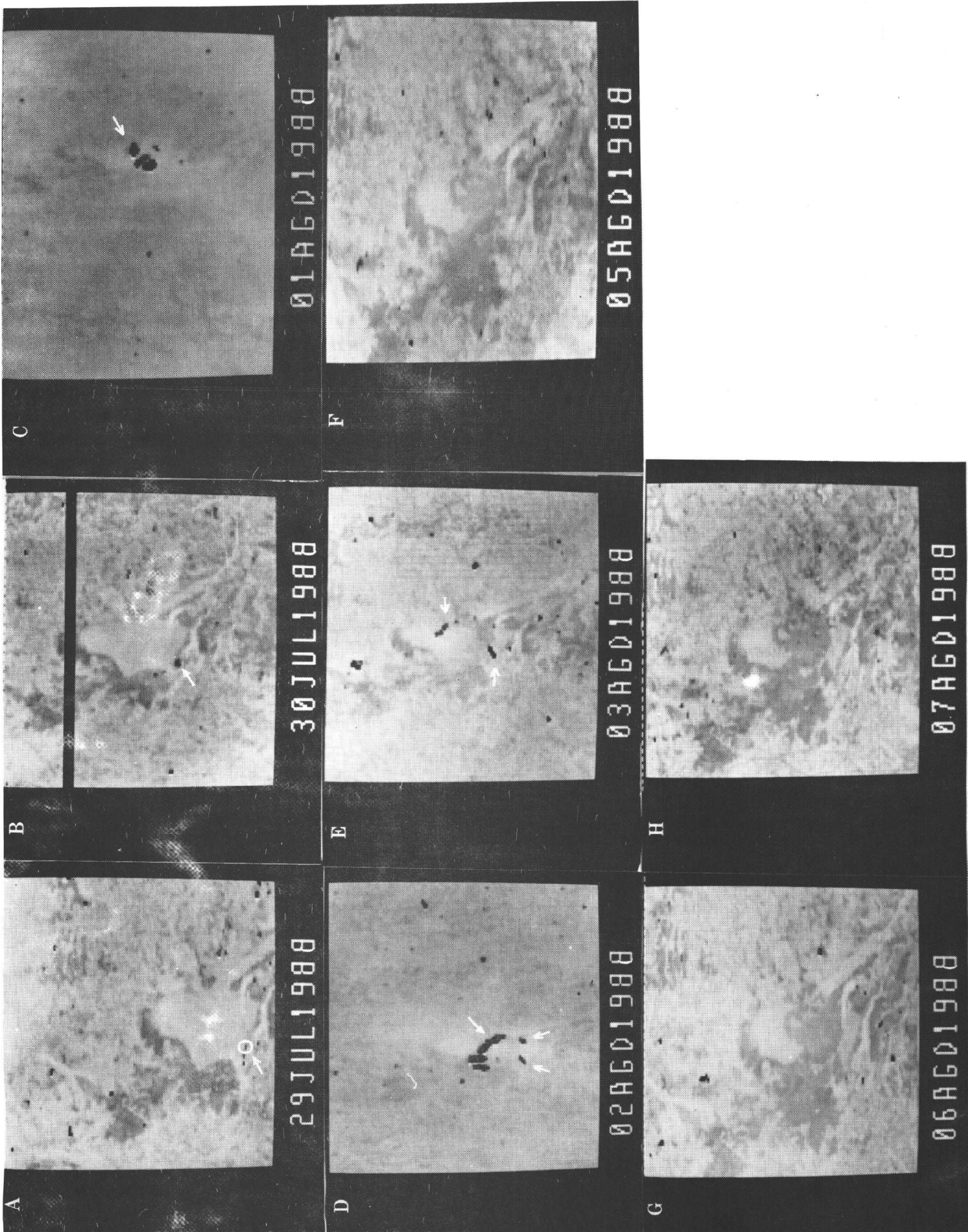


Fig. 2 - Fotografia das imagens AVHRR (banda 3) utilizadas na pesquisa.

