



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-6120-TDI/581

**UM ESTUDO FENOLÓGICO COM IMAGENS AVHRR/NOAA
NOS CERRADOS DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS, GO.**

Helena França

Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada pelo
Dr. Alberto Waingort Setzer, aprovada em dezembro de 1994

528.711.7:581.54

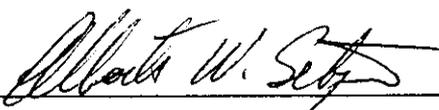
FRANÇA, H.

Um estudo fenológico com imagens AVHRR/NOAA nos cerrados do Parque Nacional das Emas, GO / H. França. - São José dos Campos: INPE, 1994. 96p. - (INPE-6120-TDI/581)

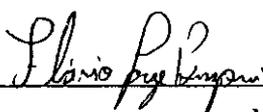
1. Fenologia. 2. Cerrado. 3. Índice de vegetação. 4. Imagem de satélite. 6. Satélite NOAA. 7. Radiômetro avançado de muito alta resolução (AVHRR). 8. Parque Nacional das Emas (MS-GO-MT). I. Título.

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensoriamento Remoto

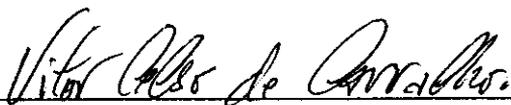
Dr. Alberto Waingort Setzer


Orientador/Presidente

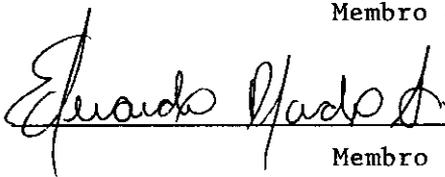
Dr. Flávio Jorge Ponzoni


Membro da Banca

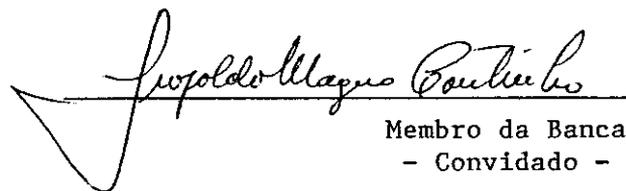
Dr. Vitor Celso de Carvalho


Membro da Banca

Dr. Eduardo Delgado Assad


Membro da Banca
- Convidado -

Dr. Leopoldo Magno Coutinho


Membro da Banca
- Convidado -

Candidata: Helena França

São José dos Campos, 02 de dezembro de 1994

À Marisa

e

Helio França
(em memória)

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e FAPESP (processo 93/1737-1) pelas bolsas concedidas, que viabilizaram a realização desse trabalho.

Ao Dr. Alberto Setzer pela orientação, confiança e amizade constantes.

Ao M.Sc. Marcos da Costa Pereira, M.Sc. Alfredo da Costa Pereira e Anibal E. Fernandes pelo apoio e solidariedade.

Ao Dr. Vitor Celso de Carvalho, pela orientação no primeiro ano de Mestrado e no estágio.

Ao Dr. Flavio Ponzoni, pelas discussões e amizade.

Ao Dr. Leopoldo Magno Coutinho, pelas aulas da graduação e pela oportunidade de conhecer o Parque das Emas.

À Dra. Thelma Krug, pela amizade e incentivo constante aos alunos.

Ao Moacir, Julio, Valeria, Iris, Fernanda, Rene, Eliana, Jeser, Gustavo e Alberto pela paciência e boa vontade durante as intermináveis horas de leitura de fitas e processamento de imagens no LTID.

A todos professores do Mestrado em Sensoriamento Remoto.

À Marilene A. Silva e Clemente Hungria pela atenção, competência e amizade durante esses anos.

Ao Joaquim Godoi, pelos desenhos.

À equipe PI da estação receptora de Cachoeira Paulista, sob a coordenação do Sr. Sergio Pereira, pela gravação e envio das imagens.

À Sra. Maria Inês do INEMET em Brasília, pelo envio dos dados de precipitação.

Ao Marinaldo pelas discussões e indicações de leituras. Ao Alexandre Coutinho, pelo empréstimo das cartas topográficas.

Ao Martini, Mario e Valdete do ATUS/INPE. Ao Gaia e Laercio do DPI/INPE. À Nuri Calbete do CPTEC/INPE. Às secretárias Etel, Cristina e Vera. A todos funcionários da biblioteca e gráfica do INPE.

Em especial, à Solange, Marlene, Tatiana, Marisa e Foot.

E, claro, à Halina e Lucas.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo das variações sazonais da cobertura vegetal do Parque Nacional das Emas-GO utilizando imagens do sensor AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") a bordo do satélite NOAA-11 ("National Oceanic and Atmospheric Administration"), com resolução de 1.1 Km. Durante o período de observação, entre 01/06/92 e 30/11/93, foram selecionadas 26 imagens AVHRR, bandas 1, 2 e 3, com reduzida ou nenhuma cobertura de nuvens sobre a área de estudo. A vegetação do Parque é típica dos cerrados, com predomínio das fisionomias campos limpos e campos sujos. Nas imagens das bandas 1 e 2 foram constatadas variações no sinal provavelmente dependentes do ângulo de imageamento do sensor. Visadas oblíquas possivelmente causaram elevações nos níveis de cinza que não corresponderam às alterações da cobertura vegetal. Dados das bandas 1 e 2 obtidos próximos ao nadir no entanto, indicaram variações fenológicas do estrato herbáceo provavelmente relacionadas ao dessecamento e queda progressiva das folhas durante o período seco. Os dados da banda 3 e o IVDN (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) também indicaram a sazonalidade da cobertura vegetal: o primeiro provavelmente se relacionou ao recobrimento do solo pelas plantas, e o segundo à variação da fitomassa fotossinteticamente ativa. A queimada que ocorreu no Parque em agosto/92 abrangeu cerca de 25% da sua área, permitindo a comparação das respostas espectrais da cobertura vegetal regenerada no ano seguinte com aquela que não foi atingida pelo fogo. Imagens da banda 3 bem como o IVDN mostraram os efeitos da remoção da cobertura vegetal e exposição do solo um mês após a queimada. Dados da banda 2 e IVDN evidenciaram que a vegetação regenerada após o incêndio, e até pelo menos 13 meses depois, é espectralmente distinta daquela que não queimou. A classificação de uma imagem AVHRR, banda 3, gravada 1 mês após a queimada, em comparação com uma imagem de alta resolução, indicou que os dados de sensores de baixa resolução espacial também podem ser utilizados na avaliação de área queimada. Concluiu-se que os dados das bandas 1, 2 e 3, do AVHRR-NOAA com 1.1 Km de resolução, bem como do IVDN, podem ser utilizados para o monitoramento da fenologia dos cerrados, apesar da dificuldade de obtenção de imagens sem cobertura de nuvens durante a estação chuvosa.

