

**INCIDÊNCIA DE QUEIMADAS NOS PERÍODOS DE JUNHO A
NOVEMBRO DE 1995 E 1996 DETECTADAS PELO SENSOR
AVHRR DOS SATÉLITES NOAA**

Submetido pelo Diretor Geral

Marcio Nogueira Barbosa

**à apreciação do Comitê Interministerial de Acompanhamento e
Divulgação de Informações sobre Desflorestamento e Queimadas**

Preparado por:

Thelma Krug

Gilvan Sampaio de Oliveira

Gonzalo del Carmen Lobos Valenzuela

Alberto W. Setzer

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Ministério da Ciência e Tecnologia

S.J.Campos, Julho de 1997

Capa

A foto na capa, extraída da imagem TM/Landsat-5 gravada pelo INPE em 25/agosto/1992, mostra o Parque Nacional das Emas de 1.318 km² no sudoeste de Goiás em coloração verde, com uma queimada de 300 km² no seu interior, indicada em cor preta. A imagem é parte de um estudo temporal das queimadas no parque nos últimos 22 anos, baseado em 36 imagens Landsat. A imagem AVHRR/NOAA-11 correspondente, indicando 253 km² de área queimada, encontra-se em França (1994).

Cortesia de H. França, INPE/DSR-Fapesp.

Resumo

Este trabalho resume os dados de queimadas do monitoramento orbital realizado diariamente pelo INPE, utilizando imagens termais AVHRR dos satélites NOAA-12 (final da tarde) e 14 (meados da tarde) nos períodos de junho a novembro de 1995 e 96, para todo o país. Nas imagens NOAA-12, entre 15/agosto e 30/novembro, o total de pixels de queimada detectados foi 39.778 em 1995, e 31.944 em 1996. Nestes dois anos, Mato Grosso e Pará foram os estados que apresentaram maior incidência, acumulando juntos mais de 50% das queimadas. No período de 01/junho a 14/agosto/1996, através do NOAA-12 foram ainda detectados 8.600 pixels de queimada. Com o NOAA-14, os pixels de queimada registrados em 1996 foram 10.274 em junho e 51.100 em julho; neste mesmo ano, as imagens do NOAA-12 indicaram 1.075, 3.300 e 4.255 pixels de queimada em junho, julho e primeira quinzena de agosto, respectivamente. Em 1995, o NOAA-14 detectou 10.523, 42.442 e 61.061 pixels de queimada em junho, julho e primeira quinzena de agosto.

Abstract

This work summarizes the vegetation fire data of the daily orbital monitoring done by INPE for Brazil using the AVHRR thermal images of the NOAA-12 (late afternoon) and NOAA-14 (mid afternoon) satellites from June to November of 1995 and 96. From August/15 to November/30, a total of 39,778 fire pixels were detected in 1995, and 31,944 in 1996, using NOAA-12 images. The states which presented the highest incidence of fire pixels in these two years were Mato Grosso and Pará, accounting for approximately 50% of the number of fires. From June/01 to August/14/1996, 8,600 fire pixels were detected by NOAA-12. The fire pixels detected in 1996 by NOAA-14 in June and July were 10,274 and 51,100, respectively. In the same period, the NOAA-12 images indicated 1,075 and 3,300 fire pixels, respectively, and 4,255 from August 1 to 15. At the beginning of the fire season in 1995, NOAA-14 detected 10,523 fire pixels in June, 42,442 in July, and 61,061 from August 1 to 15.

1. Introdução

Através da Portaria Interministerial No.219 de 7 de junho de 1996, foi criado em agosto de 1996 o Comitê de Acompanhamento e Divulgação de Informações sobre Desflorestamento e Queimadas, com o objetivo de manter de forma atualizada e contínua, as atividades de divulgação em nível nacional e internacional dos dados relativos ao desflorestamento e às queimadas na Amazônia.

A detecção de queimadas, assim como seu controle, são tarefas complexas no Brasil, uma vez que o fogo é normalmente empregado para fins diversos na agropecuária, na renovação de áreas de pastagem, na remoção de material seco acumulado, no preparo do corte manual em plantações de cana-de-açúcar etc. Considerando a extensão geográfica do país, e a impossibilidade de se dispor de um contingente humano para atender as necessidades reais de prevenção, detecção e controle de queimadas, fica evidente o papel e a importância da utilização de tecnologias avançadas neste contexto.

De acordo com Wagner (1994), dados de satélite podem ser uma opção viável para monitorar emergências (queimadas em áreas de conservação, florestas etc.), identificar áreas de risco e mapear a extensão de áreas atingidas pelo fogo. Uma visão geral pode ser rapidamente fornecida por alguns satélites que cobrem extensas áreas do terreno em uma única passagem, indicando possíveis focos de queimada ativas, assim como as regiões já afetadas pelo fogo. Uma vez extinto o fogo, dados de satélite podem também ser utilizados no levantamento dos danos, no mapeamento da extensão das queimadas, e no estabelecimento de planos de prevenção.

A utilização de dados de sensoriamento remoto termal na detecção de queimadas foi relatada nos Estados Unidos em 1961, com o emprego de aeronaves (Warren, 1980). No Brasil, data de julho de 1985 o primeiro uso de imagens do Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo dos satélites de órbita polar da série National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), e dos satélites americanos de recursos naturais, Landsat-TM, no monitoramento de queimadas na Amazônia brasileira. Esta iniciativa foi motivada pelo experimento internacional GTE/ABLE-2A, organizado pela Agência Espacial Norte Americana (NASA) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), visando monitorar fontes de poluição que pudessem afetar medições de química da atmosfera coletadas em terra e em aeronave na Amazônia (Andreae et al., 1988; Setzer et al., 1988).

Uma das conclusões importantes deste experimento foi a de que os satélites da série NOAA propiciavam uma técnica adequada e relativamente simples e econômica no monitoramento diário de queimadas. Essa observação foi comunicada ao então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (hoje IBAMA) em 1986, motivando o estabelecimento de um plano de trabalho e de um acordo de cooperação entre as duas instituições, formalmente implementado em 8 de setembro de 1987 com a criação do Projeto SEQE - Sensoriamento de Queimadas por Satélites (Setzer et al., 1988). O projeto objetivava implantar um sistema de detecção e de levantamentos rotineiros de grandes queimadas no país, em tempo quase-real, com o uso de imagens de satélites NOAA. O projeto SEQE motivou, entre outros, a criação em 1989 do Sistema

Nacional de Prevenção e Controle aos Incêndios Florestais - PREVFOGO, através do decreto nº. 97.635. Este decreto atribuiu ao IBAMA a competência de coordenar as ações necessárias à organização, implementação e operacionalização das atividades relacionadas com a educação, pesquisa, prevenção, controle e combate aos incêndios florestais e queimadas (Figueiredo, 1993). Uma das atividades do PREVFOGO/IBAMA é disseminar aos órgãos estaduais do IBAMA os dados diários de queimadas no período de junho a novembro, época de estiagem no Brasil central e sul da Amazônia, obtidos a partir do satélite NOAA e processados pelo INPE.

O presente documento visa apresentar os dados de queimadas de 1995 e 1996, obtidos e processados pelo INPE durante suas respectivas estações secas, assim como prover algumas informações meteorológicas (temperatura média, precipitação total, anomalia de temperatura, anomalia de precipitação) que auxiliem o processo de análise dos mesmos. Limitações do atual sistema de detecção de queimadas são também indicadas, fornecendo à comunidade usuária condições de avaliar a validade dos dados coletados e a informação disseminada, assim como julgar a propriedade de sua utilização em trabalhos de cunho científico. Cabe também ressaltar que dados sobre queimadas no país, para os anos de 1991 a 1993, estão disponíveis em Miranda et al. (1994).

2. Importância do Tema

O crescente interesse e preocupação nacional e internacional com a mudança do clima e com a perda da biodiversidade levaram à assinatura de duas convenções internacionais durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992. Dentre os fatores nacionais identificados que mais impactam o Clima e a Biodiversidade está a queima de biomassa nos ecossistemas tropicais associada à expansão da fronteira agrícola, à conversão de florestas e savanas em pastagens e à renovação de pastagens e de cultivos agrícolas (Dias e Miranda, 1996). Neste contexto, o INPE e a NASA coordenaram, em 1995, um projeto de envigadora internacional denominado SCAR-B, com a finalidade de avaliar esses efeitos, cujos resultados acabaram de ser publicados em Kirchoff (1997). Adicionalmente, as recentes publicações de Levine (1991, 1996), com dezenas de trabalhos e centenas de referências, demonstram a relevância do tema Queimadas aos níveis local, regional e global.

Dentre os vários efeitos das queimadas (empobrecimento de solos, destruição de vegetação primária relacionada a problemas de erosão; poluição atmosférica; efeitos na biodiversidade), a queima de biomassa afeta também a química da atmosfera. Segundo Crutzen e Andreae (1990), cerca de 20% das emissões antropogênicas de dióxido de carbono são causadas por queima da vegetação. Outros gases de efeito estufa (por exemplo, metano, N_2O), tóxicos e outros gases (CO , NO_x , SO_2 , HCN) e aerossóis são também descarregados em quantidades significativas. Um problema fundamental relacionado às queimadas refere-se ao ciclo global de carbono, o qual é liberado pelas queimadas na forma de gases (CO_2 , CO , CH_4) e aerossóis.

Dentre tantos temas científicos de importância, relacionados à queimadas, três têm merecido especial atenção por parte de pesquisadores do INPE, pois podem ser

estudados através da utilização de tecnologia espacial: (a) o conhecimento da distribuição de focos de fogo ativo; (b) o levantamento da área queimada e (c) a quantidade de biomassa associada.

Obviamente, esses temas não constituem uma preocupação exclusivamente brasileira, e tampouco a utilização de satélites de sensoriamento remoto de baixa resolução, como é o caso do NOAA-AVHRR, como uma fonte importante de informação no seu estudo. Independentemente das limitações geométricas e radiométricas das imagens do NOAA, elas ainda constituem uma fonte relevante de dados para pesquisar os temas acima, devido às suas escalas temporal e espacial.

3. Satélites da Série NOAA

Desde a implantação do sistema operacional de queimadas no INPE, dados de diferentes satélites têm sido utilizados. Há sempre, no mínimo, dois satélites NOAA em operação, resultando em pelo menos quatro passagens diárias em qualquer região tropical do globo. Atualmente, dois satélites estão em operação: o NOAA-12 e o NOAA-14. Cada imagem fornecida por esses satélites cobre uma faixa de aproximadamente 2.500 km de largura por 4.000 km de comprimento, e é obtida em aproximadamente 11 minutos. Esta cobertura tão extensa, em tão pouco tempo, é a principal vantagem da utilização desses satélites na detecção de queimadas. De 1991 a 1993, foram utilizados os dados do satélite NOAA-11 coletados às 15:15h, 16:00h, e 16:45h, respectivamente (todos os horários fornecidos neste relatório são aproximados e representam horas locais nominais). Já em 1994, foram utilizados dados do NOAA-11 no período de 01/06 a 13/08, coletados às 17:30h. Com a desativação deste satélite em 14/agosto/1994, passou-se a utilizar os dados do NOAA-10, coletados às 17:35h. Em 1995, os dados do satélite NOAA-14, lançado em dezembro/1994, e coletados às 13:30h, foram empregados no período de 01/06 até 14/08, quando passou a ocorrer um problema associado ao horário de aquisição das imagens, ao ângulo de iluminação solar, e à curva de sensibilidade do sensor AVHRR. Este problema ocasionou a detecção indevida de queimadas, quando reflexos de luz solar em solos expostos passaram a ser computados como queimadas (Informe No. 1 sobre o Monitoramento de Queimadas - DSA/INPE), superestimando o número de focos de queimada. Desta forma, a partir de 15/agosto/1995, e durante o ano de 1996, o INPE adotou os dados coletados às 19:00h pelo satélite NOAA-12 como fonte das informações oficiais de queimadas no país.

Os satélites NOAA possuem um sensor (AVHRR) que opera em cinco bandas, uma das quais de fundamental importância na detecção de queimadas: a banda 3 (3.55 - 3.93 μm), que detecta comprimentos de ondas infravermelhas termais e é sensível às fontes de calor, permitindo, entre outros, a análise da temperatura da superfície do mar, o mapeamento noturno de nuvens e, em particular, a detecção de incêndios com algumas centenas de graus de temperatura. Apesar de sua utilidade na detecção de queimadas, o sensor AVHRR não foi concebido para este fim. Entretanto, constitui-se na única ferramenta disponível no presente para monitoramento metódico e regular de queimadas no país (Justice et al., 1993; Jahn e Brieß, 1994). Também segundo Kidwell (1991), apesar do AVHRR não ter sido desenvolvido para estudar queimadas, possui algumas características que permitem o seu uso para este fim, com certas limitações. É importante salientar que a faixa termal da banda 3 AVHRR é sensível tanto à reflexão

quanto à emissão da radiação eletromagnética, sendo esta a razão da dificuldade de discriminação entre alguns alvos muito reflexivos e a emissão de calor proveniente das queimadas ativas.

4. Metodologia

O tratamento e análise das imagens AVHRR no INPE para detecção e monitoramento de queimadas baseia-se em técnica que vêm sendo desenvolvida pioneiramente no Instituto desde 1988 (Pereira 1988; Pereira e Setzer 1993; Setzer e Pereira, 1991). Queimadas são identificadas a partir de pixels que apresentam altas temperaturas, os quais apresentam os mais baixos valores de nível de cinza nas imagens infravermelhas termais da banda 3 do AVHRR. Isto decorre do fato desta banda medir a emissão de energia radiante da superfície terrestre, onde os pixels saturados correspondem a uma temperatura nominal de pelo menos 47°C, normalmente associada à áreas com matéria em combustão. Na realidade, devido a efeitos atmosféricos e características do sensor, é necessária uma temperatura muito superior a esta para atingir o nível limite do sensor. Adicionalmente, testes de campo indicam a necessidade de se ter uma frente de fogo com no mínimo 50 m de extensão para que uma queimada seja detectada (Setzer e Malingreau, 1996). As áreas queimadas também possuem alta reflectância na banda 3, as quais aparecem nas imagens como áreas escuras, embora com temperaturas muito inferiores às dos focos de fogo. O programa computacional utilizado operacionalmente pelo INPE encontra-se descrito em Fernandes (1996).

Em geral, os algoritmos de detecção de queimadas baseiam-se em limiares, como é o caso do algoritmo desenvolvido no INPE. Entretanto, diferentemente da metodologia adotada pelo Instituto, que só utiliza os dados da banda 3 na detecção e da banda 2 na verificação, algumas abordagens teóricas têm utilizado limiares nas bandas 2, 3 e 4 do AVHRR-NOAA, na identificação de potenciais “pixels de fogo” (Kennedy et al, 1994). Mais recentemente, algoritmos que utilizam a informação dos pixels vizinhos (informação contextual) na definição dos limiares vêm sendo desenvolvidos e, segundo alguns autores, apresentando potencial mais preciso (Flasse et al., 1995) do que os métodos convencionais.

Apesar do bom desempenho do método dos limiares na detecção de queimadas, alguns autores atestam a sensibilidade da metodologia a alguns fenômenos tais como emissão térmica do solo (superfícies muito quentes), a presença de nuvens e interferência de zonas de forte reflexão (França (1994), Vickos (1991), Pereira Jr., (1992), Pereira Jr. e Setzer (1996), e Setzer e Verstraete (1994)). Algumas sugestões para evitar confusão entre pixels de queimadas ativas e pixels associados a solos expostos superaquecidos vêm sendo propostas, utilizando máscaras temáticas para delimitar áreas de florestas e índice de vegetação normalizado (NDVI) (Yagüe, 1995).

Segundo Setzer e Malingreau (1996), somente os dados do satélite AVHRR-NOAA de alguns estados brasileiros são afetados pelo problema de reflexão solar em épocas determinadas, levando a uma superestimativa do número de focos de queimada ativas. Este problema só começa a se tornar crítico para o Brasil a partir de meados do mês de agosto, devido à elevação solar. Obviamente, o problema de reflexão solar não afeta os dados do satélite NOAA obtidos no final da tarde, ou início da noite, quando o

sol está bem baixo e os solos já apresentam uma temperatura bem inferior àquela observada no início da tarde.

Em agosto/1995, o problema de reflexão solar afetou significativamente os dados de queimadas do estado da Bahia, levando o INPE a adotar os dados do satélite NOAA-12 (passagem das 19:30h) como base para seu sistema de monitoramento de queimadas. A identificação de dados superestimados no período de 1 a 7 de agosto/1995 levou o IBAMA a desconsiderar os totais desse período na sua estimativa mensal de queimadas. O fato dos dados decorrentes de problemas de reflexão solar apresentarem um padrão espacial distinto daquele associado à queimada, motivou o INPE a adotar um procedimento de tratamento dos dados objetivando a eliminação dos pixels espúrios. Até julho, este problema não havia sido observado, e os dados na Tabela 1, de junho e de julho (1995 e 1996) correspondem aos totais originais. Entretanto, os dados apresentados para o NOAA-14, na Tabela 2, para o mês de agosto/1995, são resultado deste tratamento. Entretanto, o fato deste procedimento não ser automático (dependendo, portanto, do analista), pode acarretar em inconsistências indesejáveis. Frente a esses problemas, o Comitê de Acompanhamento e Divulgação de Informações sobre Desflorestamento e Queimadas resolveu divulgar, em 1996, somente os dados de queimadas obtidos pelo satélite NOAA-12. Entretanto, para fins de acompanhamento e controle ambiental, alguns órgãos dispuseram também de dados do satélite NOAA-14.