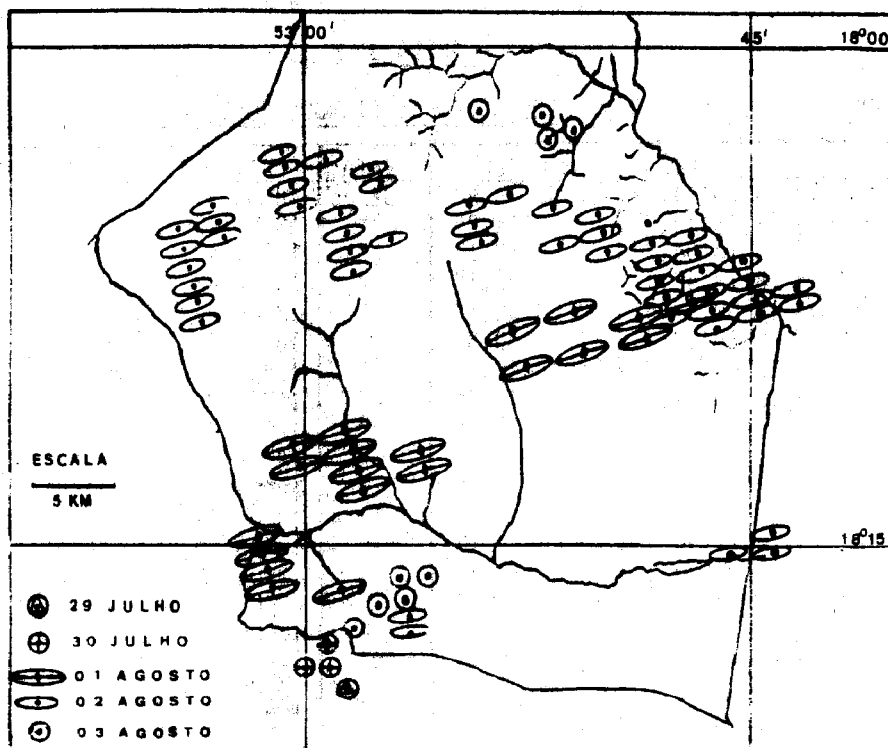


Fig. 3 - Mapa da localização dos "pixels" classificados QUEIMADA.

TABELA 1

IMAGENS AVHRR/NOAA-9 UTILIZADAS NESTE TRABALHO

| DATA | Ó R B I T A ⁽¹⁾ | | CRUZ. NO EQUADOR ⁽²⁾ | | HORA DA GRAVAÇÃO INÍCIO-FIM (TMG) | NÚMERO DA FITA ⁽³⁾ |
|-------|----------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|
| | ALTURA (km) | PERÍODO (min) | HORA (TMG) | LONGITUDE (graus) | | |
| 29jul | 851,178 | 102,0673 | 19h31m25s | 306,686 | 19h24m03s-29m34s | AM078 |
| 30jul | 851,170 | 102,0672 | 19h20m22s | 309,441 | 19h13m04s-18m35s | AM080 |
| 31jul | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 01ago | 851,169 | 102,0672 | 20h40m14s | 290,058 | 20h32m02s-36m28s | AM082 |
| 02ago | 851,164 | 102,0671 | 20h29m16s | 292,755 | 20h21m06s-25m14s | AM083 |
| 03ago | 851,176 | 102,0671 | 20h18m07s | 295,415 | 20h10m02s-15m26s | AM085 |
| 04ago | 851,170 | 102,0672 | 20h07m03s | 297,980 | 19h59m00s-05m52s | AM086 |
| 05ago | 851,165 | 102,0670 | 19h56m00s | 300,872 | 19h48m00s-53m29s | AM088 |
| 06ago | 851,163 | 102,0670 | 19h44m56s | 303,614 | 19h36m59s-42h30s | AM087 |
| 07ago | 851,160 | 102,0669 | 19h33m53s | 306,371 | 19h26m00s-31m30s | AM091 |

1) valores obtidos no Boletim "APT Predict" da NOAA; 2) valores obtidos nas fitas CCTs; 3) as fitas encontram-se arquivadas no LTID/INPE.

TABELA 2

NÚMERO DE "PIXELS" CLASSIFICADOS QUEIMADA NAS IMAGENS AVHRR

| DATA | LINHA/COLUNA DO PARQUE x1,x2/y1,y2 | NÚMERO DE "PIXELS" |
|-------|--|-----------------------|
| 29jul | 1410,1540/ 870,1000 | 1 |
| 30jul | 1623,1753/ 770, 900 | 3 |
| 31jul | ... | ... |
| 01ago | 70, 200/ 705, 835 | 20 |
| 02ago | 70, 200/ 840, 970 | 53 |
| 03ago | 160, 290/ 800, 930 | 9 |
| 04ago | 350, 570/ 790, 990 | 0 |
| 05ago | 650, 780/ 835, 965 | 0 |
| 06ago | 1020,1150/1020,1150 | 0 |
| 07ago | 1350,1500/ 890,1020 | 0 |
| TOTAL | | 86 |