A PHENOLOGICAL STUDY WITH AVHRR/NOAA IMAGES IN THE
"CERRADOS" OF THE EMAS NATIONAL PARK, GO

ABSTRACT

This work presents a study of seasonal variations of the vegetation cover at the Emas National Park, GO, Brazil, through the use of 1.1 km resolution satellite images of the AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sensor on-board NOAA-11 (National Oceanic and Atmospheric Administration). Twenty-six images without or with little cloud cover over the Park area were selected in the study period of 01/June/92 - 30/November/93. The Park vegetation is typical of the "cerrados" (savanas), with predominating "campos limpos" and "campos sujos". The channel 1 and 2 images presented signal variations depending on the sensor viewing angle. Side-looking resulted in increased gray levels in the images not related to vegetation changes; close to nadir, however, these images showed phenological variations in a possible association with dryingness and progressive falling of leaves in the dry season. Channel 3 and NDVI (Normalized Difference vegetation Index) data have also indicated the vegetation cover seasonality; the former was probably related to changes in the soil cover by plants while the latter to variations of the active photosynthetic phytomass. A fire burned ~25% of the Park on August/92 and allowed the comparison of the spectral responses of the vegetation cover that regenerated the following year compared to the area that did not burn. Channel 3 and NDVI images showed the effects of the removal of the vegetation cover and soil exposure caused by the fire, even one month later. Channel 2 and NDVI data evidenced that the vegetation re-growth following the fire is spectrally distinct from the vegetation that did not burn. The classification of one Channel 3 image one month after the fire in comparison to a high resolution satellite image indicated that imagery from low spatial resolution sensors can also be used to estimate sizes of burned areas. In conclusion, 1.1 km resolution data from the AVHRR channels 1, 2 and 3 and NDVI images may be used to monitor cerrados despite difficulties in obtaining free cloud cover imagery during the wet season.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE TABELAS.....	xvii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....</u>	<u>1</u>
<u>CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>3</u>
2.1 - Fenologia: conceito, importância, metodologia e escolha de parâmetros.....	3
2.2 - Os cerrados.....	5
2.2.1 - Distribuição e caracterização do ambiente fí- sico.....	5
2.2.2 - A vegetação: estrutura e fisionomia.....	7
2.2.3 - Fenologia dos cerrados.....	8
2.2.4 - Origem e papel do fogo na vegetação do cer- rado.....	9
2.3 - Reflectância espectral da vegetação e índice de vegetação de diferença normalizada.....	10
2.4 - O sistema AVHRR/NOAA.....	14
2.4.1 - Geração de produtos.....	15
2.5 - Sensoriamento remoto orbital e fitofenologia....	16
2.5.1 - Aplicações dos dados AVHRR em fitofenologia... 2.5.1.1 - Curvas IVDN-temporal.....	16 19
2.5.1.2 - Curvas IVDN-temporal e dados meteorológi- cos.....	23
<u>CAPÍTULO 3 - MATERIAL.....</u>	<u>27</u>
3.1 - Área de estudo.....	27
3.2 - Produtos utilizados.....	30
3.3 - Dados meteorológicos.....	30
<u>CAPÍTULO 4 - MÉTODOS.....</u>	<u>33</u>
4.1 - Seleção das imagens AVHRR-NOAA.....	33
4.2 - Pré-seleção das subáreas.....	33
4.3 - Correção geométrica das imagens AVHRR-NOAA.....	35
4.4 - Registro das imagens AVHRR-NOAA.....	36
4.5 - Localização dos limites do Parque e das sub- áreas.....	36
4.6 - Visita ao campo.....	37
4.7 - Obtenção dos valores médios de níveis de cinza nas subáreas.....	37
4.8 - Reavaliação das imagens quanto à cobertura de nuvens.....	38
4.9 - Correções de imagens efetuadas.....	38
4.10 - Cálculo do IVDN.....	40

4.11 - Avaliação de área queimada utilizando imagem AVHRR/NOAA.....	40
4.12 - Análise geral dos resultados.....	40
<u>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	43
5.1 - Identificação e visualização do PNE nas imagens AVHRR/NOAA.....	43
5.2 - Imagens selecionadas.....	43
5.3 - Visualização das imagens AVHRR corrigidas geometricamente.....	46
5.4 - Sobreposição dos limites digitalizados do PNE e sua área queimada com a imagem AVHRR/NOAA.....	50
5.5 - Média dos níveis de cinza em cada subárea e reavaliação das imagens.....	53
5.6 - Variações temporais dos níveis de cinza das bandas 1,2,3 e do IVDN.....	56
5.6.1 - Banda 1 (0.58-0.68 μm).....	56
5.6.2.- Banda 2 (0.72-1.1 μm).....	61
5.6.3.- Banda 3 (3.55-3.9 μm).....	64
5.6.4.- IVDN.....	66
5.6.5 - Comparação das variações dos níveis de cinza nas áreas "queimadas" e "não-queimadas".....	68
5.7 - As imagens I25 e I26.....	73
5.8 - Avaliação das correções efetuadas nas imagens...	75
5.9 - Avaliação da área queimada: comparação entre TM e AVHRR.....	75
<u>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....</u>	77
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	81
<u>APÊNDICE 1 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN.....</u>	87
<u>APÊNDICE 2 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS AVHRR/NOAA-11 CORRIGIDOS E NÃO-CORRIGIDOS.....</u>	95

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Distribuição dos cerrados no Brasil.....	6
2.2 - Fisionomias de cerrado.....	7
2.3 - Reflectância espectral da vegetação e do solo...	11
2.4 - Variação do IVDN entre abril/92 e nov/93 em sete regiões da África.....	20
2.5 - Comportamento do IVDN para os cerrados brasileiros.....	23
2.6 - Curvas IVDN-temporal e dados meteorológicos.....	26
3.1 - Localização do Parque Nacional das Emas.....	28
3.2 - Aspecto geral da cobertura vegetal do Parque Nacional das Emas em setembro/93.....	29
3.3 - Precipitação mensal em 1992 e 1993.....	32
4.1 - (a) Limites do Parque Nacional das Emas, da área queimada em agosto/92 e das subáreas de estudo (b) Imagem TM/Landsat 224/73 B ⁺ , composição colorida das bandas 3,4 e 5 (BGR), gravada em 11/07/93.....	34
5.1 - Setor da imagem AVHRR bruta, modo HRPT, gravada em 08/11/93, composição colorida das bandas 1, 2 e 3, indicando a localização do Parque Nacional das Emas.....	44
5.2 - Setor da imagem AVHRR/NOAA-11 de 30/07/92, corrigida geometricamente, mostrando o Parque Nacional das Emas: (a) composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB), (b) banda 1, (c) banda 2, (d) banda.3... ..	47
5.3 - Setor da imagem AVHRR/NOAA-11 de 09/09/92, corrigida geometricamente, mostrando o Parque Nacional das Emas: (a) composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB), (b) banda 1, (c) banda 2, (d) banda.3... ..	48
5.4 - Setor da imagem AVHRR/NOAA-11 de 11/07/93, corrigida geometricamente, mostrando o Parque Nacional das Emas: (a) composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB), (b) banda 1, (c) banda 2, (d) banda.3... ..	49
5.5 - Sobreposição dos limites digitalizados do Parque Nacional das Emas na imagem AVHRR/NOAA-11, banda.....	51
5.6 - Limites do Parque Nacional das Emas e das subáreas de estudo na matriz de níveis de cinza da imagem I11 (AVHRR/banda 3).....	52
5.7 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 1 nas "áreas não-queimadas".....	57
5.8 - Variações nos níveis de cinza em função da longitude de cruzamento do satélite NOAA-11 com Equador -bandas 1 e 2.....	59