5. Trabalhos Correlatos

Apesar do Brasil ter sido e ainda ser o pioneiro no uso de satélites na detecção operacional de queimadas, o uso desta tecnologia já havia sido estudado por alguns autores. Por exemplo, Matson et al. (1984) demonstraram que as imagens desses satélites têm grande potencial para detectar queimadas de maneira rápida em áreas de grandes extensões, através da banda 3 (3,55 - 3,93 μ m). Malingreau (1984) e Malingreau et al. (1985) também descrevem o uso de dados AVHRR/NOAA-7 na detecção e mapeamento de incêndios ocorridos na Indonésia em 1982-83. Experiências na utilização de dados do AVHRR-NOAA são também reportadas por Rauste (1995), na Finlândia; Yagüe et al. (1995), na Espanha; e Downey (1995) na Nicarágua.

Hoje já se estuda a possibilidade de se indicar a distribuição espacial das queimadas, de maneira global, utilizando imagens AVHRR (IGBP, 1990; Malingreau e Grégoire, 1996), como contribuição à projetos relacionados à mudanças globais e ao estudo de emissões de gases de efeito estufa. Os primeiros mapas cobrindo queimadas em vários continentes foram recentemente produzidos e disponibilizados na Internet; entretanto, dados para a América do Sul são ainda praticamente inexistentes. Para o continente africano o grupo de monitoramento da vegetação (MTV) do Joint Research Centre de Ispra, Itália, vem produzindo análises temporais de queimadas, também a partir de imagens AVHRR (Koffi et al., 1996).

6. Validação

Desde a implantação do Sistema de Monitoramento de Queimadas, várias instituições usuárias têm confirmado em campo os dados obtidos pelo AVHRR-NOAA.

Obviamente, o número excessivo de queimadas no país, assim como a sua dispersão, impedem que este procedimento seja adotado de forma contínua e geral.

A dissertação de mestrado em sensoriamento remoto de Pereira Jr. (1992) no INPE objetivou testar a validade da metodologia de detecção, localização e quantificação de queimadas na região dos cerrados com o sensor AVHRR dos satélites NOAA (NOAA-11), a partir de calibração obtida com o sensor TM, de maior resolução espacial, a bordo do satélite Landsat. A região escolhida representa a de maior dificuldade em face da ocorrência de reflexão solar e de solos expostos. As conclusões do trabalho (Pereira Jr. e Setzer, 1996) indicaram a adequação do uso de imagens AVHRR ao monitoramento quantitativo de queimadas na região dos cerrados, principalmente em função das limitações técnicas e econômicas de métodos mais precisos. Na comparação com os dados TM-Landsat, os autores concluem que o número de queimadas na área de estudo foi subestimado pelo sensor AVHRR em 26%, e que queimadas com tamanho menor que o pixel AVHRR foram detectadas pelo sensor.

7. Estimativa de Área Queimada

Em geral, os dados de satélites meteorológicos possuem baixa resolução espacial. No caso do AVHRR, esta resolução é da ordem de 1,1 km. Entretanto, o fato de um pixel ter baixo valor de nível de cinza e, portanto, ser associado a um foco de queimada, não implica, necessariamente que a área atingida é de 1,21 km². Uma área de queimada ativa, consideravelmente menor que esta, pode saturar um pixel, o qual será computado como pixel à queimada. Assim, o número total de pixels associado à queimadas, se multiplicado pelo tamanho do pixel (que corresponde, no nadir, a uma área de 1,21 km²) pode levar a estimativas grosseiras da área afetada pela queimada caso ela tenha pequenas dimensões.

Caetano et al. (1995) reportaram alguns problemas relacionados à estimativa da extensão de área queimada utilizando dados do sensor AVHRR. Esses problemas foram conseqüência, principalmente, da confusão entre áreas queimadas, solo exposto, áreas cobertas por vegetação baixa e áreas urbanas, e à grande área de cada pixel (1.1 km x 1.1 km), que integra áreas queimadas e não queimadas, dificultando a determinação do percentual da área de cada pixel correspondente à queimada.

Outros sistemas com resolução mais refinada, como o TM-Landsat (30 m), podem ser utilizados para delimitar e mapear áreas queimadas. Entretanto, como este satélite tem tempo de revisita igual a 16 dias, não há como garantir o imageamento de todas as áreas afetadas por queimadas próximo à sua data de ocorrência. Assim, caso haja precipitação (ou fortes ventos) entre a data de ocorrência da queimada e a data de passagem do satélite sobre a área afetada, a resposta espectral da queimada pode ser alterada, (pela regeneração da vegetação, diminuição na densidade de cinzas etc), provocando a sua não identificação na imagem. Esta constatação foi apresentada por Pereira Jr. (1992) e Pereira Jr. e Setzer (1996), em seu estudo em região de cerrado.

Segundo Setzer et al. (1994), as imagens do AVHRR-NOAA são úteis para identificar queimadas numa base rotineira e apropriadas para uso operacional em tempo quase-real para identificar e localizar queimadas. Entretanto, são de uso limitado para

estimar a área queimada ou a temperatura do fogo. Esta limitação já havia sido discutida por Robinson (1991).

8. Incidência de Focos de queimada nos Anos de 1995 e 1996

As tabelas, gráficos e figuras a seguir apresentam e ilustram dados relevantes à análise das queimadas no período de junho a novembro de 1995 e 1996 a partir das imagens AVHRR recebidas e processadas pelo INPE.

A Tabela 1 apresenta o número de focos de queimada detectados pelo satélite NOAA-14 durante os meses de junho e julho de 1995 e 1996, e pelo satélite NOAA-12, nos meses equivalentes, para 1996. Dados do NOAA-12 para 1995 não estão disponíveis, uma vez que este satélite somente passou a ser utilizado pelo INPE a partir de 15/agosto daquele ano (ver seção 3). Na Tabela 1 (assim como nas Tabelas 2 e 3), tomando o estado do Maranhão como exemplo, os números relacionados na primeira coluna indicam a detecção de 1.310 pixeis de queimada em junho/95, sendo que o estado não foi imageado em 4 dias, foi parcialmente imageado em 14 dias e completamente imageado em 10 dias.

A diferença observada entre o número de focos de queimada detectadas pelo satélite NOAA-14, relativo ao NOAA-12, deve-se aos diferentes horários de passagem (ver Tabela 6).

As Tabelas 2 e 3 apresentam os números de focos de queimada computados a partir de agosto de 1995 e 1996, respectivamente, utilizando os dados fornecidos pelo satélite NOAA-12. O desdobramento dos dados relativos ao mês de agosto em duas colunas (agosto A e B) deve-se ao fato de que no ano de 1995, as informações do satélite NOAA-14 foram utilizadas somente até 14 de agosto, sendo sucedidas pelo NOAA-12.

Tabela 1. Número de focos de queimada detectados pelo satélite NOAA-14 em junho e julho de 1995 e 1996, e pelo satélite NOAA-12, nos meses equivalentes em 1996, e número de dias não imageados, parcialmente imageados e totalmente imageados associados, respectivamente.

SATELITE	NOAA-14				NOAA-12	
	JUNHO/95	JULHO/95	JUNHO/96	JULHO/96	JUNHO/96/	JULHO/96
ACRE	0 23.05.00	1 24.04.00	0 25.05.00	2 23.08.00	0 21.08.00	0 21.09.00
ALAGOAS	0 15.05.08	0 14.03.11	1 17.04.09	0 18.04.09	0 16.04.09	0 18.02.10
AMAPA	1 20.08.00	5 26.02.00	1 25.05.00	2 28.03.00	0 17.12.00	0 17.13.00
AMAZONAS	65 17.11.00	24 24.04.00	15 18.12.00	161 13.18.00	0 13.16.00	20 09.21.00
BAHIA	2038 04.12.12	9046 05.09.14	1206 07.11.12	3324 05.14.12	46 06.10.13	80 07.11.12
CEARA	29 12.09.07	343 12.04.12	12 15.05.10	66 16.08.07	1 14.05.10	0 16.03.11
D. FEDERAL	2 02.00.26	21 02.01.25	21 02.02.26	96 02.02.27	0 02.02.25	6 03.03.24
ESPIRITO SANTO	22 06.03.19	10 07.02.19	17 09.03.18	30 08.05.18	6 08.05.16	10 09.04.17
GOIAS	490 00.09.19	1985 00.11.17	769 00.13.17	2806 00.10.21	12 00.13.16	270 00.14.16
ILHA MARAJÓ	17 16.08.04	7 19.08.01	0 22.08.00	18 21.10.00	0 11.15.03	0 10.18.02
MARANHAO	1310 04.14.10	5805 05.16.07	1383 06.17.07	4648 05.17.09	18 05.10.14	78 06.10.14
MATO GROSSO	1897 01.17.10	9199 00.20.08	1829 02.18.10	14676 01.17.13	25 03.14.12	119 02.15.13
M. G. DO SUL	327 03.09.16	1621 03.11.14	312 04.08.18	1795 04.07.20	92 05.08.16	352 05.08.17
MINAS GERAIS	432 00.13.15	1423 00.14.14	619 00.17.13	1455 00.17.14	73 00.17.12	184 00.18.12
PARA	391 02.26.00	2351 02.26.00	257 03.27.00	2519 02.29.00	20 02.27.00	300 01.29.00
PARAIBA	0 15.06.07	2 14.04.10	0 17.04.09	0 19.04.08	0 16.04.09	0 18.03.09
PARANA	112 02.06.20	383 01.10.17	172 03.06.21	559 01.07.23	11 03.07.19	72 02.09.19
PERNAMBUCO	0 00.00.28	0 00.00.28	5 14.07.09	4 14.09.08	1 13.07.09	0 14.07.09
PIAUI	232 06.09.13	2086 06.09.13	371 09.07.14	2111 07.13.11	5 07.08.14	13 08.08.14
RIO DE JANEIRO	53 02.05.21	95 04.03.21	39 04.05.21	36 03.06.22	4 04.06.19	16 05.05.20
R.G. DO NORTE	3 16.06.06	11 14.04.10	8 18.03.09	14 19.04.08	0 16.04.09	0 18.03.09
R.G. DO SUL	52 04.14.10	235 08.09.11	111 07.11.12	270 05.14.12	2 08.12.09	7 08.09.13
RONDONIA	30 12.12.04	559 14.11.03	14 12.14.04	322 12.13.06	0 13.11.05	88 13.10.07
RORAIMA	0 26.02.00	0 27.01.00	0 30.00.00	0 31.00.00	0 29.00.00	0 30.00.00
S. CATARINA	28 02.05.21	234 03.07.18	90 03.06.21	97 02.06.23	0 06.06.17	2 05.06.19
SÃO PAULO	441 00.09.19	478 00.12.16	324 00.12.18	667 00.12.19	31 01.11.17	502 00.13.17
SERGIPE	0 15.03.10	0 13.02.13	0 16.02.12	0 18.03.10	0 16.02.11	0 17.01.12
TOCANTINS	2551 01.07.20	6518 01.06.21	2698 01.11.18	15432 01.07.23	111 01.09.19	181 02.10.18
TOTAL	10.523	42.442	10.274	51.110	1.075	3.300
No. DE IMAGENS	28	28	30	31	29	30

Tabela 2. Número de focos de queimada computados a partir de agosto de 1995, utilizando os dados dos satélites NOAA-14 (agosto A) e NOAA-12 (agosto B até novembro) e correspondentes números de dias não imageados, parcialmente imageados, e totalmente imageados no mês, respectivamente.

SATÉLITE	NOAA-14		NOAA-12							
	AGOSTO A (01-14/08)		AGOSTO B (15-31/08)		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO	
ACRE	62	11,03,00	52	12,05,00	12	17,06,00	0	20,07,00	0	17,05,00
ALAGOAS	0	10,01,03	0	11,02,04	4	11,02,10	38	16,02,09	29	11,03,08
AMAPA	0	13,01,00	0	11,06,00	1	14,09,00	0	17,10,00	0	12,10,00
AMAZONAS	210	10,04,00	46	07,10,00	11	11,12,00	7	12,15,00	0	10,12,00
BAHIA	2308	04,06,04	37	05,07,05	379	05,06,12	453	06,11,10	11	04,09,09
CEARA	89	10,01,03	03	11,01,05	16	10,03,10	40	13,04,10	18	11,02,09
D. FEDERAL	82	02,00,12	05	04,00,13	11	04,01,18	0	03,03,21	0	03,02,17
E.SANTO	21	06,02,06	18	07,02,08	22	07,02,14	16	08,04,15	0	08,01,13
GOIAS	4770	00,06,08	322	01,07,09	724	01,12,10	478	00,13,14	12	00,12,10
ILHA MARAJÓ	5	11,02,01	0	08,07,02	14	08,13,02	3	09,16,02	0	07,11,04
MARANHÃO	1565	04,08,02	122	05,05,07	929	05,07,11	1095	05,10,12	358	03,09,10
M. GROSSO	2621	00,07,07	7377	01,09,07	4754	04,12,07	886	02,14,11	293	02,11,09
M.G. SUL	4725	01,03,10	1292	02,05,10	1179	05,08,10	423	05,07,15	213	06,05,11
M. GERAIS	2235	00,09,05	144	00,11,06	434	00,14,09	524	00,16,11	14	01,15,06
PARA	6286	02,12,00	3070	03,14,00	2714	03,20,00	2027	02,25,00	567	02,20,00
PARAÍBA	19	10,02,02	0	11,03,03	8	11,02,10	16	16,02,09	16	11,03,08
PARANA	787	00,03,11	155	01,04,12	168	03,08,12	52	03,09,15	63	04,06,12
PERNAMBUCO	0	00,00,14	0	00,00,17	0	00,00,23	0	00,00,27	0	00,00,22
PIAUI	1063	05,05,04	13	06,05,06	134	06,04,13	187	07,06,14	67	05,06,11
R. JANEIRO	42	02,04,08	37	03,04,10	56	02,05,16	2	05,04,18	0	05,03,14
R.G. NORTE	33	10,02,02	0	12,02,03	13	11,02,10	4	16,02,09	1	11,03,08
R.G. SUL	137	02,03,09	2	03,08,06	12	05,11,07	16	07,09,11	22	08,06,08
RONDONIA	4558	04,07,03	2206	07,06,04	921	13,05,05	132	13,08,06	12	11,07,04
RORAIMA	0	13,01,00	0	17,00,00	0	23,00,00	0	26,01,00	0	21,01,00
S. CATARINA	323	00,02,12	9	02,02,13	9	03,07,13	4	07,05,15	23	04,06,12
SÃO PAULO	1384	00,05,09	443	00,09,08	242	00,12,11	310	01,13,13	60	02,10,10
SERGIPE	0	10,01,03	0	11,01,05	0	11,02,10	0	15,01,11	2	11,01,10
TOCANTINS	4143	01,04,09	490	02,05,10	1973	02,07,14	696	01,09,17	5	01,06,15
T. MENSAL	61.061		15.843		14.740		7.409		1.786	
T. PERÍODO	61.061		39.778							
No. DE IMAGENS	14		17		23		27		22	

Tabela 3. Número de focos de queimada computados a partir de agosto/1996, utilizando os dados fornecidos pelo satélite NOAA-12 somente, e correspondentes -números de dias não imageados, parcialmente imageados, e totalmente imageados no mês, respectivamente.

SATELITE	NOAA-12									
	AGOSTO A (01-14/08)		AGOSTO B (15-31/08)		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO	
ACRE	2	11,03,00	4	10,06,00	14	18,06,00	0	21,05,00	0	20,07,00
ALAGOAS	0	08,02,04	0	09,02,05	8	12,03,09	18	16,00,10	14	14,03,10
AMAPA	0	08,06,00	0	12,04,00	0	15,09,00	6	16,10,00	4	17,10,00
AMAZONAS	14	07,07,00	30	06,10,00	17	08,16,00	11	13,13,00	1	11,16,00
BAHIA	83	04,05,05	110	04,05,07	568	04,08,12	199	03,13,10	29	05,09,13
CEARA	2	07,02,05	1	09,01,06	15	10,04,10	30	13,03,10	49	12,04,11
D. FEDERAL	7	03,00,11	3	02,01,13	1	01,03,20	0	00,02,24	0	03,02,22
ESP. SANTO	5	05,02,07	5	06,01,09	7	06,03,15	2	05,06,15	1	07,02,18
GOIAS	179	01,06,07	460	00,08,08	1077	00,11,13	237	00,12,14	29	01,11,15
ILHA MARAJÓ	0	06,06,02	0	08,07,01	0	07,15,02	0	09,15,02	2	10,15,02
MARANHÃO	65	04,03,07	177	04,05,07	982	03,07,14	836	04,10,12	616	04,09,14
M. GROSSO	1986	02,08,04	3999	00,10,06	4089	02,14,08	688	03,11,12	18	03,16,08
M.G. SUL	235	03,04,07	275	02,05,09	432	05,07,12	453	06,07,13	174	04,11,12
M. GERAIS	86	01,08,05	184	00,09,07	445	00,15,09	205	00,17,09	10	00,16,11
PARA	851	02,12,00	1566	01,15,00	3961	01,23,00	1374	01,25,00	886	03,24,00
PARAÍBA	0	08,02,04	0	09,03,04	10	12,04,08	20	16,00,10	14	14,05,08
PARANÁ	50	01,04,09	67	01,05,10	77	03,07,14	65	04,07,15	69	03,10,14
PERNAMBUCO	0	07,03,04	2	08,04,04	12	10,05,09	68	12,04,10	30	10,08,09
PIAUI	33	05,02,07	74	05,04,07	526	05,06,13	154	06,07,13	69	06,07,14
R. JANEIRO	5	02,03,09	9	03,03,10	8	02,04,18	2	02,05,19	2	03,06,18
R.G. NORTE	0	09,01,04	0	09,03,04	0	12,04,08	4	16,00,10	3	14,05,08
R.G. SUL	2	02,09,03	2	03,06,07	0	06,13,05	0	07,08,11	6	08,09,10
RONDÔNIA	242	07,05,02	617	07,05,04	526	13,07,04	50	12,09,05	1	14,09,04
RORAIMA	0	14,00,00	0	16,00,00	0	24,00,00	0	25,01,00	0	26,01,00
S. CATARINA	0	01,03,10	1	01,04,11	2	03,06,15	5	05,06,15	19	04,08,15
SÃO PAULO	175	00,05,09	428	00,08,08	306	00,11,13	205	00,12,14	170	00,13,14
SERGIPE	0	08,00,06	0	09,01,06	0	11,03,10	0	14,02,10	4	14,02,11
TOCANTINS	203	02,04,08	537	01,05,10	3288	01,07,16	154	00,10,16	16	01,08,18
T. MENSAL	4.225		8.551		16.371		4.786		2.236	
T. PERIODO	4.225		31.944							
No. DE IMAGENS	14		16		24		26		27	

A Tabela 4 apresenta o número total de focos de queimada nos períodos compreendidos entre 15/agosto a 30/novembro de 1995 e 1996. Nestes períodos, as informações correspondem ao processamento dos dados obtidos pelo satélite NOAA-12 somente. A tabela indica também as estatísticas relacionadas aos dias não imageados (NI), parcialmente imageados (PI), e totalmente imageados (TI) no período. O não imageamento, ou o imageamento parcial, deve-se à faixa coberta pela imagem, e pela não abrangência de todo o território nacional pela antena de recepção NOAA do INPE em Cachoeira Paulista, impossibilitando o imageamento de algumas áreas na região norte e noroeste da Amazônia.