TABELA 3

LATITUDES E LONGITUDES DOS "PIXELS" CLASSIFICADOS "QUEIMADA" NAS IMAGENS AVHRR

| DATA | LATITUDE | LONGITUDE | DATA | LATITUDE | LONGITUDE |
|-------|---------------|---------------|-------|---------------|---------------|
| 29jul | 18° 19' 44,0" | 52° 58' 14,8" | 02ago | 18° 05' 51,1" | 52° 57' 12,8" |
| 30jul | 18° 18' 13,9" | 52° 59' 14,2" | " | 18° 05' 17,1" | 52° 54' 31,5" |
| " | 18° 18' 54,7" | 52° 59' 57,1" | " | 18° 04' 42,9" | 52° 51' 49,1" |
| " | 18° 18' 48,7" | 52° 59' 07,1" | " | 18° 07' 48,9" | 53° 03' 40,8" |
| 01ago | 18° 08' 37,5" | 52° 53' 00,5" | " | 18° 06' 42,0" | 52° 58' 22,6" |
| " | 18° 08' 10,2" | 52° 51' 00,3" | " | 18° 05' 51,1" | 52° 54' 21,1" |
| " | 18° 08' 16,2" | 52° 48' 48,6" | " | 18° 04' 59,6" | 52° 50' 17,0" |
| " | 18° 07' 48,5" | 52° 46' 47,1" | " | 18° 08' 22,9" | 53° 08' 30,4" |
| " | 18° 09' 44,7" | 52° 52' 38,6" | " | 18° 05' 50,8" | 52° 51' 28,2" |
| " | 18° 09' 17,3" | 52° 50' 38,4" | " | 18° 05' 33,5" | 52° 50' 06,6" |
| " | 18° 08' 49,8" | 52° 48' 37,6" | " | 18° 05' 16,2" | 52° 48' 44,7" |
| " | 18° 12' 06,1" | 53° 00' 22,3" | " | 18° 06' 07,5" | 52° 49' 56,1" |
| " | 18° 11' 39,4" | 52° 58' 24,5" | " | 18° 05' 50,2" | 52° 48' 34,2" |
| " | 18° 12' 39,7" | 53° 00' 11,4" | " | 18° 05' 32,8" | 52° 47' 12,0" |
| " | 18° 12' 13,0" | 52° 58' 13,6" | " | 18° 06' 24,1" | 52° 48' 23,7" |
| " | 18° 12' 46,6" | 52° 58' 02,6" | " | 18° 06' 06,7" | 52° 47' 01,5" |
| " | 18° 12' 19,7" | 52° 56' 04,2" | " | 18° 06' 58,1" | 52° 48' 13,3" |
| " | 18° 13' 20,1" | 52° 57' 51,7" | " | 18° 06' 40,7" | 52° 46' 51,0" |
| " | 18° 12' 53,2" | 52° 55' 53,3" | " | 18° 06' 23,2" | 52° 45' 28,5" |
| " | 18° 14' 47,1" | 53° 01' 35,7" | " | 18° 07' 32,1" | 52° 48' 02,8" |
| " | 18° 15' 20,7" | 53° 01' 24,7" | " | 18° 07' 14,6" | 52° 46' 40,6" |
| " | 18° 15' 54,3" | 53° 01' 13,8" | " | 18° 06' 57,2" | 52° 45' 18,1" |
| " | 18° 16' 27,9" | 53° 01' 02,8" | " | 18° 08' 06,0" | 52° 47' 52,3" |
| " | 18° 16' 34,9" | 52° 58' 54,6" | " | 18° 07' 48,6" | 52° 46' 30,1" |
| 02ago | 18° 03' 09,4" | 53° 00' 55,5" | " | 18° 07' 31,1" | 52° 45' 07,6" |
| " | 18° 03' 34,9" | 53° 00' 45,1" | " | 18° 07' 13,6" | 52° 43' 44,8" |
| " | 18° 03' 18,1" | 52° 59' 25,2" | " | 18° 08' 22,6" | 52° 46' 19,6" |
| " | 18° 04' 42,4" | 53° 03' 13,8" | " | 18° 08' 05,1" | 52° 44' 57,1" |
| " | 18° 04' 08,9" | 53° 00' 34,7" | " | 18° 07' 47,5" | 52° 43' 34,2" |
| " | 18° 03' 35,2" | 52° 57' 54,5" | " | 18° 17' 10,6" | 52° 56' 34,6" |
| " | 18° 05' 33,0" | 53° 04' 22,5" | " | 18° 14' 36,1" | 52° 44' 24,3" |
| " | 18° 05' 16,3" | 53° 03' 03,3" | " | 18° 17' 44,5" | 52° 56' 24,1" |
| " | 18° 04' 42,9" | 53° 00' 24,3" | " | 18° 15' 27,5" | 52° 45' 36,1" |
| " | 18° 04' 09,2" | 52° 57' 44,1" | " | 18° 15' 10,0" | 52° 44' 13,8" |
| " | 18° 06' 07,0" | 53° 04' 12,1" | 03ago | 18° 02' 01,2" | 52° 54' 07,3" |
| " | 18° 05' 50,3" | 53° 02' 52,9" | " | 18° 02' 13,9" | 52° 52' 07,0" |
| " | 18° 05' 00,1" | 52° 58' 53,9" | " | 18° 02' 48,2" | 52° 51' 57,0" |
| " | 18° 06' 41,0" | 53° 04' 01,6" | " | 18° 02' 37,3" | 52° 51' 01,6" |
| " | 18° 05' 34,1" | 52° 58' 43,5" | " | 18° 16' 24,8" | 52° 56' 41,5" |
| " | 18° 04' 43,2" | 52° 54' 42,0" | " | 18° 16' 14,2" | 52° 55' 47,2" |
| " | 18° 04' 26,1" | 52° 53' 20,9" | " | 18° 17' 09,7" | 52° 57' 25,8" |
| " | 18° 07' 15,0" | 53° 03' 51,2" | " | 18° 16' 59,1" | 52° 56' 31,6" |
| " | 18° 06' 08,0" | 52° 58' 33,1" | " | 18° 17' 54,5" | 52° 58' 09,9" |