5.9 - Variação temporal da precipitação e dos níveis de cinza da banda 1 nas visadas verticais do AVHRR/ NOAA-11.....	60
5.10 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 2 nas "áreas não-queimadas".....	62
5.11 - Variação temporal da precipitação e dos níveis de cinza da banda 2 nas visadas verticais do AVHRR/ NOAA-11.....	63
5.12 - Variações da banda 3 e do IVDN em função da longitude de cruzamento do satélite NOAA-11 com o Equador.....	64
5.13 - Variação temporal da precipitação e dos níveis de cinza da banda 3 nas "áreas não-queimadas".....	65
5.14 - Variação temporal da precipitação e do IVDN nas "áreas não- queimadas".....	67
5.15 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 1 nas "áreas queimadas"e "não queimadas".....	69
5.16 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 2 nas "áreas queimadas"e "não queimadas".....	70
5.17 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 1 nas visadas verticais do AVHRR/NOAA-11:"áreas queimadas" e "não-queimadas".....	71
5.18 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 2 nas visadas verticais do AVHRR/NOAA-11:"áreas queimadas" e "não-queimadas".....	72
5.19 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 3 do AVHRR/NOAA-11 nas áreas "não-queimadas" e nas "áreas não-queimadas".....	73
5.20 - Variação temporal do IVDN nas áreas "não-queimadas" e nas "áreas não-queimadas"	74
5.21 - Comparação entre os dados AVHRR/NOAA-11 corrigidos e não-corrigidos: IVDN.....	76

LISTA DE TABELAS

	<u>PÁG.</u>
2.1 - Parâmetros dos sistemas MSS/Landsat, TM/Landsat e AVHRR/NOAA.....	13
3.1 - Precipitação diária em 1992 e 1993 na estação Jataí.....	31
4.1 - Coordenadas geográficas centrais das subáreas de estudo.....	35
5.1 - Resultados da verificação das imagens AVHRR/NOAA-11 gravadas no período de 01/06/92 a 31/11/93.....	45
5.2 - Imagens AVHRR utilizadas no trabalho.....	46
5.3 - Número de pixels por subárea.....	51
5.4 - Imagens AVHRR/NOAA-11 úteis em relação às subáreas de estudo.....	53
5.5 - Média dos níveis de cinza nas áreas "não-queimadas" e "queimadas": dados corrigidos.....	54

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os cerrados representam um dos principais biomas brasileiros, tanto no que tange a área do território nacional por ele ocupada, estimada em 1,8 milhão de quilômetros quadrados, quanto a sua crescente importância econômica, principalmente para exploração agropecuária (Gusmão, 1980; Coutinho 1990a). Nas últimas décadas verificou-se acelerada ocupação das terras situadas no domínio dos cerrados, ameaçando a manutenção da flora e fauna originais que sequer são cientificamente bem conhecidas. Tal ocupação tem sido feita sem planejamento efetivo em nível regional e, segundo Coutinho (1990a), a devastação dos cerrados já se encontra em fase bem mais adiantada do que a da Amazônia, sendo que apenas 1,5 % de suas terras está protegida por unidades governamentais de conservação. Não há, tampouco, uma política eficaz de pesquisa para preservação da biodiversidade e exploração racional dos recursos naturais que esse bioma abriga.

Imagens espectrais, geradas por sensores remotos a bordo de satélites, encontram número crescente de aplicações na pesquisa e no conhecimento dos recursos naturais do planeta. Imagens de satélite são particularmente úteis quando há necessidade de observações periódicas de áreas extensas, impossíveis de serem feitas no campo com a frequência requerida. Nesse contexto, o trabalho que aqui se apresenta pretendeu contribuir para o conhecimento de variações sazonais verificadas numa cobertura vegetal típica de cerrados, em suas manifestações espectrais, conforme observadas do espaço.

O sistema sensor utilizado foi o AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") a bordo do satélite NOAA-11 ("National Oceanic and Atmospheric Administration"). O AVHRR gera imagens em 5 faixas espectrais numa frequência idealmente compatível com as alterações temporais que se pretendeu observar (Kidwell, 1991). A área de estudo selecionada, o Parque Nacional das Emas - GO, foi observada durante 18 meses, de 01/06/92 a 30/11/93, utilizando imagens AVHRR/NOAA-11.

O objetivo desse trabalho foi verificar em área teste se os dados digitais das bandas 1, 2 e 3, bem como o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN), obtido das bandas 1 e 2, coletados diariamente pelo sistema sensor AVHRR em sua máxima resolução de 1.1 Km, a bordo do satélite NOAA-11, podem ser utilizados em estudos

fenológicos do cerrado. Especificamente, verificou-se a detecção de:

- variações sazonais da cobertura vegetal de cerrados, particularmente daquelas cujas fisionomias predominantes são campos limpos e campos sujos, e

- regeneração da cobertura vegetal em questão, após a ocorrência de queimadas.

O Parque Nacional das Emas (PNE), administrado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), foi a área teste selecionada para esse trabalho. Localizado no sudoeste de Goiás é uma das principais áreas remanescentes da vegetação de cerrados. Dentre todas as unidades de preservação desse bioma, é a mais extensa e a que tem sofrido menor ação antrópica (IBAMA, 1989).

Queimadas de grandes proporções e origem proposital ou acidental ocorrem com frequência no PNE e não raramente atingem quase a totalidade de sua cobertura vegetal. Desde sua criação, em 1961, registraram-se várias queimadas, sendo que em 1966, 1978, 1985, 1988, 1991 elas abrangeram entre 70 e 100% de sua área. Outros incêndios ocorreram nesse período, em 1975 e 1981, mas não há avaliações de suas dimensões. No início de agosto/92, registrou-se a ocorrência de nova queimada, atingindo cerca de 25% da área do Parque (Fernandes, 1993) e, em agosto/94 uma mais recente atingiu talvez 95% da sua superfície.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - FENOLOGIA: CONCEITO, IMPORTÂNCIA, METODOLOGIA E ESCOLHA DE PARÂMETROS

A primeira proposta metodológica para elaboração de calendários anuais de plantas, registrando a ocorrência de eventos como brotamento de folhas, floração, frutificação e queda de folhas, juntamente com observações climatológicas, foi feita pelo botânico sueco Carl von Linné, em 1751. No entanto, o termo "fenologia" foi proposto em 1853 pelo botânico belga Charles Morren (Hopp, 1974). Fenologia é geralmente definida como a arte da observação de fases dos ciclos vitais, ou atividades das plantas e animais, em sua ocorrência temporal ao longo do ano (Lieth, 1970).