As Figuras 1 e 2 apresentam os mapas da distribuição do total de focos de queimada no país, no período de junho a novembro de 1995, e no correspondente período em 1996, respectivamente. A Figura 3, que representa o mapa das diferenças entre os totais observados de queimadas em 1995 e 1996, quantifica o incremento ou o decréscimo no número total de queimadas, de um ano para o outro.

Os mapas mensais acumulados, que indicam a freqüência de ocorrência de queimadas em células de 0,5 grau em latitude e longitude, de uma grade que cobre todo o país, são apresentados no Anexo I, para o ano de 1995, e no Anexo II, para 1996. As diferenças observadas entre os totais indicados nesses mapas e os correspondentes totais nas tabelas apresentadas neste relatório devem-se ao fato de algumas células transcenderem os limites internacionais, contabilizando alguns focos de queimada de países vizinhos, e/ou ao fato de não expressarem os totais do mês completo (a exemplo do mês de novembro/96).

Tabela 4. Número total de focos de queimada no período compreendido entre 15/agosto a 30/novembro de 1995 e 1996, obtidos a partir dos dados do satélite NOAA-12, e estatística dos dias não imageados (NI), parcialmente imageados (PI) e totalmente imageados (TI) no período.

ANO	1995				1996			
	TOTAL	NI	PI	TI	TOTAL	NI	PI	TI
ACRE	64	66	23	00	18	69	24	00
ALAGOAS	71	49	09	31	40	51	08	34
AMAPA	1	54	35	00	10	60	33	00
AMAZONAS	64	40	49	00	59	38	55	00
BAHIA	944	20	33	36	906	16	35	42
CEARA	77	45	10	34	95	44	12	37
D. FEDERAL	16	14	06	69	4	06	08	79
ESP. SANTO	56	30	09	50	15	24	12	57
GOIAS	1536	02	44	43	1.803	01	42	50
ILHA MARAJÓ	17	32	47	10	2	34	52	07
MARANHÃO	2504	18	31	40	2.611	15	31	47
M. GROSSO	13310	09	46	34	8.794	08	51	34
M.G. DO SUL	3107	18	25	46	1.334	17	30	46
M. GERAIS	1116	01	56	32	844	00	57	36
PARÁ	8378	10	79	00	7.787	06	87	00
PARAÍBA	40	49	10	30	44	51	12	30
PARANÁ	438	11	27	51	278	11	29	53
PERNAMBUCO	0	00	00	89	112	40	21	32
PIAUI	401	24	21	44	823	22	24	47
R. JANEIRO	95	15	16	58	21	10	18	65
R.G. NORTE	18	50	09	30	7	51	12	30
R.G. SUL	52	23	34	32	8	24	36	33
RONDÔNIA	3271	44	26	19	1.194	46	30	17
RORAIMA	0	87	02	00	0	91	02	00
S.CATARINA	45	16	20	53	27	13	24	56
SÃO PAULO	1055	03	44	42	1.109	00	44	49
SERGIPE	2	48	05	36	4	48	08	37
TOCANTINS	3164	06	27	56	3.995	03	30	60
TOTAL ANO	39.778				31.944			
TOTAL IMAGENS			89				93	

TOTAL DE QUEIMADAS – 1995

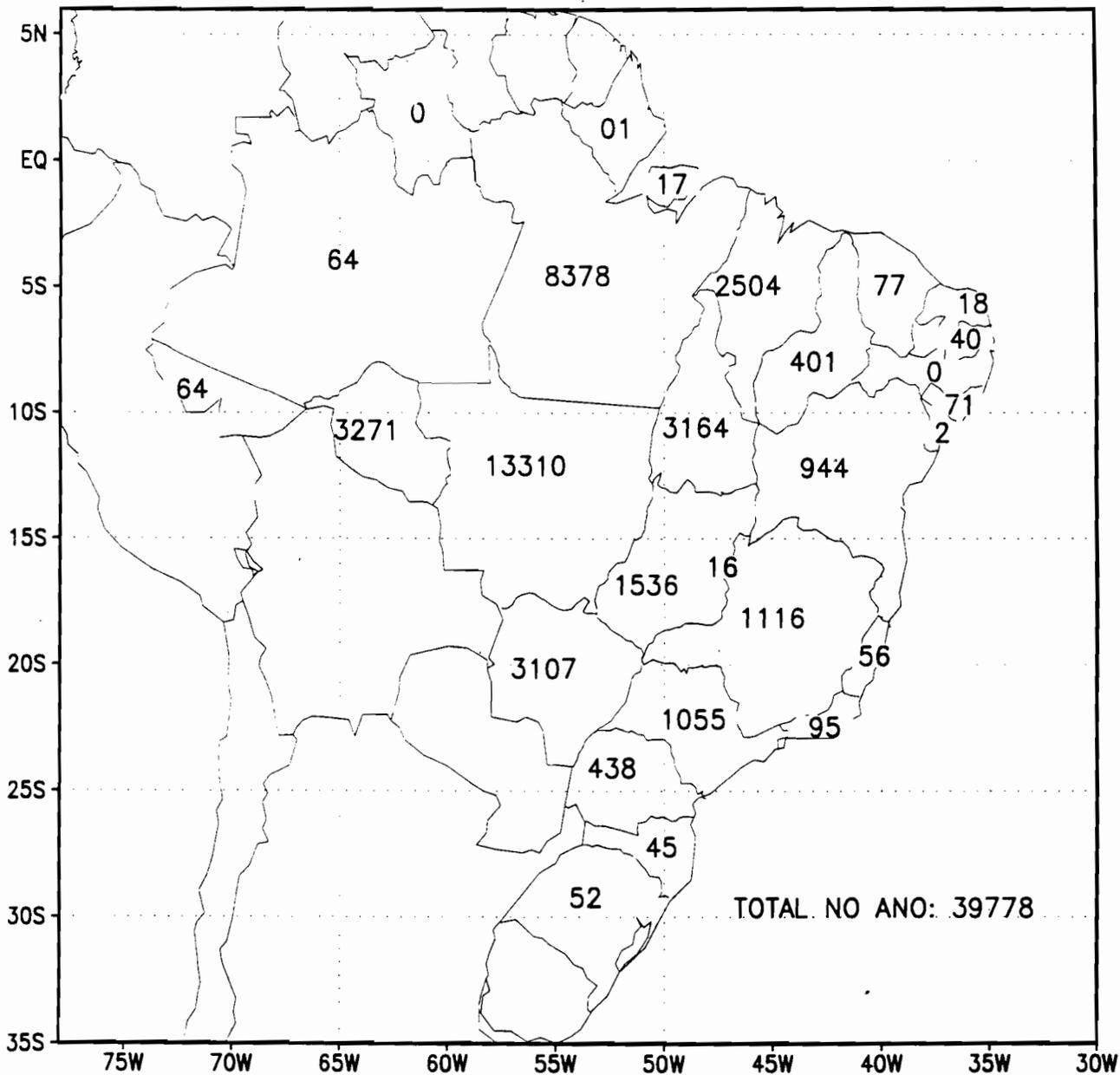


Figura 1. Mapas dos totais de focos de queimada no país, por estado, no período de junho a novembro de 1995, detectados pelo NOAA-12.

TOTAL DE QUEIMADAS – 1996

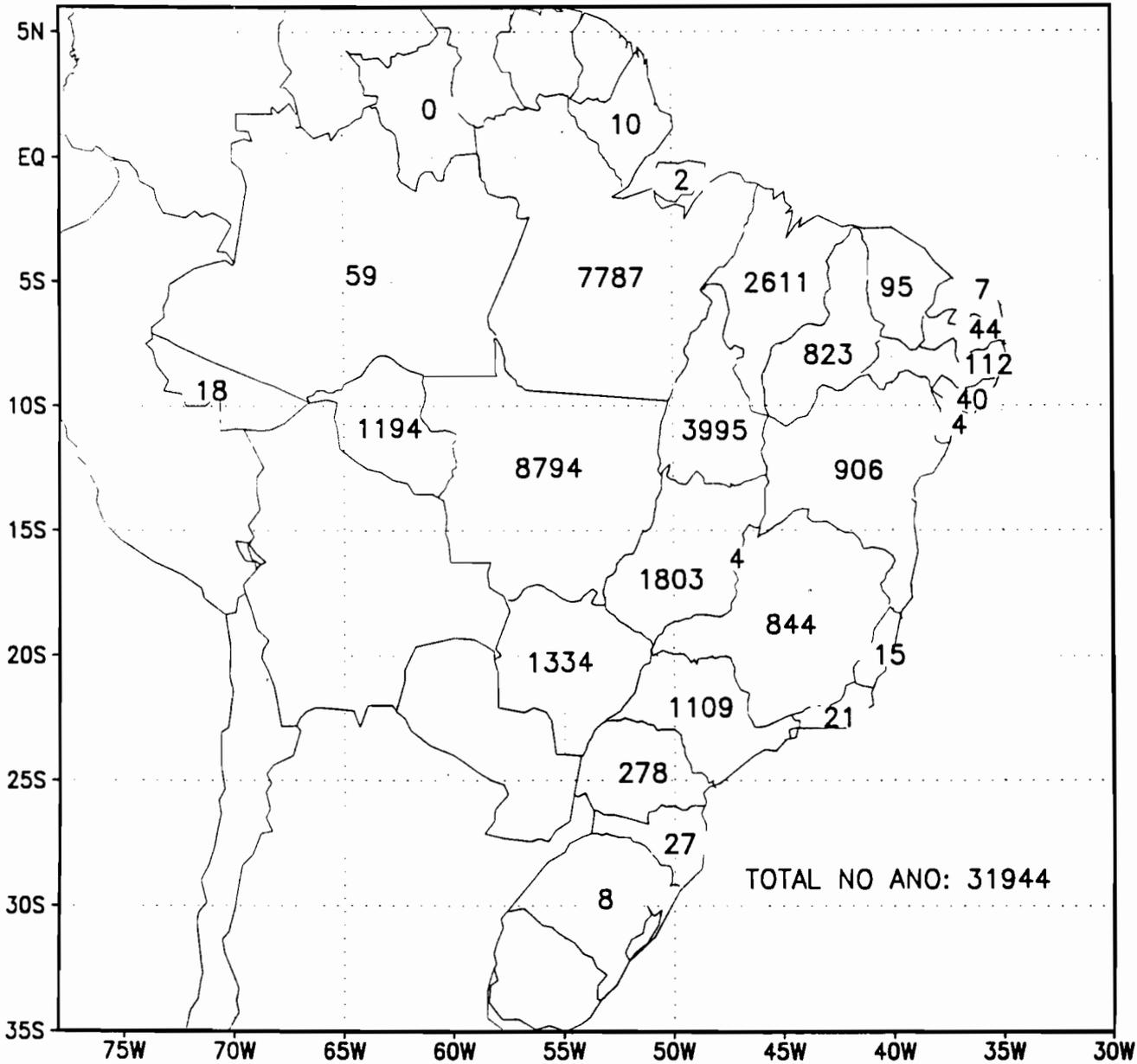


Figura 2. Mapas dos totais de focos de queimada no país, por estado, no período de junho a novembro de 1996, detectados pelo NOAA-12.

QUEIMADAS

Diferença entre 1996 e 1995

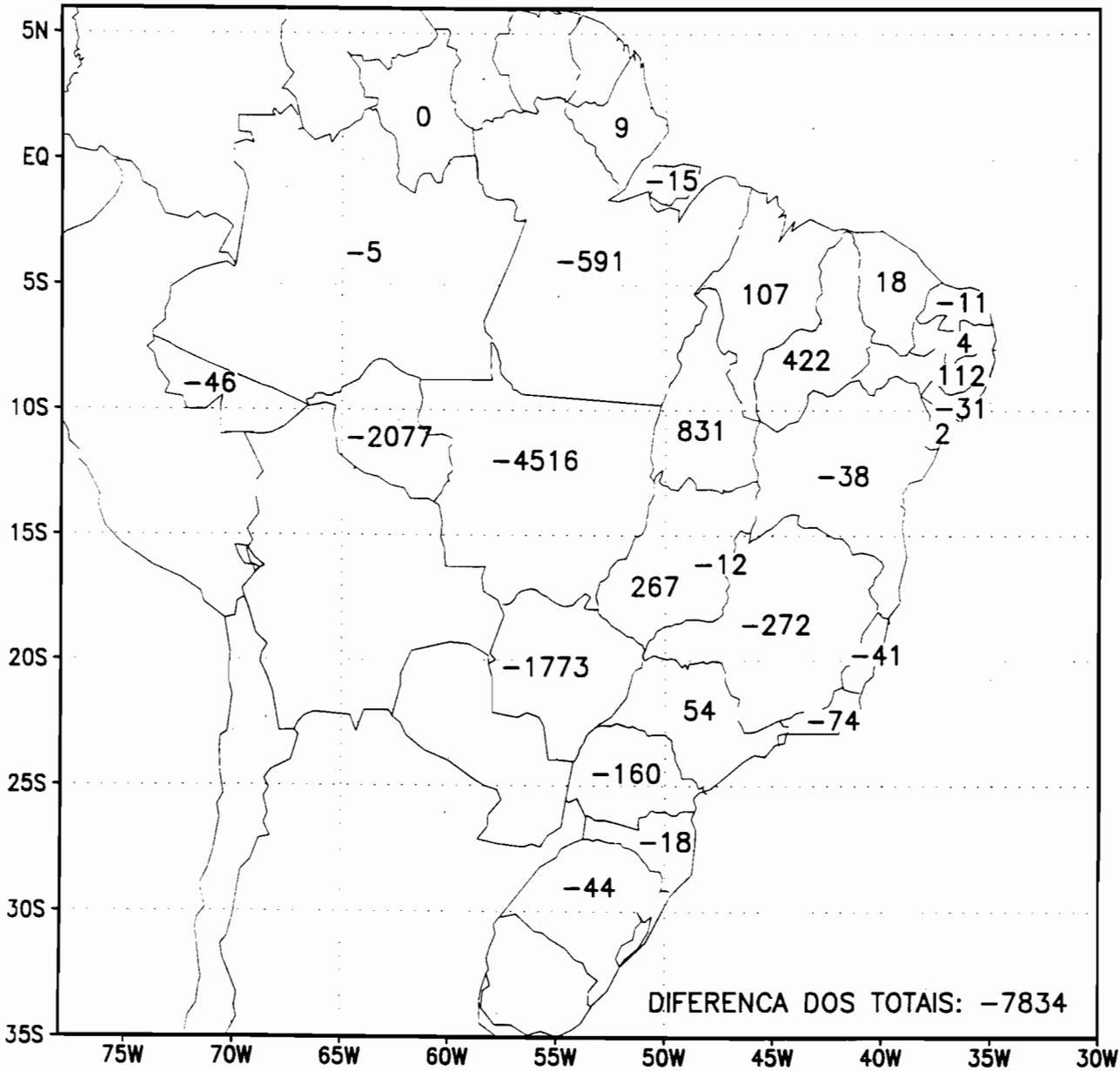


Figura 3. Mapa das diferenças entre os totais observados de focos de queimada em 1995 e 1996, por estado, utilizando dados do NOAA-12.

Os dados da Tabela 4 indicam que aproximadamente 95% do total de queimadas observados no período de 15 de agosto a 30 de novembro de 1995 concentrou-se nos estados de Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Tocantins (TO), Mato Grosso do Sul (MS), Maranhão (MA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP); em 1996, esses estados foram responsáveis por aproximadamente 92% do total observado no mesmo período. Esta distribuição é apresentada no diagrama de partes da Figura 4.

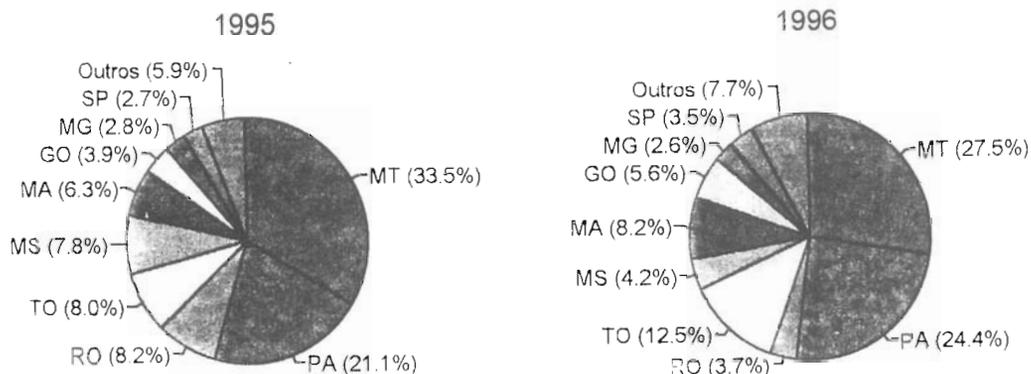


Figura 4. Diagrama de partes, com o percentual de focos de queimada associados aos estados com maior incidência, calculado a partir do total observado no período de 15/agosto-30/novembro de 1995 e 1996, a partir do NOAA-12.

A Figura 5 apresenta, para os estados mais significativos na quantidade de queimadas, um diagrama de barras com os totais observados no período de 15/agosto a 30/novembro de 1995 (cor azul) e 1996 (cor verde) - vide Tabela 4. Em paralelo apresenta-se um gráfico com a diferença entre os percentuais de dias totalmente imageados (azul) e não imageados (verde) em 1996 e 1995, nesta ordem. Observe-se, por exemplo, que o número de dias não imageados e totalmente imageados em 1996, no Mato Grosso, foi relativamente menor em 1996 do que em 1995. Das 93 imagens adquiridas em 1996, no período de 15/agosto a 30/novembro, 8 não imagearam o Mato Grosso e 34 o imagearam totalmente, representando 8,6% e 36,5%, respectivamente. Em 1995, do total de 89 imagens adquiridas no mesmo período, 9 não imagearam o Mato Grosso e 34 o imagearam totalmente, equivalendo a aproximadamente 10% e 38,2%. As diferenças entre os percentuais observados em 1996 e 1995 (-1,4% e -1,7%) são as apresentadas na Figura 5.

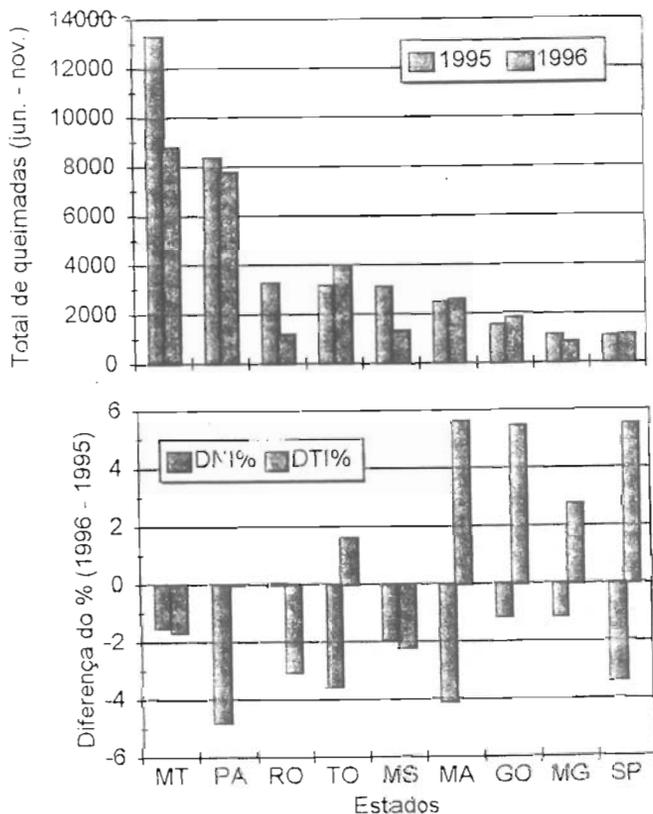


Figura 5. Diagrama de barras com os totais de focos de queimada observados no período de 15/agosto a 30/novembro de 1995 (azul) e 1996 (verde) nos estados mais significativos, e diagrama de barras correspondente, associado à diferença entre os percentuais de dias totalmente imageados (azul) e não imageados (verde) em 1996 e 1995, nesta ordem.

A Tabela 5 apresenta um resumo dos totais, por tipo de satélite (e seus respectivos horários aproximados de passagem), no período compreendido entre junho e novembro de 1995 e 1996. Dados dos NOAA-11 e NOAA-10, para o ano de 1994, também são apresentados.

Tabela 5. Resumo dos totais, por tipo de satélite utilizado (e seus respectivos horários aproximados de passagem), no período compreendido entre junho e novembro de 1994, 1995 e 1996.

SATELITE	ANO/HOR	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMB.	OUTUBRO	NOVEMB.	TOTAL
NOAA-12	1995 19:00h	N.O.	N.O.	15.843 (15-31/08)	14.740	7.409	1.786	39.778
NOAA-12	1996 19:00h	1.075	3.300	4.225 (01-14/08) 8.551 (15-31/08)	16.371	4.786	2.236	31.944
NOAA-14	1995 13:30h	10.523	42.442	61.061 (01-14/08)	N.O.	N.O.	N.O.	
NOAA-14	1996 13:30h	10.274	51.110	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	
NOAA-11 ou NOAA-10	1994 17:30h	1.856	8.528	60.988	33.699	12.119		
		NOAA-11 (até 14/08) e NOAA-10 (de 15/08 a 30/11)						

N.O. Não Observado

9. Considerações da Metodologia Utilizada na Detecção AVHRR de Queimadas

Apesar da banda 3 do sensor AVHRR-NOAA ter sido apontada por muitos como apropriada à detecção de queimadas, seu uso, assim como a metodologia adotada pelo INPE, devem ser considerados frente às limitações existentes e insuperáveis (Setzer, 1993). Como principais limitações citam-se: o fato de que somente queimadas ativas por ocasião da passagem do satélite podem ser detectadas, o fato de que a detecção se refere apenas a frentes de fogo com mais de 50 metros; a impossibilidade de observação de queimadas devido a presença de nuvens; a não detecção de queimadas cobertas por dosséis; o problema de reflexão solar em alguns períodos e regiões durante o período da tarde; a impossibilidade de se obter estimativas exatas e confiáveis da área afetada pelas queimadas; a impossibilidade de se obter informações entre passagens consecutivas dos satélites; e a impossibilidade de cobertura total do território nacional, devido a restrições associadas à atual estação de recepção do INPE, a ser brevemente substituída..

Entretanto, conforme já enfatizado, o sistema apresenta vantagens, como por exemplo, o fato da existência de uma metodologia de detecção regular e uniforme; a disponibilidade de, no mínimo, quatro imagens diárias; a possibilidade de cobertura de áreas de poucos a milhões de km²; o acesso irrestrito e sem custo às imagens de satélite; a localização apropriada de queimadas, para fins operacionais; a obtenção e distribuição rápida de dados de localização de queimadas; a disponibilidade de elaboração e

aplicação simples; o fato de atender as necessidades específicas de diferentes usuários; e o baixo custo dos produtos.

10. Reflexo dos Efeitos Meteorológicos no Número de Queimadas em 1995 e 1996

Durante os anos de 1995 e 1996, ficou evidenciada a existência de relação entre a incidência de queimadas no país e a situação atmosférica, devido, principalmente, ao período de *La Niña* vivenciado pelo Brasil nesses dois anos. Este fenômeno, de atuação global, ocorre devido ao resfriamento das águas do Oceano Pacífico leste tropical. Como consequência para o Brasil, ocorre o enfraquecimento das frentes frias provenientes do sul que, quando adentram o país, apresentam intensidade menor que a normal, provocando diminuição na quantidade de chuvas. Adicionalmente, nesses dois anos, as frentes frias se deslocaram rapidamente para o oceano ainda no sul do País, limitando ainda mais a quantidade de chuvas sobre o restante do território. Uma descrição dos efeitos de *La Niña* no país para os anos de 1995 e 1996 pode ser encontrada nos números mensais da Revista Climanálise, publicada pelo INPE, e resumida a seguir.

Alguns meses após o início do resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial em abril de 1995, o país já apresentava condições típicas de episódio frio, com reflexos significativos na precipitação. Este fenômeno afetou particularmente o oeste do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina, oeste do Paraná, Mato Grosso do Sul e parte do Mato Grosso. Em agosto de 1995 praticamente não houve precipitação em todo o estado de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, e oeste de Minas Gerais, oeste da Bahia, sudeste do Pará, sul do Maranhão, Piauí e norte de São Paulo. Dois fenômenos foram responsáveis pela ausência de chuvas: o episódio frio sobre o Oceano Pacífico, e a forte presença da corrente de jato de altos níveis, próximos à tropopausa, que bloqueando as frentes frias, impediram que as mesmas atingissem a região Centro-Oeste. Este fenômeno também afetou a temperatura, que ficou acima da média, principalmente no Mato Grosso do Sul, estado que sofre maior influência de frentes frias nesta época do ano.

O jato em altos níveis também causou efeitos nas regiões Sudeste e Sul do país, provocando o deslocamento das frentes frias para o oceano. Somente o estado do Rio Grande do Sul (exceto seu sudoeste), o litoral de Santa Catarina, litoral do Paraná, litoral norte de São Paulo e Rio de Janeiro foram atingidos pelas frentes frias. Como consequência, a temperatura ficou acima da média no interior do país, principalmente no oeste dos estados do Sul e Sudeste, e sul da Região Centro-Oeste. Este comportamento pode ser observado na Figura 6, que apresenta o mapa de anomalia de temperatura no período de agosto a novembro de 1995.

O estado de Mato Grosso, que contabilizou o maior índice de queimadas no país no período de 15/agosto a 30/novembro/1995, apresentou, juntamente com o estado de Goiás, oeste dos estados da região Norte e sudoeste do Rio Grande do Sul, quantidade de precipitação abaixo da média, conforme evidenciado no mapa de anomalia de precipitação, na Figura 7.

Apesar do *La Niña* ainda ter sido observado em 1996, o volume de precipitação neste ano foi superior ao de 1995. A Figura 8, que apresenta o mapa da anomalia de precipitação no período de agosto a novembro de 1996, indica que alterações na precipitação foram de magnitude bem inferior àquelas observadas em 1995 (Figura 7). As áreas mais atingidas pelo episódio frio em 1996, foram as do sudoeste do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, leste do Mato Grosso, parte de Goiás e Tocantins e noroeste da Região Norte. As frentes frias, neste ano, não sofreram muita interferência do fenômeno do jato em altos níveis. Assim, o *La Niña* pode ser apontado como o principal inibidor de chuvas em 1996, em algumas regiões.

Em julho/1996, foram contabilizados 51.110 focos de queimada com o uso do NOAA-14 sendo que 14.676 ocorreram somente no estado de Mato Grosso, 4.676 no Maranhão e 3.324 na Bahia. Isto pode ser explicado pelo rápido deslocamento das frentes frias para o oceano, que já penetravam o país com fraca intensidade. Consequentemente, a quantidade de chuvas nessas regiões foi bem inferior à esperada, e as temperaturas ficaram bem acima da média conforme indicado no mapa de anomalia de temperatura para o período de agosto a novembro de 1996, apresentado na Figura 9. O mapa da Figura 8 com a anomalia de precipitação em 1996 não indica grandes alterações de precipitação com relação à média nos estados que apresentam maior incidência de queimadas pelo fato de representar uma média de precipitação no período de agosto a novembro, e esta média ter sofrido grande influência do mês de novembro, que apresentou elevados índices de precipitação.

Os Anexos III a VI apresentam mapas de temperatura média, anomalia de temperatura, precipitação total e anomalia de precipitação para o período de junho a novembro de 1995, respectivamente; os Anexos VII a X apresentam os correspondentes mapas para o ano de 1996.

Anomalia de Temperatura (C) Ago–Nov 1995

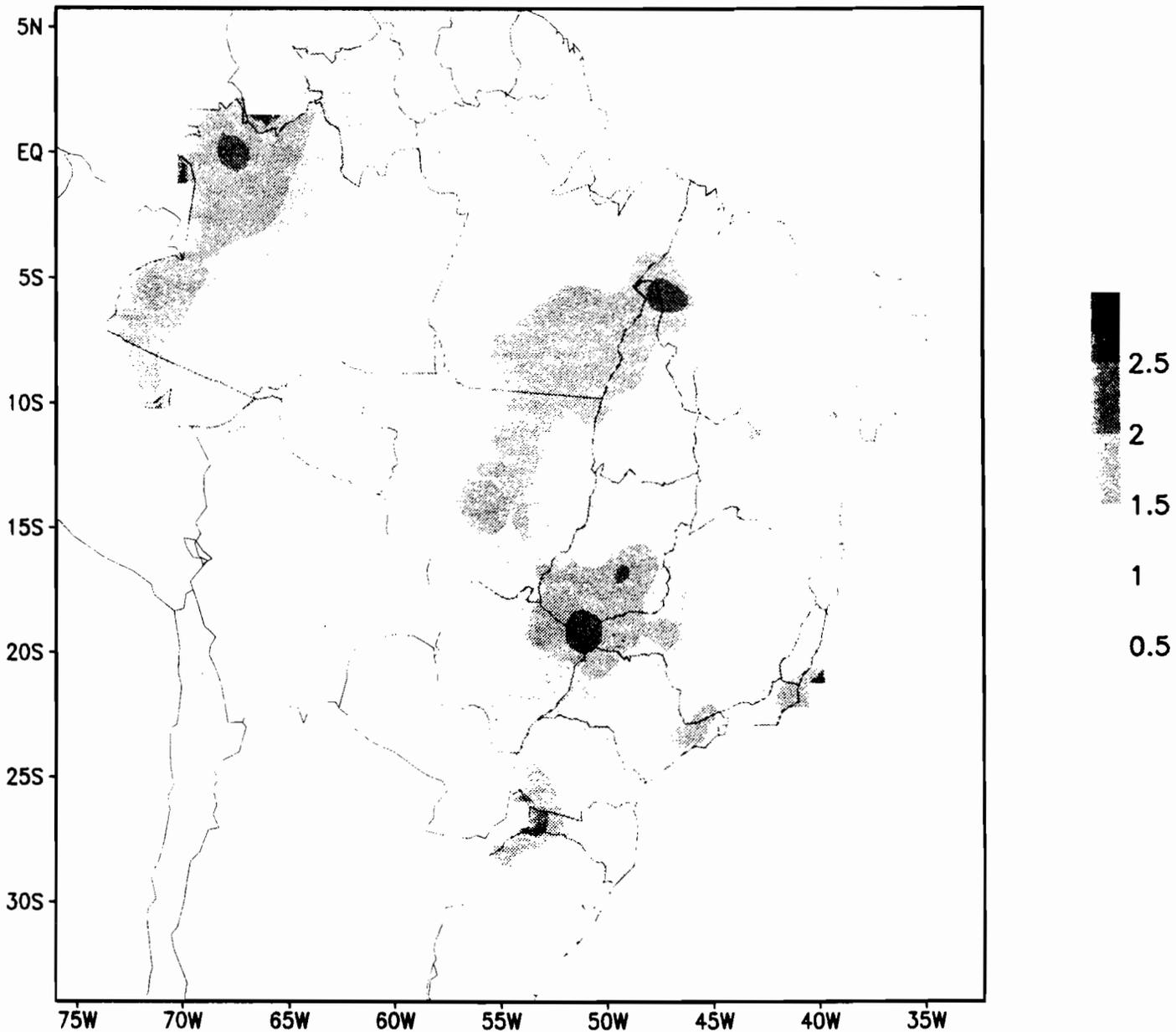


Figura 6. Mapa de anomalia de temperatura em °C para o período de 1/agosto a 30/novembro/1995.

Anomalia de Precipitacao (mm) Ago–Nov 1995

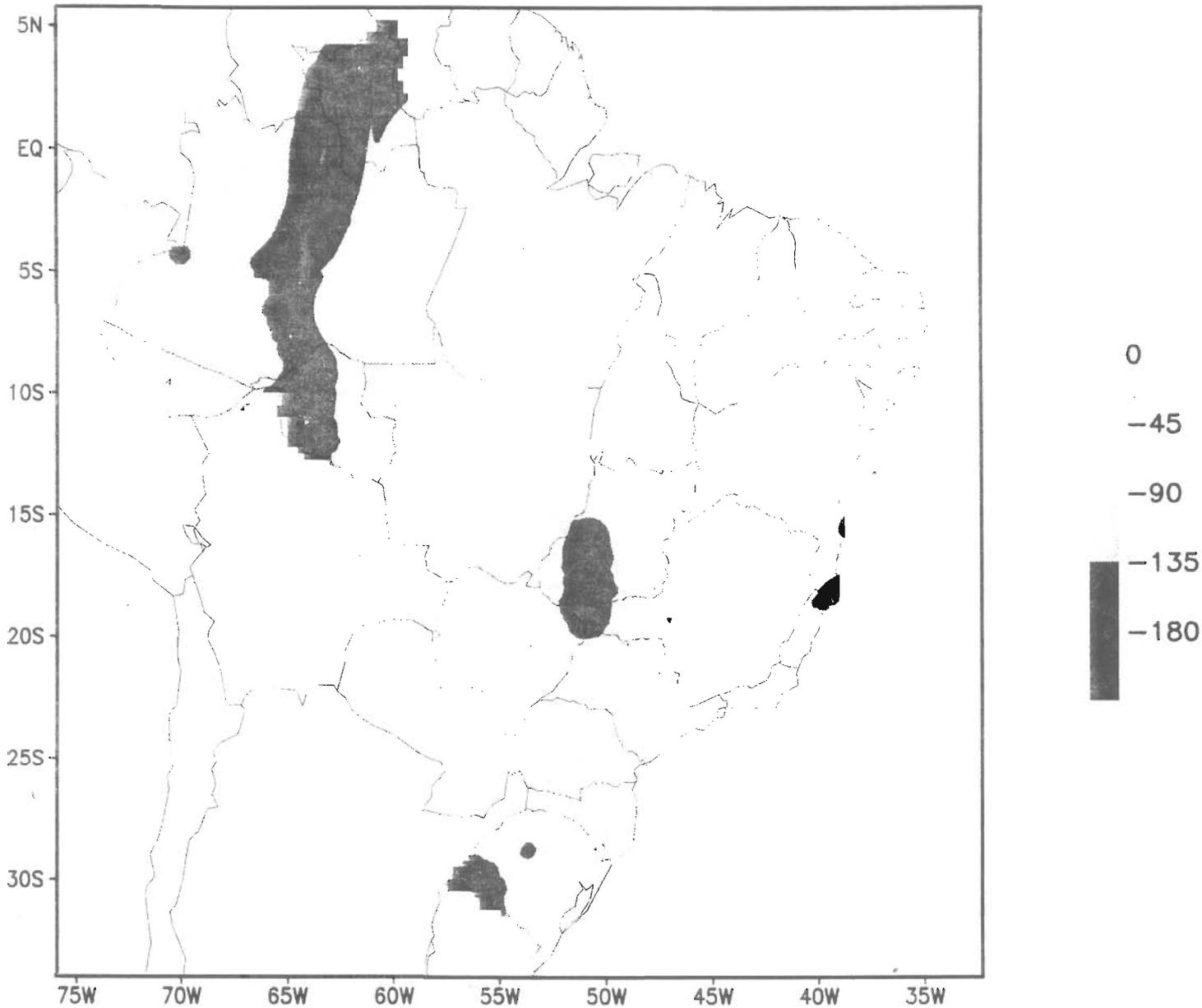


Figura 7. Mapa de anomalia de precipitação em mm para o período de 1/agosto a 30/novembro/1995.