Estudos fenológicos estão associados comumente às variações sazonais de eventos bióticos e abióticos, ou seja, àqueles cuja repetição está na dependência das estações do ano astronômico solar. Esta associação é bastante clara nas regiões temperadas, onde as variações meteorológicas ocorrem sazonalmente. No entanto, levando-se em conta os casos particulares em que o tempo de vida de indivíduos de uma dada espécie é pequeno (menor do que 1 ano) e que variações meteorológicas, como nas regiões tropicais, podem ocorrer em outro ritmo que não o das estações (por exemplo, ao longo de uma seqüência de anos), a definição de fenologia não pode ser restrita à sazonalidade quer dos fatores bióticos, quer dos fatores abióticos. Para o primeiro caso, devem-se considerar gerações subseqüentes dentro da mesma população e, para o segundo, o intervalo anual de observação deve ser substituído por outros intervalos periódicos (Lieth, 1970).

Uma nova definição de fenologia foi então proposta, em 1972, pelo Comitê de Fenologia do Programa Internacional de Biologia - IBP ("International Biological Program"): "Fenologia é o estudo da regulação temporal de eventos biológicos recorrentes, das causas de suas regulações em relação aos fatores bióticos e abióticos e da interrelação entre as fases de uma mesma espécie ou entre diferentes espécies" (Lieth, 1974).

O estudo da fenologia das plantas - fitofenologia - é de interesse para várias áreas do conhecimento científico. No contexto da ecologia dos ambientes terrestres, o conhecimento da fenologia de populações

vegetais fornece, diretamente, informações sobre a disponibilidade de alimentos para os consumidores primários e, indiretamente, para os níveis tróficos superiores, relacionando-se, assim, com o fluxo de energia nos ecossistemas. A formação da serrapilheira, resultante principalmente da queda de folhas, evento geralmente fenológico, constitui-se em dado fundamental em estudos de ciclagem de nutrientes (Morellato-Fonzar, 1987). A produtividade da vegetação pode, em muitos aspectos, ser categorizada, prevista e avaliada com base em atributos fenológicos (Lieth, 1970). Há fortes evidências de que as flutuações sazonais na concentração de CO₂ atmosférico sejam, em grande parte, determinadas pela atividade fotossintética e pela distribuição da vegetação (Bolin e Keeling, 1963, citado por Lieth, 1970; Singh, 1992).

Na área da climatologia, verificou-se que as plantas são excelentes indicadores de variações climáticas, dado que a ocorrência de eventos fenológicos é em grande parte controlada por fatores climatológicos. Hopp (1974) afirma que plantas são "instrumentos vivos", bastante sensíveis que respondem, através de seu crescimento, aos efeitos conjuntos de temperatura, precipitação, umidade, ventos, radiação solar, etc. O registro da época de ocorrência de alguns eventos fenológicos, feito ao longo de vários anos, fornece meios de identificar zonas sob condições climáticas similares. Essas informações, lançadas em mapas, podem ser úteis nas tomadas de decisão em agricultura, preservação ambiental, etc.

No domínio da agronomia, a fenologia aborda o impacto das condições climáticas e edáficas na regulação temporal dos eventos biológicos em plantas de importância econômica. Estes estudos podem incluir tanto florestas implantadas quanto pastos e cultivos destinados à alimentação. O conhecimento dos primeiros estágios fenológicos do desenvolvimento de plantas cultivadas é fundamental para a previsão dos últimos estágios, geralmente os mais importantes comercialmente (Wielgolaski, 1974). A análise da influência dos fatores climáticos, tais como precipitação e temperatura fornece, igualmente, subsídios para a previsão de safras e para o desenvolvimento de técnicas de otimização da produção.

Lieth (1970) identifica duas abordagens que podem ser empregadas, individual ou conjuntamente em estudos de fenologia: 1) a abordagem clássica é essencialmente qualitativa e consiste na descrição dos eventos fenológicos. 2) a abordagem quantitativa, desenvolvida mais recentemente, também chamada de fenometria.

Fenometria é a análise quantitativa do ciclo de vida de um organismo ou de fenofases específicas e sua correlação com as influências ambientais (Lieth, 1970). Cabe aqui definir também "fenofase" que, segundo este mesmo autor (1970), é cada uma das fases identificadas dentro do ciclo de vida de uma espécie. A fenometria utiliza, essencialmente, a mesma metodologia da "análise de crescimento" na fisiologia vegetal. As variáveis ambientais devem ser medidas independentemente, para posterior estabelecimento de correlações com observações ou medidas relativas à(s) espécie(s) estudada(s).

O primeiro problema em estudos fenológicos é a determinação dos parâmetros mais importantes a serem observados. Dentro do contexto da análise de ecossistemas, Lieth (1970) considera pertinentes as seguintes variáveis:

1) Físico-ambientais:

- a) luz: intensidade , fotoperíodo, composição espectral.
- b) temperatura: variações diárias, sazonais e anuais (média, máxima e mínima).
- c) água: padrões de precipitação (quantidade, intensidade e duração), umidade relativa do ar , disponibilidade no solo.
- d) nutrientes: quantificação do teor de nutrientes minerais tais como C, N, e S, poluentes químicos.

2) Relativas às plantas:

- a) todas as fases do ciclo de vida (fenofases): germinação, desenvolvimento da folha, floração, frutificação, dispersão dos frutos ou sementes, morte da planta ou queda das folhas.
- b) análise fenométrica: índice de área foliar, teor de clorofila, atividade fotossintética, taxa de respiração, produtividade, teor de nutrientes.

2.2 - OS CERRADOS

2.2.1 - DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE FÍSICO

Segundo Coutinho (1990a; 1990b), a zona core do complexo fisionômico dos cerrados ocupa, no Planalto Central do Brasil, uma área de 1.500.000 Km². Considerando-se os enclaves de cerrado presentes na Amazônia, caatinga, floresta sazonal tropical do sudeste e no Pantanal, a área total desse bioma perfaz 1.800.000 Km² (Figura 2.1).