Anomalia de Precipitacao (mm) Ago–Nov 1996

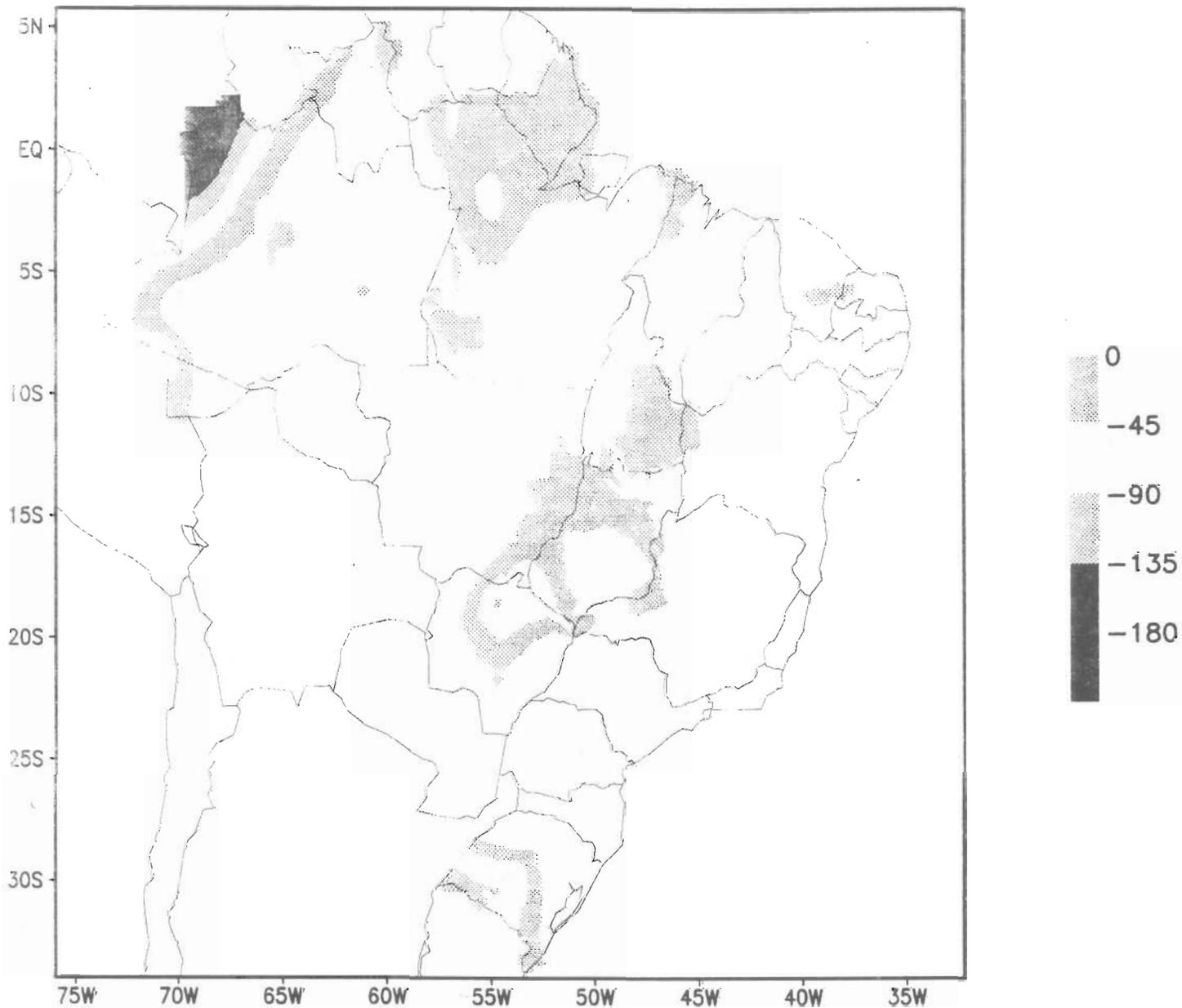


Figura 8. Mapa de anomalia de precipitacao em mm para o periodo de 1/agosto a 30/novembro/1996.

Anomalia de Temperatura (C) Ago–Nov 1996

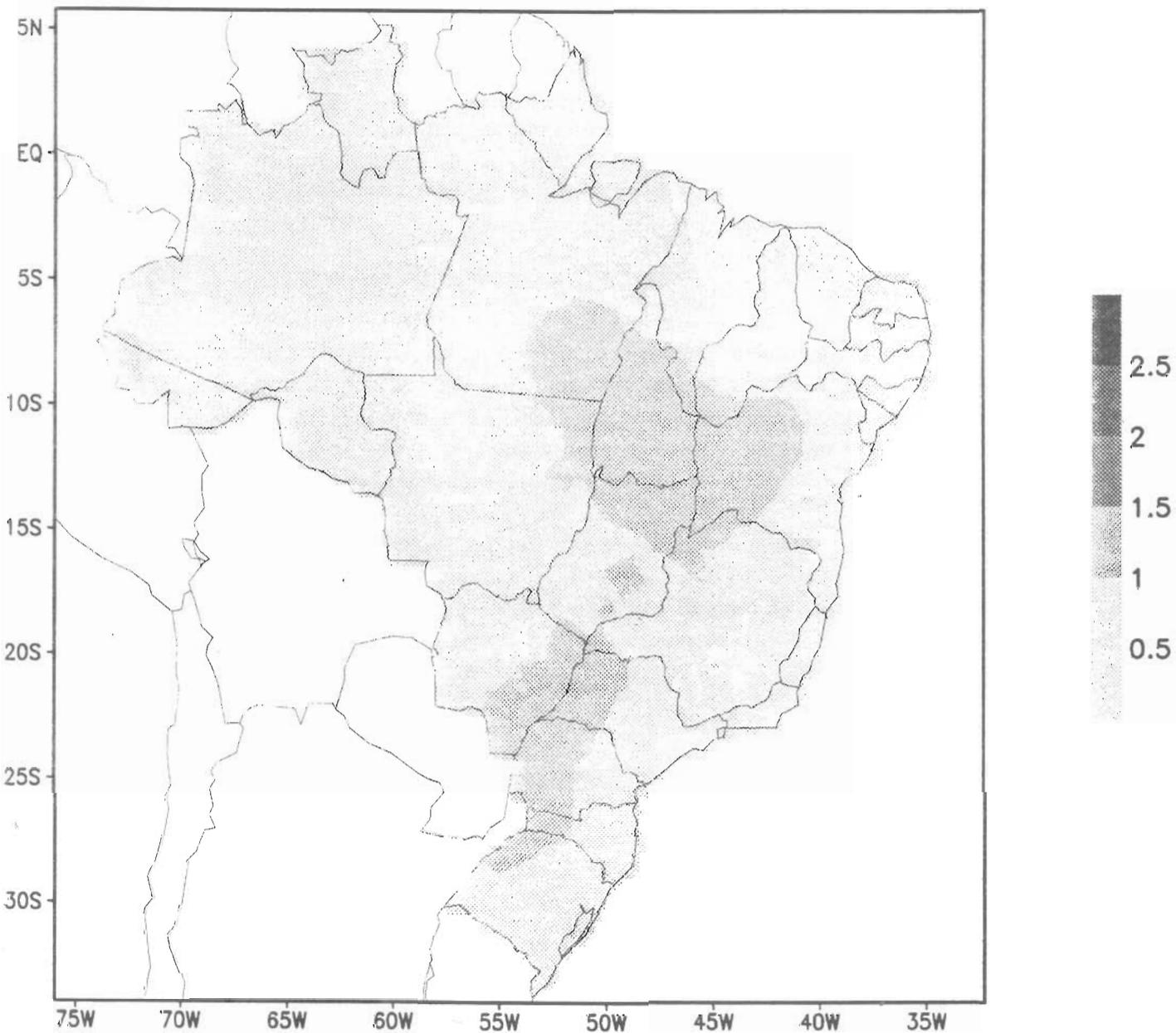


Figura 9. Mapa de anomalia de temperatura °C para o periodo de 1/agosto a 30/novembro/1996.

11. Conclusão

Os números de focos de queimada apresentados para 1995 e 1996 confirmam que a prática de queima de vegetação continua intensa no País, indicando constante, flagrante e generalizada contravenção à legislação ambiental vigente. Em particular, o cinturão de atividades agrícolas, agropecuárias e florestais no sul da Amazônia, que corresponde ao sul do Maranhão e do Pará, norte de Tocantins e de Mato Grosso, e Rondônia, concentram as ocorrências de queimadas.

O número de queimadas detectadas pelo NOAA-12 no início da noite mostrou-se significativamente abaixo daquele do NOAA-14, no meio da tarde - cerca de uma ordem de magnitude menor. Esta diferença reflete a natureza antrópica das queimadas, iniciadas em geral no início da tarde, quando as condições de combustão são mais favoráveis. Distribuição temporal similar foi recentemente também apresentada a partir de observações de satélites geostacionários em imagens de resolução pior que do AVHRR.

O sensores AVHRR dos satélites meteorológicos da série NOAA continuam sendo a única ferramenta disponível para o monitoramento diário das queimadas no Brasil. Apesar de não ter sido projetado para esta finalidade, e de apresentar inúmeras limitações na sua detecção, o AVHRR fornece informações consistentes de grande parte do extenso território nacional. Com a instalação em 1997 de nova estação de recepção do INPE em Cuiabá, MT, todo o País passará a ser monitorado regularmente.

O potencial de aplicação das informações de queimadas geradas pelo INPE em tempo quase-real é muito pouco utilizado para efeitos de controle por órgãos ambientais no País. Recomenda-se, além da continuidade do monitoramento diário no período junho-novembro em anos futuros, também o processamento de mais de uma imagem por dia, e a divulgação e aplicação mais intensiva dos dados gerados.

12. Agradecimentos

Este trabalho contou com a colaboração de M. N. Barbosa, Diretor do INPE, e revisão pelo pesquisador do INPE, M.C.Pereira. Agradecemos ainda C. D. Rennó, bolsista CNPq no INPE, pelo suporte gráfico, e a bióloga H. França, bolsista da Fapesp no INPE, pela imagem TM-Landsat da capa.

13. Referências Bibliográficas

- Andreae, M. et al. Biomass burning emissions and associated haze layers over Amazonia. *J.Geophys.Res.*,93, D2,1509-1527. 1988.
- Caetano, M.; Mertes, L.; Cadete, L.; Pereira, J. Assessment of AVHRR data for characterizing burned areas and post-fire vegetation recovery. In: *Int. Workshop on Rem. Sensing and GIS Applic. to Forest Fire Manag.* Univ.of Alcalá de Henares, Spain, 7-9 Sept., 1995. pp.49-52.
- Crutzen, P.J.; Andreae, M.O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science*, 250:1669-1678. 1990.

- Dias, B.F.S.; Miranda, H.S. Prefácio. Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga. In: Simp. sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais, 6-11 out. 1996. Anais. Brasília, D.F., 1996.
- Downey, I.D.; Ceccato, P.; Flasse, S.P.; Trigg, S.N.; Williams, J.B. Real time monitoring of active forest fires for better natural resource management in developing countries. In: Int. Workshop on Rem. Sensing and GIS Applic. to Forest Fire Manag.. Univ.of Alcalá de Henares, Spain, 7-9 Sept., 1995. pp.22-26.
- Fernandes, A.E.. Sistema computacional de detecção de queimadas através de imagens AVHRR-NOAA. Dissertação de Mestrado, INPE, S.J.Campos, 83 pp.Fev/1996.
- Figueiredo, H.B. O papel do IBAMA na implementação do Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. In: Seminário Nacional sobre Incêndios Florestais e Queimadas, 1., 6-10 abril 1992. Conclusões. Brasília, DF, IBAMA, 1993.
- Flasse, S.P.; Boardman, S.; Ceccato, P.; Downey, I.D.; Gooding, R.; Muirhead, K.; Stuttard, M. The development of automatic techniques to generate global vegetation fires products from NOAA data. Part A - Algorithm. In: Int. Workshop on Rem. Sensing and GIS Applic. to Forest Fire Manag.. Univ. of Alcalá de Henares, Spain, 7-9 Sept., 1995. pp.27-29.
- França, H. Um estudo fenológico com imagens AVHRR/NOAA nos cerrados do Parque Nacional das Emas, GO. Msc Thesis. S.J.Campos, INPE-6120-TDI/581, 96 pp. 1994.
- França, J.R.de A. Teledetection Satellitaire Des Feux de Vegetation en Region Intertropicale - Application a L'Estimation Des Flux des Composés em Trace Emis Dans L'Atmosphere.Tese de Doutorado. Universite Paul Sabatier, Toulouse,1994. 215p.
- IGBP - Report No. 13. Terrestrial biosphere exchange with global atmospheric chemistry, terrestrial biosphere perspective of the IGAC project. IGBP, Stockholm, Sweden, 1990.
- Jahn, H.; Brieß, K. Fires - a pre-operational fire recognition system for small satellites. In: International Symposium on Resources and Environmental Monitoring (ISPRS), 7., Rio de Janeiro, 1994. Proceedings. São José dos Campos, INPE.
- Justice, C.; Malingreau, J.P.; Setzer, A.W. Satellite remote sensing of fires: potential and limitations. In: Crutzen, P.J.; Goldammer, J.G., eds.. Fire in the Environment - Dahlem Conference. John Wiley, 1993. pp. 77-88.
- Kaufman, Y.J.; Tucker, C.J.; Fung, I. Remote sensing for biomass burning: method. In: International Radiation Symposium, Lille, France, Aug. 18-24, 1988.
- Kennedy, P.J.; Belward, A.S.; Grégoire, J-M. An improved approach to fire monitoring in West Africa using AVHRR data. International Journal of Remote Sensing, 12:3-24, 1994.
- Kidwell, K.B. NOAA polar orbiter data users guide. NOAA/NESDIS, Washington, DC. 1991
- Kirchhoff, V.W.J.H.- Editor SCAR-B Proceedings. Transtec Editorial. São José dos Campos. 208p. 1997.
- Koffi, B.; Grégoire, J.M.; Eva, H.D. Satellite monitoring of vegetation fires on a multiannual basis at continental scale in Africa. In: Biomass Burning and Global Change. J.S. Levine, Ed. MIT Press, 1996. pp. 225-235.
- Levine, J.S.- Editor Global Biomass Burning. MIT Press, Cambridge. 569p. 1991
- Levine, J.S.- Editor Biomass Burning and Global Change. Vol. I e II. MIT Press, Cambridge. 995p. 1996.
- Malingreau, J.P. Remote sensing and forest fire monitoring in Indonesia. Report on a Consultancy, 1984. 24p
- Malingreau, J.P.; Stephens, G.; Fellows, L. Remote sensing of forest fires: Kalimantan and North Borneo in 1982-1983. Ambio, 14(6):314-321, 1985.
- Malingreau, J.P.;Grégoire, J.M. Developing a global vegetation fire monitoring system for global change studies:a framework. In: Biomass Burning and Global Change. J.S. Levine, Ed. MIT Press, 1996. pp. 14-24.
- Matson, M.; Schneider, S.R.; Aldridge, B.; Satchwell, B. (1984) Fire detection using NOAA-series satellites. NOAA Technical Report NESDIS-7, Washington, DC. 34p

- Miranda, E.E. de; Setzer, A.W.; Takeda, A.M. Monitoramento orbital das queimadas no Brasil. ECOFORÇA, Campinas, 1994. 149p.
- Muirhead, K.; Cracknell, A.P. Identification of gas flares in the North Sea using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 5(1):199-212, 1984.
- Muirhead, K.; Cracknell, A.P. Straw burning over Great Britain detected by AVHRR. *International Journal of Remote Sensing*, 6(5):827-833, 1985.
- Pereira, M.C. Detecção, 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. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1988. 268pp.
- Pereira Júnior, A. da C. Monitoramento de queimadas na região dos cerrados utilizando dados AVHRR-NOAA corrigidos por dados TM-Landsat. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1992. 187p.
- Pereira, M.C.; Setzer, A.W. Spectral characteristics of deforestation fires in NOAA/AVHRR images. *International Journal of Remote Sensing*, 14(3):583-597. 1993.
- Pereira Jr., A. C.; Setzer, A.W. Comparison of fire detection in savannas using AVHRR's channel 3 and TM images. *International Journal of Remote Sensing*, 17(10):1925-1937. 1996.
- Rauste, Y. Satellite based forest fire detection for fire control. In: Int. Workshop on Rem. Sensing and GIS Applic. to Forest Fire Manag.. Univ. of Alcalá de Henares, Spain, 7-9 Sept., 1995. pp.09-12.
- Robinson, J.M. Fire from space: global fire evaluation using infrared remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 12(1):3-24. 1991.
- Setzer, A.W. Operational satellite monitoring of fires in Brazil. *International Forest Fire News/FAO*, 9:8-11. 1993.
- Setzer, A.W.; Pereira, M. C.; Pereira Jr., A. da C. Satellite studies of biomass burning in Amazonia - some practical aspects. *Remote Sensing Reviews*, 10:91-103, 1994.
- Setzer, A.W.; Pereira, M. C.; Pereira Jr., A. da C.; Almeida, S.A. de O. relatório de atividades do Projeto "SEQUE" - Ano 1987. S.J. Campos, INPE, maio 1988. (INPE-4534-RPE/565).
- Setzer, A.W.; Pereira, M.C. The Operational detection of fires in Brazil with NOAA-AVHRR. 24th Int. Symp. Rem. Sens., RJ, Brazil. ERIM/INPE; pp. 76-77. 1991.
- Setzer, A.W.; Verstraete, M.M. Fire and glint in AVHRR's channel 3: a possible solution to the non-saturation mystery. *International Journal of Remote Sensing*, 15(3):711-718. 1994.
- Setzer, A.W.; Malingreau, J.P. AVHRR monitoring of vegetation fires in the tropics: toward the development of a global product. In: Biomass Burning and Global Change. J.S. Levine, Ed. MIT Press, 1996. pp. 25-39.
- Vickos, J.B. Télédétection des feux de végétation en Afrique Intertropicale et estimation des émissions de constituants ayant un intérêt atmosphérique. Tese de doutorado. Université Paul Sabatier, França, 1991. 148 pp.
- Wagner, M.J. A burning July in Spain. *Earth Observation Quarterly*, 45, Sept. 1994.
- Warren, J.R. Infrared application for forest management. In: International Symposium on Remote Sensing, 14., Ann Arbor, Michigan, April 23-30, 1980. Proceedings. Ann Arbor, MI, ERIM, 1980, v.2, pp. 957-965.
- Yagüe, A.; García, J.; Medina, F.; Serrano, M.; Yagüe, J. In: Int. Workshop on Rem. Sensing and GIS Applic. to Forest Fire Manag.. Univ. of Alcalá de Henares, Spain, 7-9 Sep., 1995. p.13-17.

ANEXOS

ANEXO I: MAPAS DA FREQUÊNCIA ACUMULADA DE QUEIMADAS. PERÍODO JUN/95 A NOV/95

ANEXO II: MAPAS DA FREQUÊNCIA ACUMULADA DE QUEIMADAS. PERÍODO JUN/96 A NOV/96

ANEXO III: MAPAS DA TEMPERATURA MÉDIA. PERÍODO JUN/95 A NOV/95

ANEXO IV: MAPAS DE ANOMALIA DE TEMPERATURA. PERÍODO JUN/95 A NOV/95

ANEXO V: MAPAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL. PERÍODO JUN/95 A NOV/95

ANEXO VI: MAPAS DE ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO. PERÍODO JUN/95 A NOV/95

ANEXO VII: MAPAS DA TEMPERATURA MÉDIA. PERÍODO JUN/96 A NOV/96

ANEXO VIII: MAPAS DE ANOMALIA DE TEMPERATURA. PERÍODO JUN/96 A NOV/96

ANEXO IX: MAPAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL. PERÍODO JUN/96 A NOV/96

ANEXO X: MAPAS DE ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO. PERÍODO JUN/96 A NOV/96

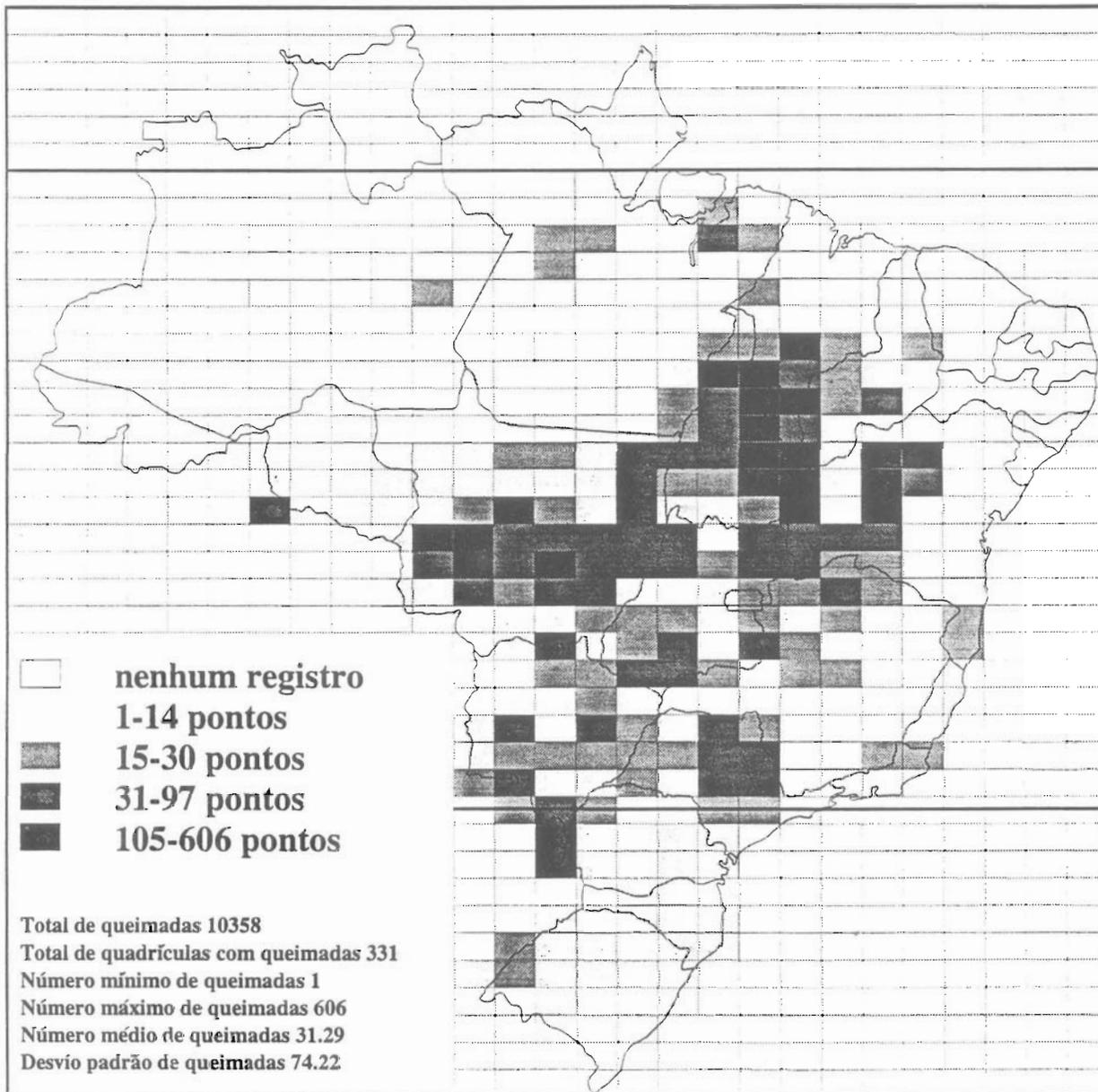
ANEXO I

MAPAS DA FREQUÊNCIA ACUMULADA DE QUEIMADAS

PERÍODO JUN/95 A NOV/95

QUEIMADAS

Junho de 1995



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;

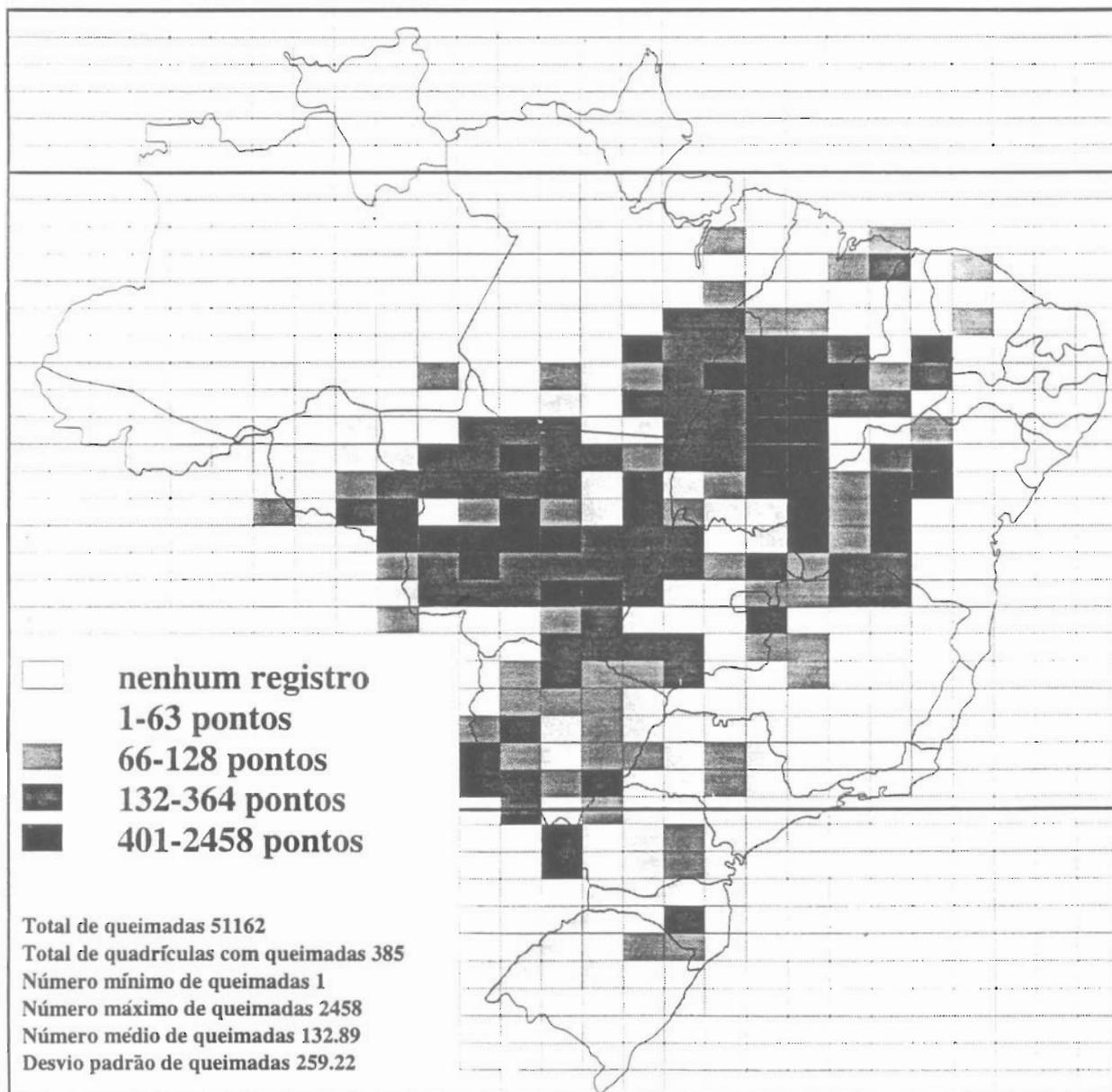
recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

Julho de 1995



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;

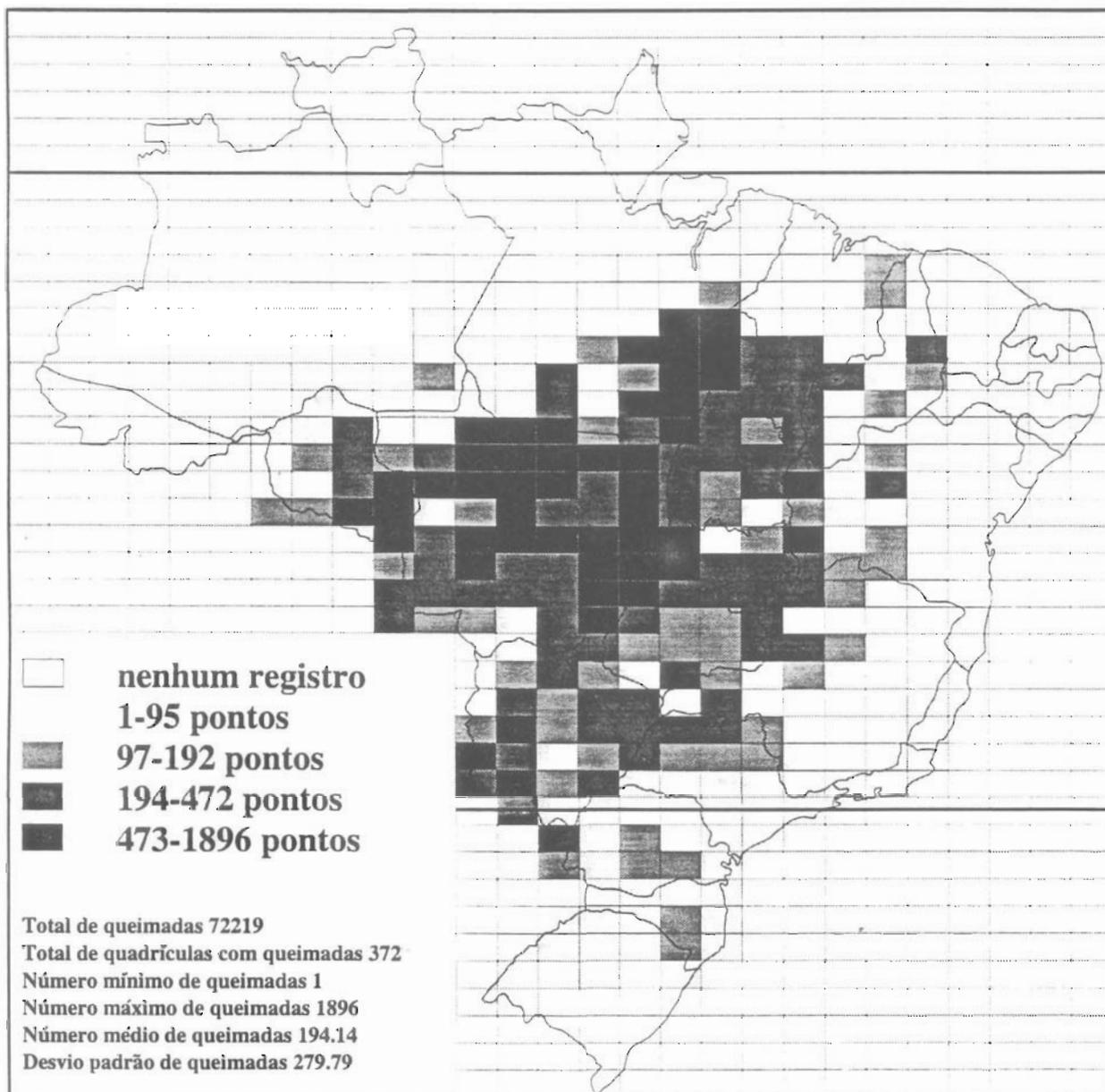
recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

28 de Julho a 17 de Agosto de 1995

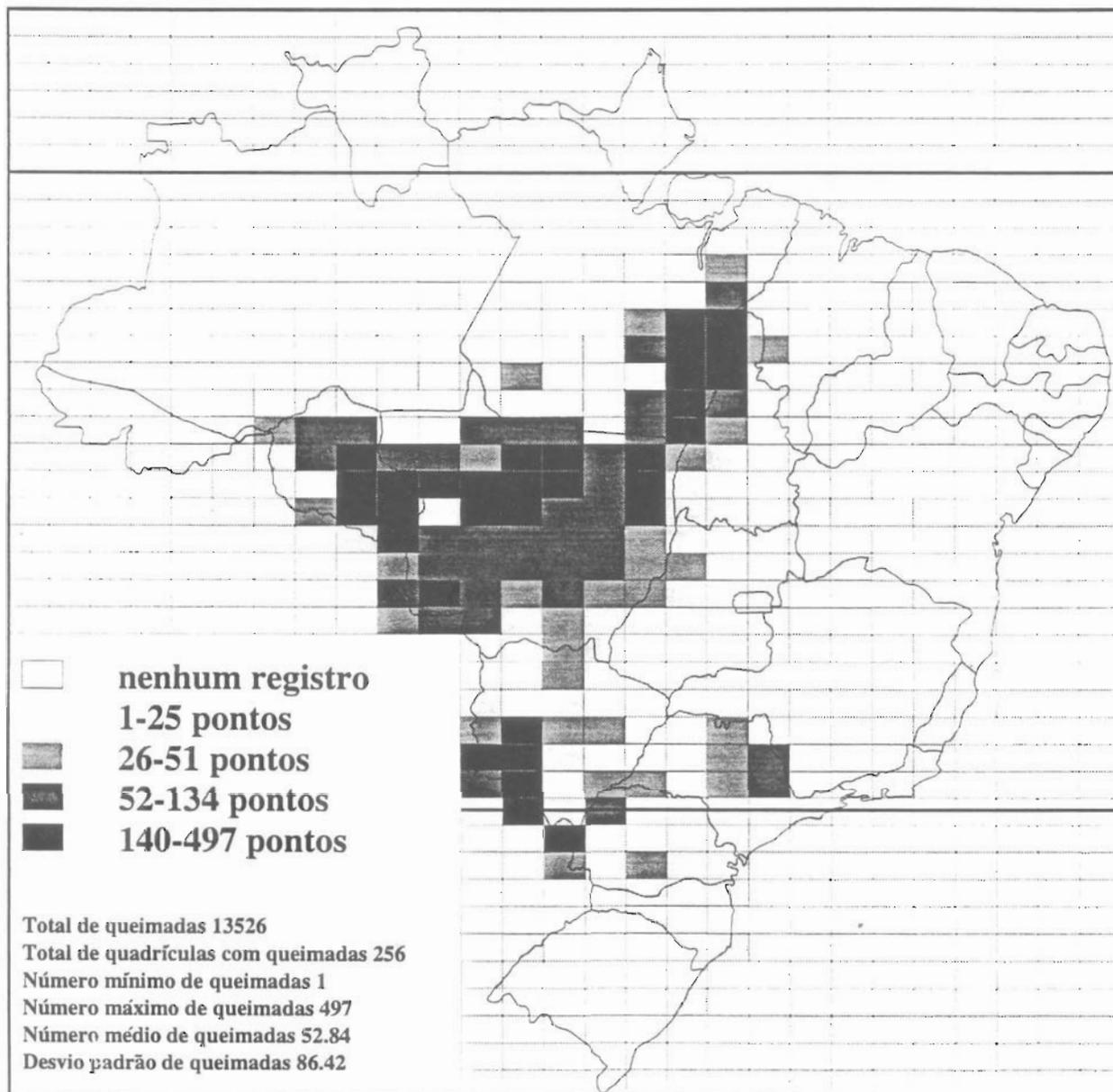


DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT
MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