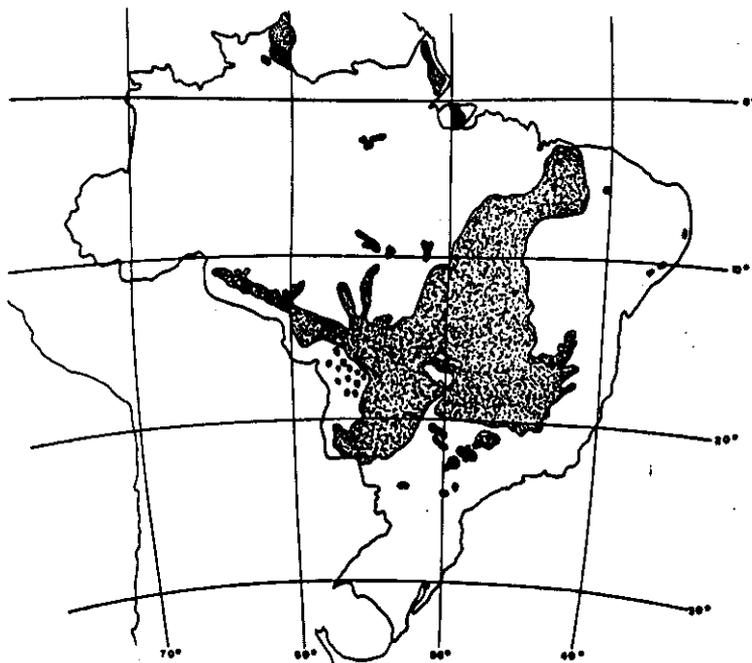


Fig. 2.1 - Distribuição dos cerrados no Brasil.
 FONTE: Coutinho (1990b), p. 84.

A área nuclear do cerrado está sob clima predominantemente sazonal tropical, **AWi** segundo classificação de Köppen. As temperaturas mantêm-se constantemente elevadas no semestre primavera-verão. Os meses mais quentes assinalam médias de 24° a 26° C, bem como máximas diárias de até 40° C. As médias das máximas diárias nesses meses variam de 30° a 36° C. No inverno, com a entrada de sistemas de circulação atmosférica do sul do continente, as mínimas diárias podem ser baixas: de 12° a 16° C. Não raro, registram-se temperaturas mínimas diárias em torno de 0° C. No entanto, apesar da ocorrência de mínimas diárias muito baixas, as médias dos meses de inverno não descem a níveis compatíveis com elas. Na maior parte da região do Cerrado, não há um mês sequer cuja temperatura média seja inferior a 20° C (Nimer e Brandão, 1989).

Na região dos cerrados registram-se elevados índices de precipitação, predominando valores anuais médios entre 1.000 e 2.000 mm (Nimer e Brandão, 1989). A distribuição das chuvas, porém, é irregular. Tal irregularidade determina duas estações opostas: uma com grandes excedentes hídricos, concentrada entre novembro e março, e outra seca, coincidindo com os meses de inverno, entre maio e setembro. A curta duração e a intensidade média do período seco permitem incluir a maioria dos

cerrados, segundo a classificação internacional das savanas, no grupo das savanas tropicais úmidas (Coutinho, 1990a).

Os solos, em geral, apresentam textura areno-argilosa ou argilo-arenosa. Quimicamente, são caracterizados por elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, baixa soma de bases e alta saturação de alumínio. Esses solos, quando não corrigidos, são nutricionalmente pobres e bastante tóxicos devido à alta concentração de alumínio, para a maioria das espécies cultivadas. A vegetação dos cerrados está, no entanto, adaptada a esses solos pobres, ditos distróficos ou oligotróficos (Coutinho, 1990a). Os solos nos cerrados são profundos e contém, durante todo o ano, água disponível para as plantas, exceto nos 2 metros da camada superficial que pode apresentar-se pobre em água durante a estação seca (Ferri, 1971).

2.2.2 - A VEGETAÇÃO: ESTRUTURA E FISIONOMIA

No que diz respeito à estrutura vertical, reconhecem-se dois estratos na vegetação de cerrados: o arbóreo/arbustivo e o herbáceo/subarbustivo. O primeiro é de caráter lenhoso e o segundo é formado por gramíneas, ervas e pequenos subarbustos. A predominância de um ou outro estrato determina as variações fisionômicas da vegetação dos cerrados. No sentido lato, reconhecem-se 5 fisionomias distintas: campo limpo; campo sujo; campo cerrado; cerrado *stricto sensu* e cerradão. Essas fisionomias podem ser ordenadas segundo um gradiente no qual, em um extremo, o campo limpo, há apenas um estrato: o herbáceo/subarbustivo; e no outro, o cerradão, predomina o estrato arbóreo. Este último é uma formação florestal: as copas se tocam e o estrato herbáceo/subarbustivo é rarefeito. As fases intermediárias apresentam fisionomia de savana (Figura 2.2). As diversas formas fisionômicas de cerrado, no entanto, distribuem-se em mosaico, refletindo variações de solo e frequência de queimadas.

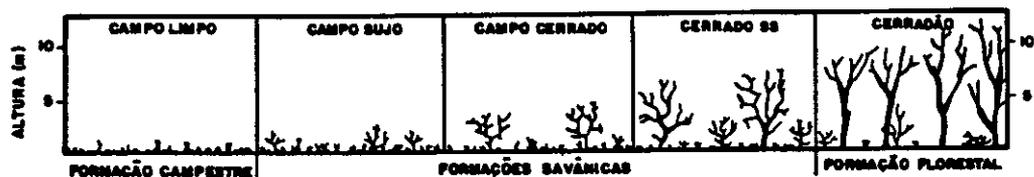


Fig. 2.2 - Fisionomias do cerrado.
FONTE: Coutinho (1990a), p.25.

2.2.3 - FENOLOGIA DOS CERRADOS

Não existe, segundo Labouriau (1971), nenhum catálogo fenológico de cerrados publicado. Este autor ressalta a importância de estudos dessa natureza, em especial na perspectiva de aplicações em ecologia. Ele sugere que se cotejem os dados dos catálogos fenológicos com os dados climatológicos, e assim se possa investigar como esses últimos controlam a periodicidade do desenvolvimento das plantas.

As espécies que compõem os dois estratos característicos da vegetação do cerrado respondem a estímulos ambientais diversos. As plantas do estrato herbáceo/subarbusivo geralmente apresentam raízes superficiais, não ultrapassando 20 cm de profundidade no solo. Para essa vegetação, o período de seca realmente causa um estresse hídrico, e, como consequência, as partes aéreas das plantas dessecam e morrem. Para as plantas do estrato arbóreo/arbustivo, por outro lado, a senescência e queda das folhas não são desencadeadas pela falta de água no solo. As árvores e arbustos desenvolvem raízes profundas, alcançando até 20 m de profundidade e não sofrem estresse hídrico, já que, abaixo da camada superficial do solo a umidade mantém-se alta, mesmo na estação seca. Muitas espécies inclusive, rebrotam, crescem e até florescem nessa época. Nas árvores e arbustos, a senescência e queda de folhas são determinadas possivelmente, por fatores climáticos térmicos e/ou fotoperiódicos, e não pelo estresse hídrico. "Temperaturas mínimas absolutas positivas, mas inferiores a 10 °C, costumam acelerar o processo de envelhecimento de toda a folhagem do cerrado, inclusive das herbáceas. Também a ocorrência de geadas, às vezes no início do inverno, provoca rápido e intenso desfolhamento das árvores e dos arbustos, bem como o dessecamento e a morte da fitomassa aérea das ervas e subarbusivos" (Coutinho, 1990a).