18 de Agosto a 31 de Agosto de 1995



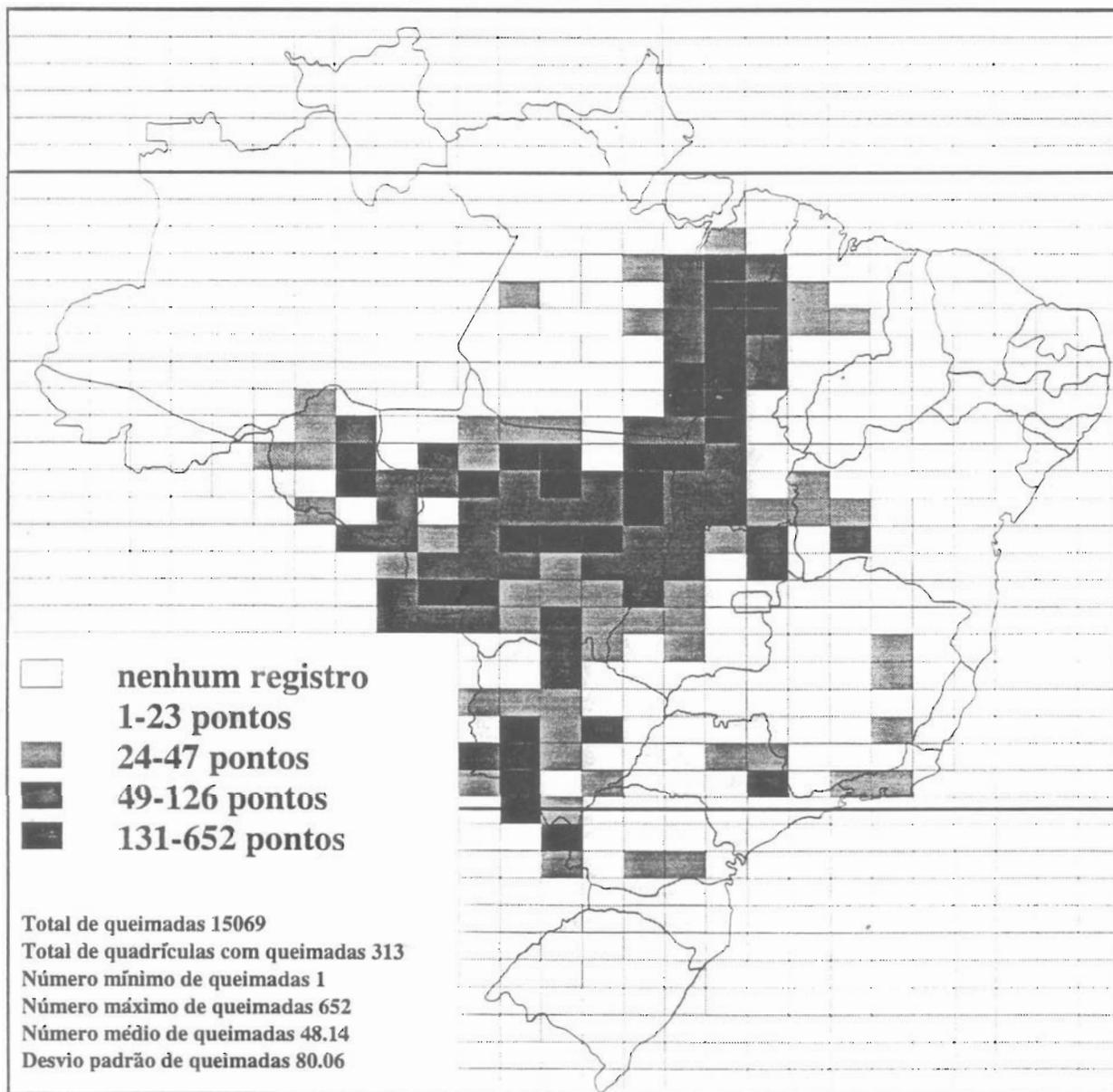
DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

01 de Setembro a 28 de Setembro de 1995



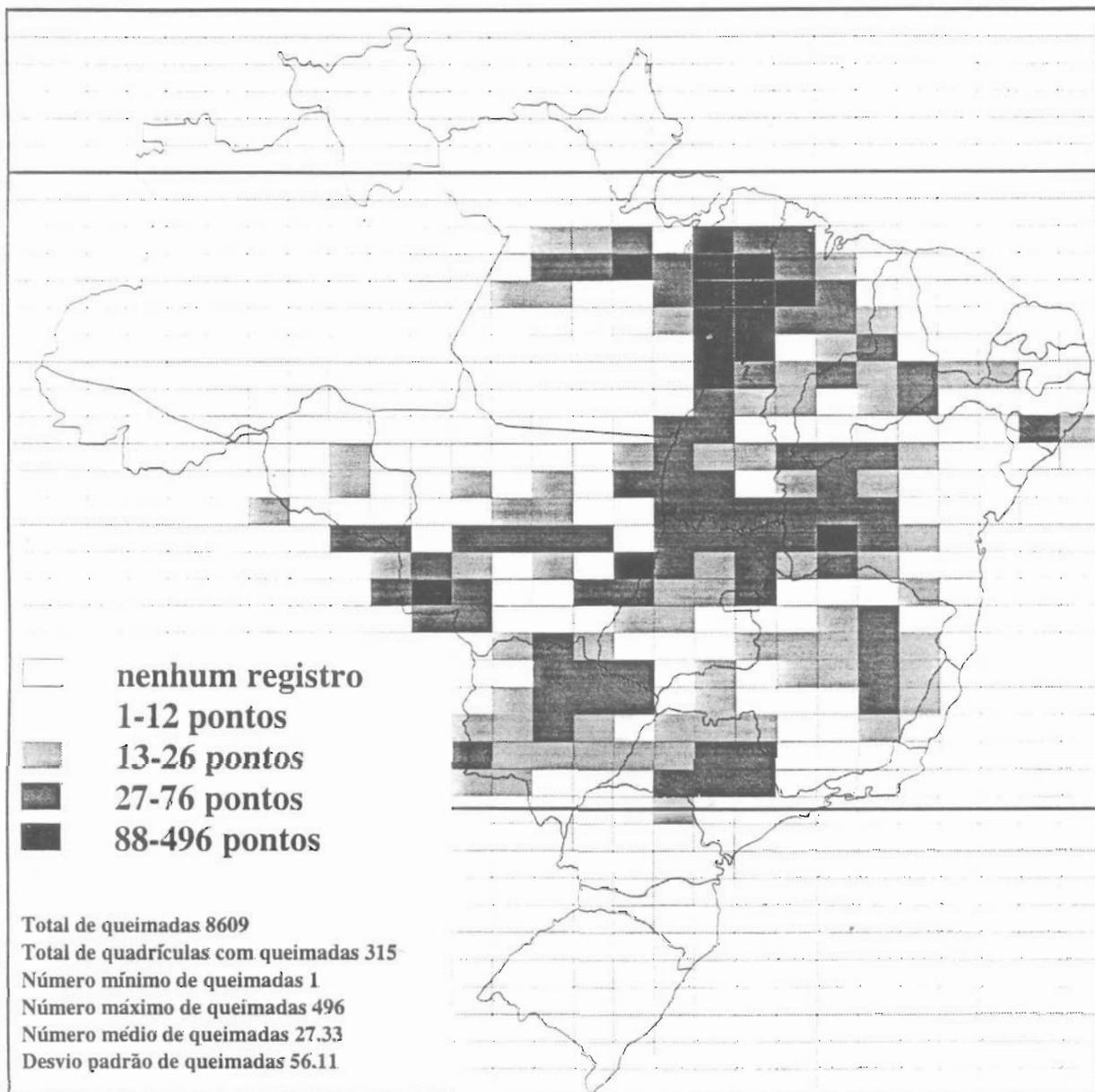
DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

Outubro de 1995



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA:

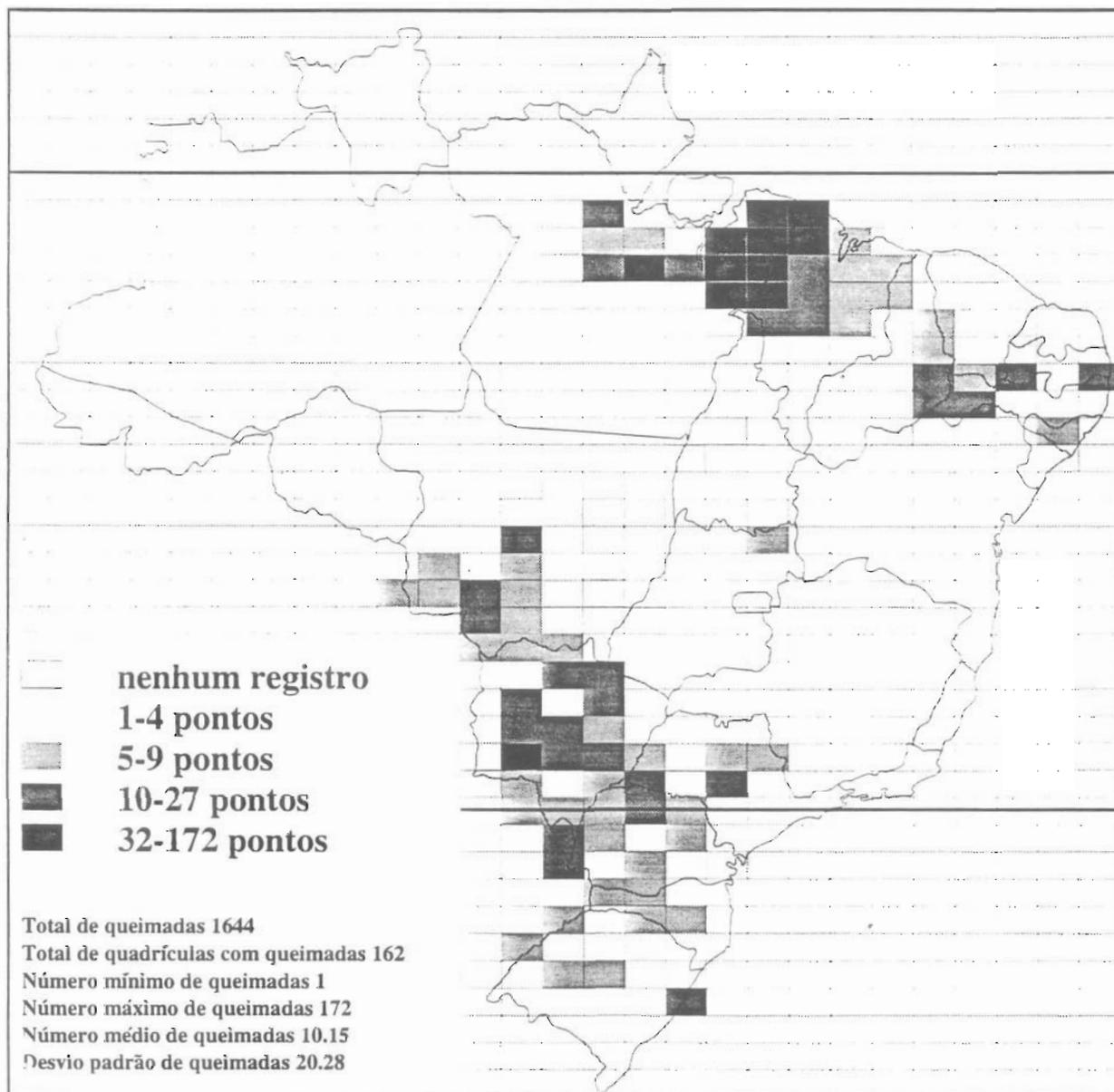
recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA.

QUEIMADAS

03 de Novembro a 30 de Novembro de 1995



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT
MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

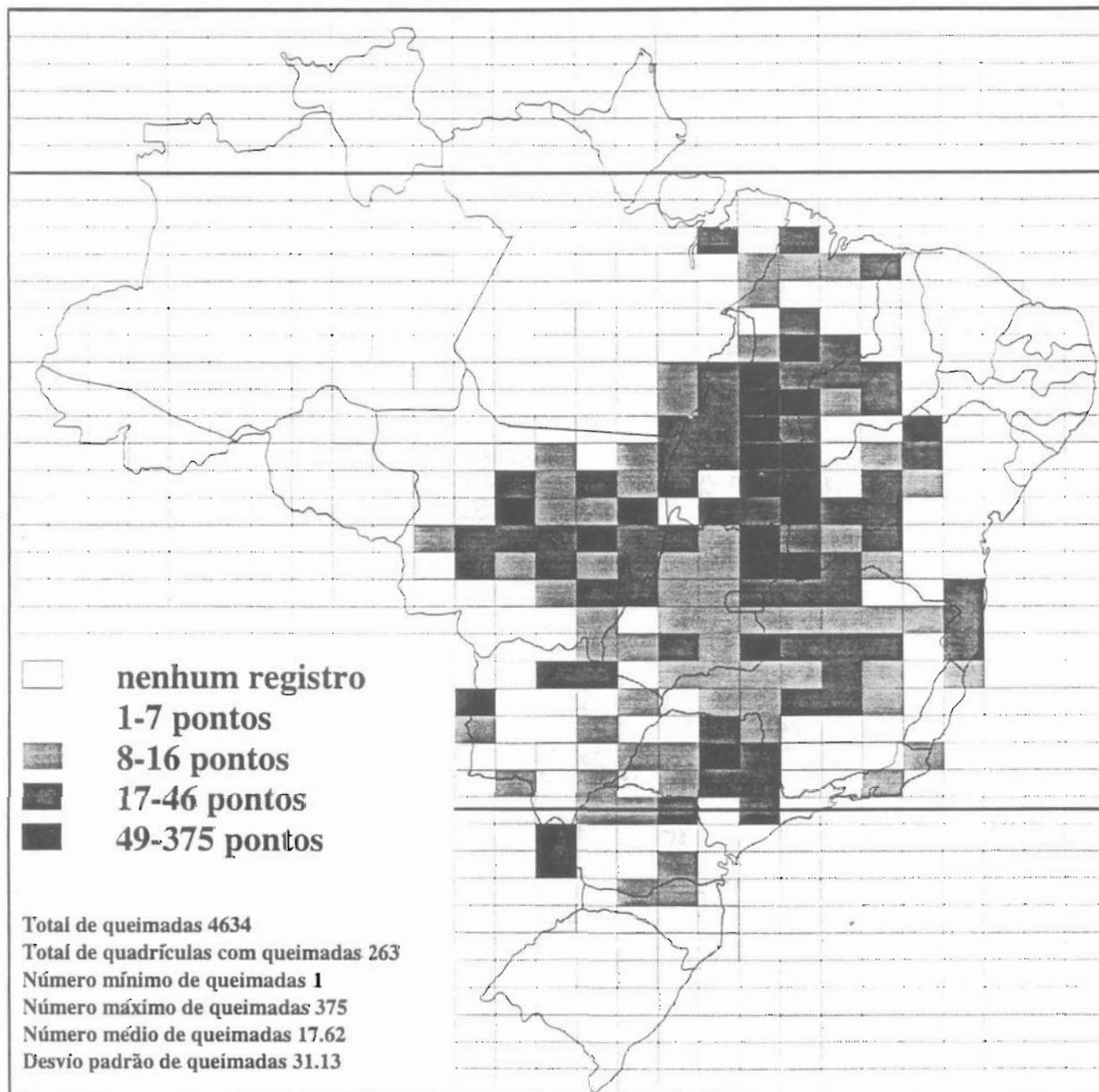
ANEXO II

MAPAS DA FREQUÊNCIA ACUMULADA DE QUEIMADAS

PERÍODO JUN/96 A NOV/96

QUEIMADAS

01 de Junho a 27 de Junho de 1996



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA:

recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

Julho de 1996

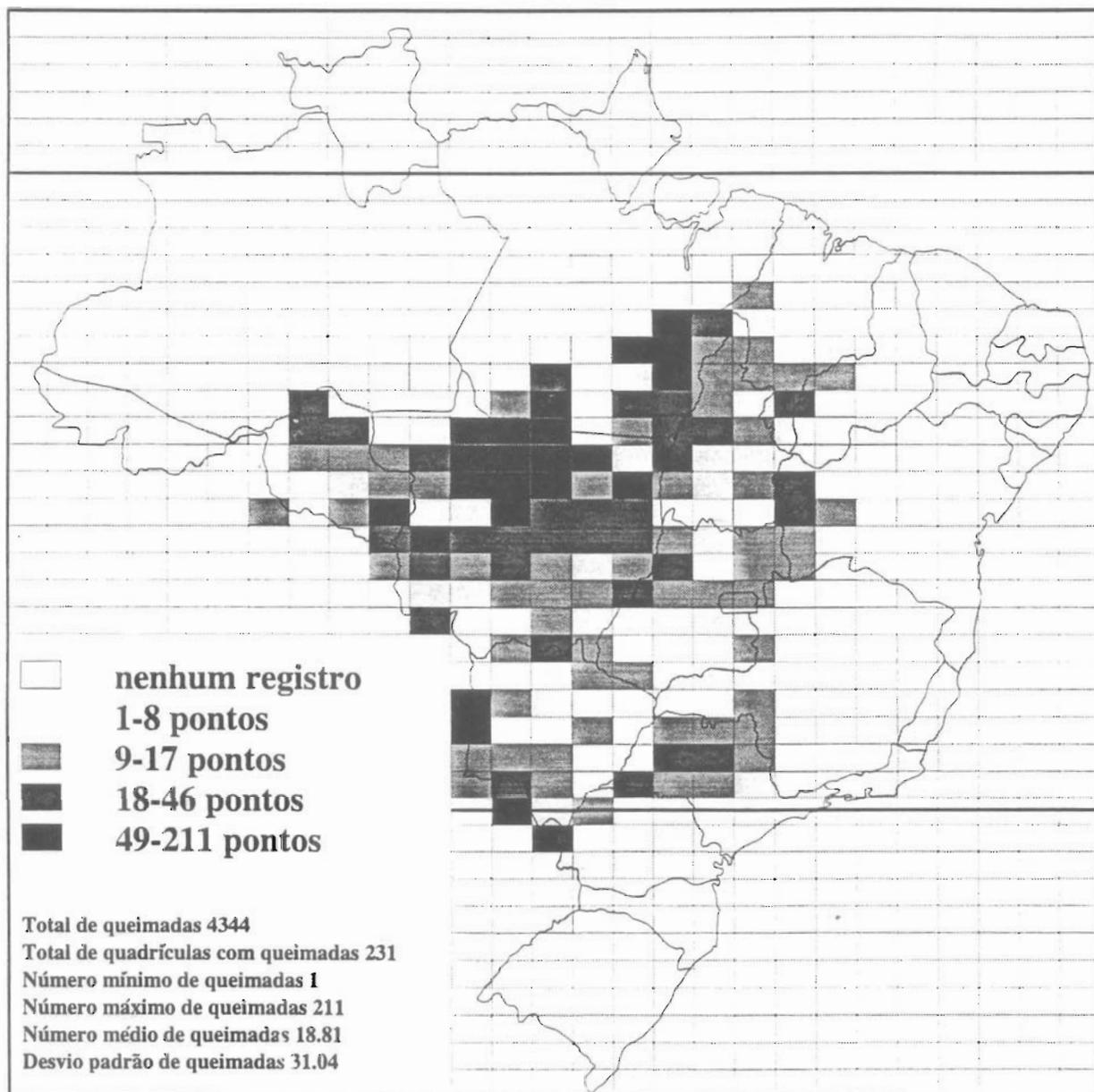


DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT
MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