Rizzini, (1976) observa que, no cerrado, a troca das folhas processa-se anualmente, porém de maneira gradual, não ficando o conjunto inteiramente desfolhado. As plantas perdem suas folhas no decorrer da estação seca, mas não completamente. Folhas novas brotam no início das chuvas ou mesmo um pouco antes.

Rizzo et al. (1971) constataram, ao quantificarem a queda de folhas em cerrados e em matas, que "a maioria dos espécimes vegetais da área do cerrado perde suas folhas. Entretanto, a partir de maio, verifica-se maior queda das folhas, com valores máximos encontrados no mês de setembro, diminuindo a partir deste mês."

O fogo, como será discutido a seguir, é, sem dúvida um fator desencadeador de várias fases fenológicas em plantas de cerrado.

2.2.4 - ORIGEM E PAPEL DO FOGO NA VEGETAÇÃO DO CERRADO

Há evidências do convívio do cerrado com o fogo antes mesmo da presença do homem. Acredita-se que, antes do aparecimento de grupos humanos, os raios eram as principais fontes de ignição natural no cerrado (Marmori, 1990). Ainda hoje, há fartos depoimentos de ocorrência de queimadas provocadas por raios, mas esse fenômeno aguarda confirmação científica. Desde a presença de culturas humanas, há pelo menos 10.000 anos, o cerrado passou a ser submetido a queimadas intencionais para o plantio de roças. Esse processo continuou com a colonização portuguesa, a partir do sec. XVI. Nas últimas décadas, no entanto, a frequência e intensidade dos incêndios aumentaram sobremaneira, colocando em risco, inclusive, áreas de preservação ambiental como os Parques Nacionais das Emas e de Brasília (Marmori, 1990).

O processo de ocupação das áreas de cerrado tem sido feito sem planejamento ou controle. A utilização do fogo é uma prática comum ao agricultor e ao pecuarista para abrir novas frentes agrícolas, controlar o adensamento de arbustos, eliminar plantas tóxicas, combater carrapatos, ou provocar a rebrota do capim. Há queimadas intencionais, acidentais e criminosas (Coutinho, 1990a; Coutinho, 1990b).

Normalmente, as queimadas começam em maio, coincidindo com o início da estação seca, aumentando em frequência nos dois meses subseqüentes e atingindo o máximo em agosto. Nesse mês, e até o início de setembro, as condições meteorológicas são particularmente favoráveis à propagação do fogo: a umidade relativa do ar pode atingir valores inferiores a 20% nas horas mais quentes do dia. Por outro lado, é nesse período que há maior acúmulo de biomassa combustível, provocada pela morte das partes aéreas do estrato herbáceo/subarbustivo e da queda de folhas de várias árvores e arbustos. A ocorrência de queimadas diminui com a chegada das primeiras chuvas em setembro e outubro. Mas, até mesmo na estação de chuvas elas podem ocorrer, desde que haja uma seqüência de dias sem chuvas, chamada "veranico" (Coutinho 1990a; Coutinho, 1990b).

Entre os efeitos abióticos do fogo no cerrado, o mais imediato é a elevação da temperatura do ar e da camada superficial do solo. Sem dúvida, o fogo tem um papel ecológico de enorme relevância na ciclagem de nutrientes. A

biomassa epigeia é rapidamente mineralizada pela ação do fogo e as cinzas provocam uma súbita elevação no nível de nutrientes na superfície do solo. Pesquisas indicam que esses nutrientes não são lixiviados para profundidades além dos 20-30cm, favorecendo, principalmente, as plantas do estrato herbáceo. Parte dos nutrientes é perdida, após a queimada, para a atmosfera mas, há evidências de que eles acabam retornando ao solo, após três anos, pela ação da gravidade ou chuvas (Coutinho, 1990a; Coutinho, 1990b).

É possível que a transformação de formas mais densas de cerrado freqüentemente submetidas ao fogo, em formas mais abertas, esteja relacionada com a transferência de nutrientes para a superfície. "Quanto aos efeitos bióticos do fogo no cerrado, um dos mais notáveis é sua ação transformadora da fisionomia e estrutura da vegetação" (Coutinho, 1990a).

Entre outros efeitos do fogo, há aqueles relacionados com fases fenológicas da vegetação. São numerosas as espécies do estrato herbáceo/subarbustivo que iniciam a rebrota e até a floração logo após a passagem do fogo. Muitas árvores emitem novos brotos alguns dias após a queimada. Há várias espécies que dependem do fogo para florescer: na ausência de queimadas, ou elas não florescem, ou o fazem com menor intensidade e de forma não sincronizada. Há, ainda, evidências de que a ação do fogo favorece a dispersão anemocórica de sementes, já que a palha seca é eliminada, facilitando o deslocamento das mesmas. Resultados experimentais indicam que sementes de algumas espécies de cerrado podem germinar mais facilmente após súbita elevação de temperatura (Coutinho, 1990a; Coutinho, 1990b)

2.3 - REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DE DIFERENÇA NORMALIZADA

A viabilidade do sensoriamento remoto óptico em estudos da vegetação advém do fato de que folhas exibem um padrão peculiar de reflectância espectral nas regiões do visível (0.4 - 0.7 μm) e do infravermelho próximo (0.7 - 1.1 μm) do espectro eletromagnético. Assim, é possível distinguir coberturas vegetais de outros materiais da superfície terrestre, como por exemplo, água, solo nu, rochas, etc., com base em suas propriedades espectrais.

O comportamento espectral de coberturas vegetais é determinado principalmente pelos seus componentes fotossinteticamente ativos, entre os quais a folha é o principal. Na região visível do espectro eletromagnético, a reflectância da folha é baixa, em torno de 5%, devido à

grande absorção fotossintética da radiação pelos pigmentos foliares, principalmente as clorofilas, embora xantofilas, carotenóides e antocianinas também contribuam. No entanto, há uma pequena redução da absorção na região do verde, resultando num discreto pico de reflectância, com nível da ordem de 10%.

Na região do infravermelho próximo, a absortância é praticamente nula, ao passo que a reflectância é alta, em torno de 50%, determinada pela estrutura celular do mesófilo (Figura 2.3). A principal causa dessa alta reflectância é o espalhamento que ocorre graças à diferença entre os índices de refração do ar ($n = 1.0$) contido nos inúmeros espaços aéreos do mesófilo e nas paredes celulares hidratadas ($n = 1.4$) e, também, às irregularidades das paredes externas das células (Knipling, 1969; Tucker e Sellers, 1986; Gausman, 1985). Assim, a radiação infravermelha próxima que penetra na folha é em grande parte espalhada devido à combinação da reflexão celular interna e da diferença entre os índices de refração ar/parede celular. As propriedades espectrais das folhas são ainda influenciadas pela sua estrutura anatômica, idade, teor de água, estado nutricional, etc (Gausman, 1985; Guyot, 1990).

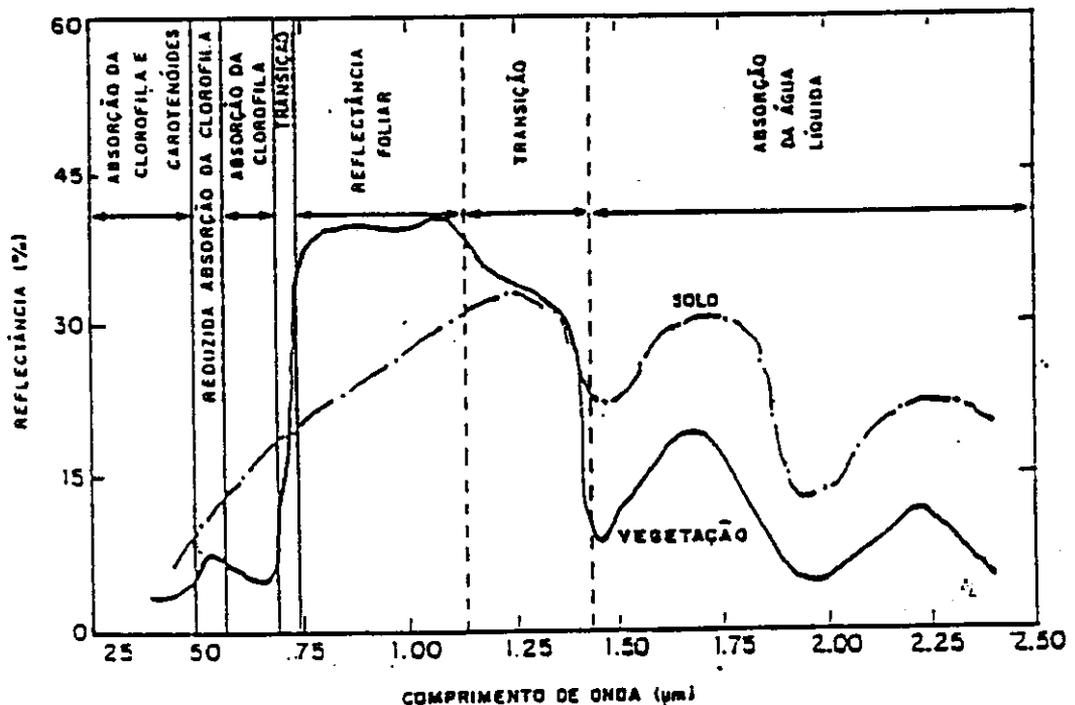


Fig. 2.3 - Reflectância espectral da vegetação e do solo. FONTE: adaptado de Hoffer (1978), p. 232.

O conhecimento da reflectância espectral de folhas individuais é, sem dúvida, essencial para a compreensão da reflectância espectral de dosséis vegetais. No entanto, não se pode aplicar diretamente o conhecimento de folhas em dosséis, pois há diferenças quantitativas e qualitativas entre os dois, resultando, geralmente, numa atenuação geral da reflectância nesses últimos (Knipling, 1969). A análise do comportamento espectral de dosséis é muito mais complexa, pois outros fatores devem ser considerados: propriedades espectrais das outras partes das plantas, influência da resposta do solo, elevação solar (variações anuais e diárias), cobertura de nuvens, aerossóis atmosféricos, além das características intrínsecas do dossel, como estrutura geométrica, orientação das fileiras de plantio (em dosséis agrícolas) e efeitos da atividade fisiológicas das plantas (Guyot, 1990).

Não obstante os efeitos atenuadores na reflectância de dosséis e a maior complexidade das interrelações entre os fatores nela envolvidos quando comparados com folhas individuais, verifica-se que em coberturas vegetais também ocorre uma grande absorção da energia radiante na região do visível, e uma grande reflexão na região do infravermelho próximo. Assim, para estudos de vegetação com dados dos sensores remotos em operação nas duas últimas décadas, esses intervalos espectrais - visível e infravermelho próximo - são os mais utilizados.

O sensor TM ("Thematic Mapper"), a bordo dos satélites 4 e 5 da série Landsat, adquire dados na região do visível em três bandas espectrais: azul, verde e vermelho; os sensores MSS ("Multispectral Scanner System") e o HRV ("Haute Résolution Visible"), a bordo dos satélites da série Landsat (1, 2, 3 e 4) e SPOT, respectivamente, possuem duas bandas no visível: verde e vermelho. O sensor AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer"), a bordo dos satélites da série NOAA, tem uma banda no intervalo visível: vermelho. Todos eles possuem uma banda correspondente ao infravermelho próximo, exceto o MSS, que possui duas (Tabela 2.1). Embora todas as bandas do visível sejam potencialmente aplicáveis em estudos de vegetação, aquela correspondente ao vermelho é a mais empregada, pois nesse intervalo espectral a atenuação atmosférica é menor do que nas outras (Tabela 2.1).

Como a reflectância espectral da vegetação nas regiões do visível e do infravermelho próximo é determinada principalmente pela concentração de clorofila e pela estrutura interna da folha, é possível relacionar os dados de sensoriamento remoto obtidos nesses intervalos com alguns parâmetros de vegetação: índice de área foliar,

fitomassa total, fitomassa foliar, taxa de crescimento, produtividade primária líquida, entre outros.

Constatou-se que melhores correlações entre medidas de reflectância espectral de coberturas vegetais e determinados parâmetros de vegetação ocorrem não com bandas espectrais individuais, mas sim mediante combinações entre elas, principalmente as razões (Tucker, 1979). Através das razões entre bandas, atenua-se efeitos de relevo, extrínsecos à própria vegetação e, portanto, indesejáveis, além de aumentar o contraste entre a vegetação verde e o solo (Goward et al., 1985; Tucker et al., 1985).

TABELA 2.1 - PARÂMETROS DOS SISTEMAS MSS/LANDSAT, TM/LANDSAT E AVHRR/NOAA.