02 de Agosto a 15 de Agosto de 1996



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;

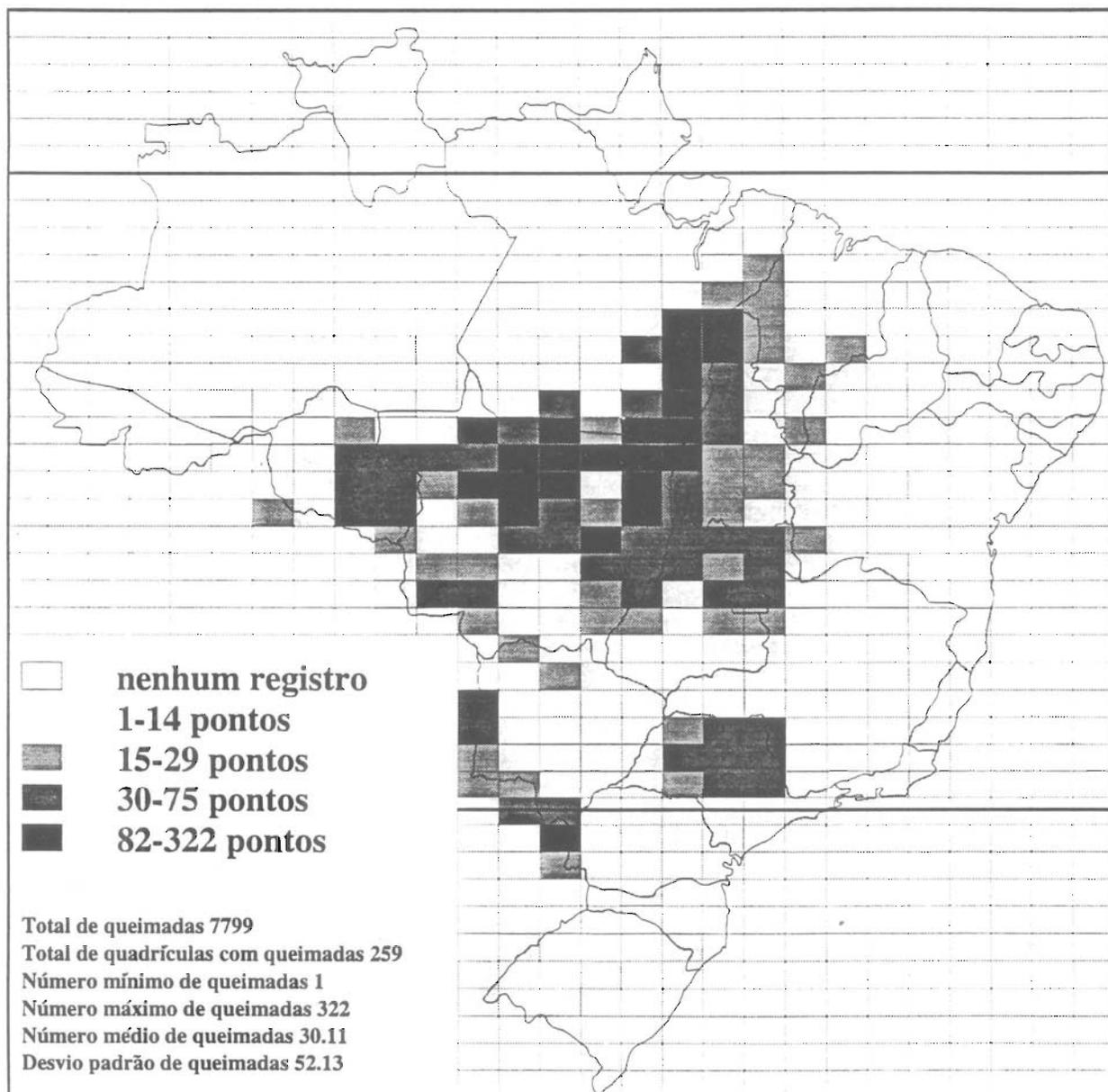
recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

16 de Agosto a 29 de Agosto de 1996



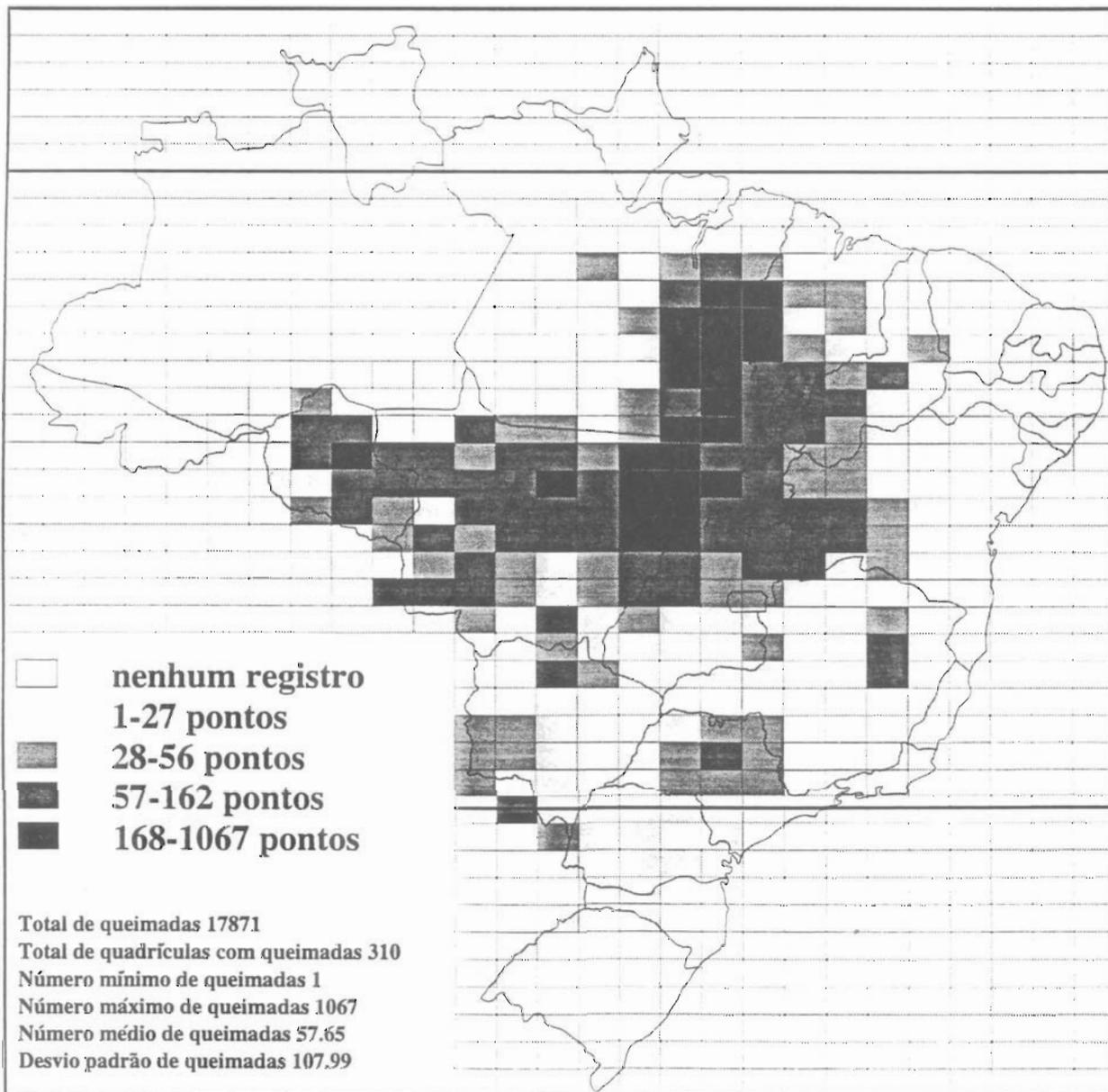
DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

Setembro de 1996



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;

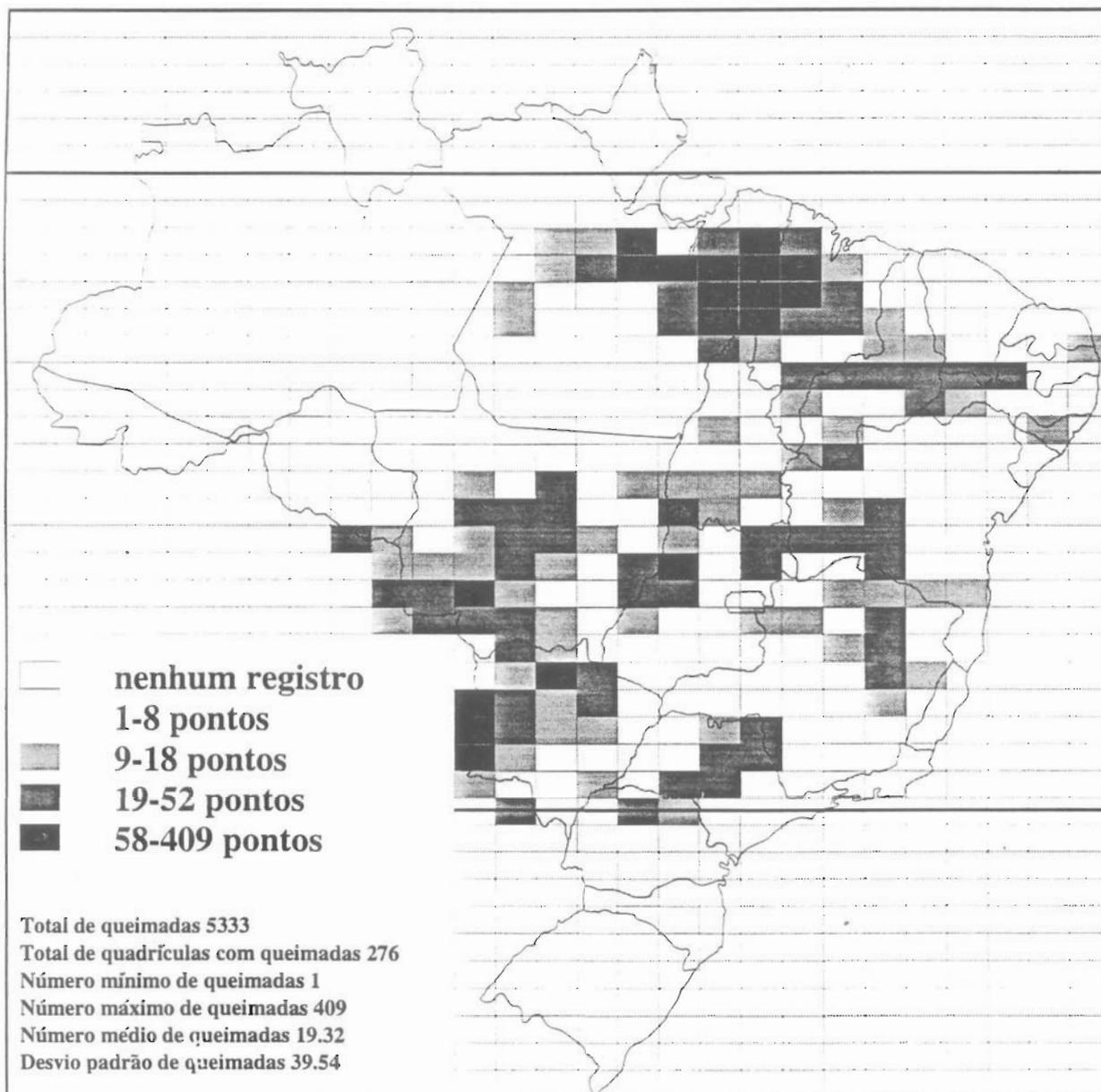
recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

Outubro de 1996



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT

MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;

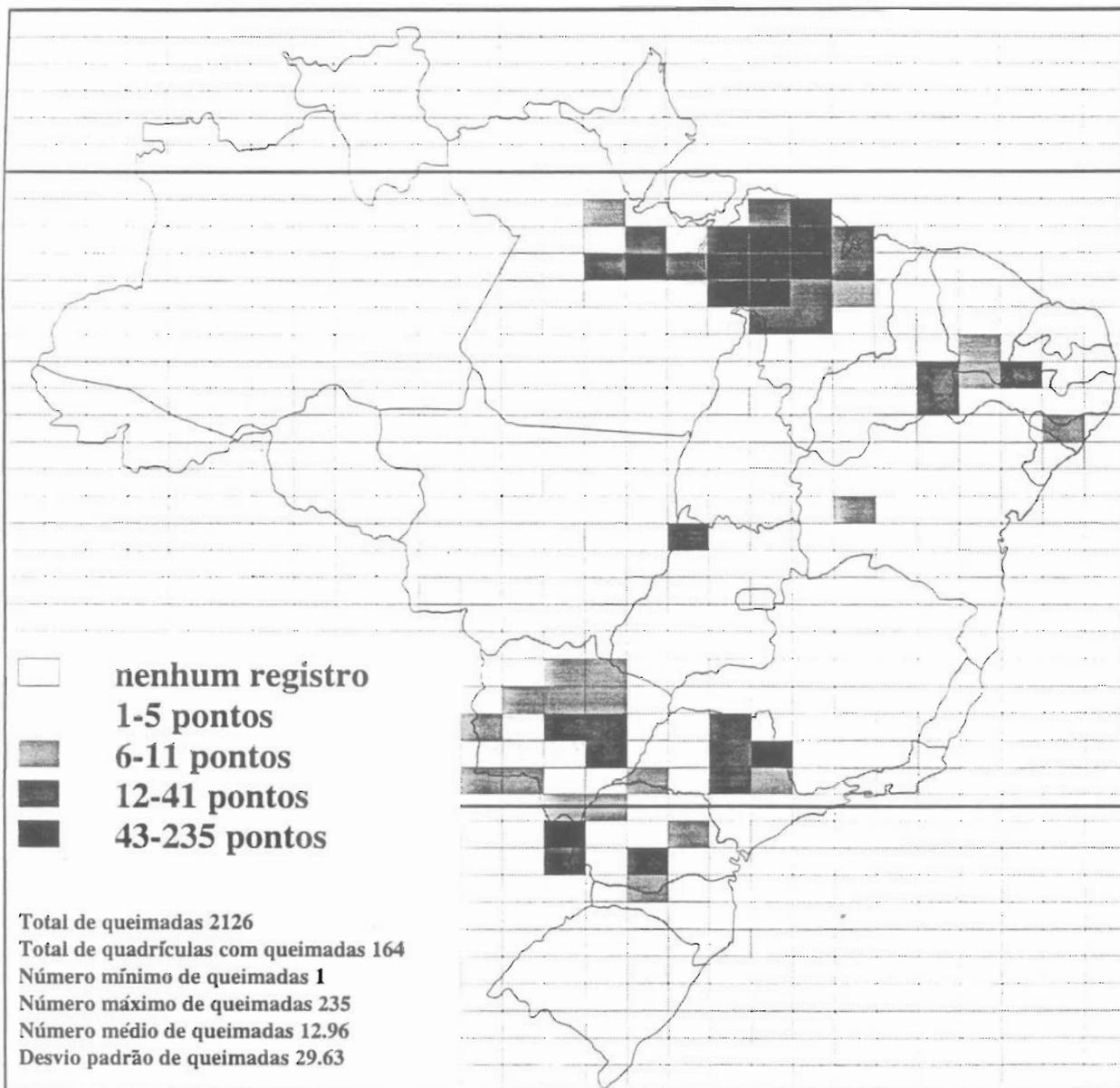
recepção e processamento INPE/MCT;

mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;

apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA

QUEIMADAS

01 de Novembro a 28 de Novembro de 1996



DADOS DO SATÉLITE NOAA: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE-MCT
MAPEAMENTO DIGITAL E ARTE FINAL: CPTEC

CREDITOS : imagens dos satélites NOAA;
recepção e processamento INPE/MCT;
mapas segundo Agência Estado e NMA/Embrapa;
apoio DEPRN Ecoforça e IBAMA