Parâmetros	MSS/Landsat	TM/Landsat	AVHRR/NOAA
Ciclo de Cobertura	18 dias	16 dias	9 dias
Largura da faixa imageada	185 Km	185 Km	2.700 Km
Resolução no terreno	80 m	30 m	1.1 km
Quantização	7 bits	8 bits	10 bits
Horário de cruzamento com Equador	9:15 H	9:45 H	7:30 H 19:30 H * 02:30 H 14:30 H**
Canais Espectrais			
Banda 1		0.45 - 0.52	0.58 - 0.68
Banda 2		0.52 - 0.62	0.725 - 1.1
Banda 3		0.63 - 0.69	3.55 - 3.95
Banda 4	0.5 - 0.6	0.76 - 0.90	10.30 - 11.30
Banda 5	0.6 - 0.7	1.55 - 1.75	11.50 - 12.50
Banda 6	0.7 - 0.8	10.4 - 12.5	
Banda 7	0.8 - 1.1	2.08 - 2.35	

* NOAA 6,8,10,12

**NOAA 7,9,11

FONTE: Adaptada de KIDWELL (1991), p. 3.1 e GUYOT (1989), p.138.

Entre as razões de bandas, as mais freqüentemente empregadas são: a razão simples (IV) e o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN):

$$IV = IVP/VERM$$

$$IVDN = (IVP - Verm) / (IVP + Verm),$$

onde "IVP" = sinal do canal infravermelho próximo,
"Verm" = sinal do canal vermelho.

Esses dois índices de vegetação demonstraram sensibilidade às variações de fitomassa foliar e às variações da área foliar (Tucker, 1979; Tucker et al., 1981). Antunes et al. (1993) encontraram altos valores de correlação entre variáveis agronômicas e índices de vegetação em cultivos de soja. Pereira (1986) encontrou correlação linear entre medidas de fitomassa foliar fresca obtidas em campos cerrados e alguns índices de vegetação obtidos através de radiometria de campo.

Assim, já que esses índices espectrais de vegetação se prestam às medidas de parâmetros da vegetação relacionados à presença de clorofila, e esses mesmos parâmetros são indicadores de diferentes fenofases da vegetação, o cálculo dos mesmos, através de dados coletados por sensores remotos torna-se apropriado em estudos fitofenológicos.

2.4 - O SISTEMA AVHRR/NOAA

Os satélites meteorológicos da série NOAA possuem características marcadamente distintas dos outros sistemas multiespectrais de sensoriamento remoto. Essas dizem respeito às resoluções espectral, radiométrica e espacial, e também à faixa do terreno imageada a cada passagem, frequência de cobertura e ao horário de passagem (Tabela 2.1).

Os intervalos espectrais das bandas do AVHRR são diferentes daqueles dos sistemas MSS e TM, já que foram selecionados primariamente para observação meteorológica. No entanto, a inclusão de uma banda correspondente ao vermelho, a partir do NOAA-6 em 1979 (os anteriores tinham uma banda mais larga, abrangendo todo o espectro visível) e a existência de uma banda correspondente ao infravermelho próximo, tornou esse sistema adequado também para os estudos da cobertura vegetal.

A área imageada a cada cobertura e a frequência de imageamento de um mesmo local foram, entretanto, as variáveis que introduziram novas perspectivas ao estudo da vegetação com dados orbitais. A largura da faixa imageada - 2.700 Km - possibilita a obtenção de dados espectrais de áreas em escala continental adquiridos quase simultaneamente. Uma mesma região é imageada 1 vez ao dia (e 1 a noite) por cada um dos satélites NOAA. Como existem sempre dois deles operacionais, esta frequência é dobrada. Para que se imageasse a mesma área com dados Landsat seriam necessárias várias centenas de imagens, adquiridas ao longo de até 16 ou 18 dias. A alta frequência AVHRR de imageamento permite monitorar aquelas alterações na

vegetação que ocorrem em curtos intervalos de tempo, como, por exemplo, o rápido crescimento das plantas em resposta a ocorrência de chuvas nas regiões semi-áridas. Tal evento dificilmente seria acompanhado com os sensores do Landsat. A Figura 2.4 mostra, a título de exemplo, o traço sub-orbital do NOAA-11 em 3 dias consecutivos.

2.4.1 - GERAÇÃO DE PRODUTOS

Um dos produtos padrão do AVHRR, resultante de dados coletados diariamente de todo o planeta, é o GAC ("Global Area Coverage") representando elementos de resolução de 4 X 5 Km, obtidos pela média de 4 píxeis de alta resolução consecutivos em uma mesma linha e amostrados a intervalos de 1 coluna e 3 linhas. Esse produto é gerado pelo processamento, a bordo, dos dados LAC ("Local Area Coverage") com elementos de resolução de 1.1 X 1.1 Km, no nadir. Um outro produto é gerado posteriormente pela NOAA, desde 1982, a partir dos dados GAC: o GVI ("Global Vegetation Index"), com elementos representando uma resolução de 15 Km no equador (Kidwell, 1990; Kidwell, 1991).

Os dados GVI são gerados por uma dupla amostragem dos dados GAC: espacial e temporal. Rotineiramente calcula-se o IVDN para os dados GAC. Esses dados são então mapeados numa grade em projeção polar estereográfica. Seleciona-se, em seguida, de um dado conjunto de 4 X 4 píxeis GAC correspondentes a um dado píxel GVI, aquele com o maior valor IVDN dentro da coleção temporal de dados. O valor do píxel GAC selecionado passa, então, a ser representativo daquele píxel GVI. Esse processo é repetido para cada célula da grade GVI, reduzindo drasticamente os efeitos indesejáveis da cobertura de nuvens, já que os píxeis "contaminados" são descartados durante a amostragem (Malingreau, 1986).

A maioria dos trabalhos em fenologia e dinâmica da vegetação, conforme apresentado a seguir, utiliza-se de composições GVI que representam uma resolução de 15 Km. É possível, no entanto, a geração de produtos com, p. ex., 8 Km de representatividade.

A escolha do intervalo de tempo para geração do produto GVI depende da região de interesse e do fenômeno que se deseja observar. Assim, nas regiões com alta frequência de cobertura de nuvens, como nas equatoriais, é recomendável um intervalo de 2 ou 3 semanas, aumentando a probabilidade de obtenção de píxeis sem sinais provenientes de nuvens. Nas regiões de vegetação decídua, semi-decídua ou sempre-verde, composições GVI-mensais são adequadas. Já

em áreas agrícolas tropicais, as alterações fenológicas podem ser mais rápidas do que nas regiões temperadas, requerendo portanto composições GVI bi ou tri-semanais (Malingreau, 1986).

Produtos GVI, obtidos em intervalos semanais, tri-semanais e mensais, têm sido amplamente utilizados em estudos da dinâmica e fenologia da vegetação em escalas regional, continental e mesmo global, conforme exemplos nos itens seguintes. Freqüentemente, denominam-se composições IVDN, acrescidas do intervalo de tempo de amostragem.

A vantagem de se analisar composições GVI, além daquelas já discutidas com respeito à eficiência do IVDN na correlação com atributos da vegetação, à extensão da área imageada e à alta freqüência de aquisição de dados é, sem dúvida, a redução quase total dos efeitos da cobertura de nuvens, um dos principais problemas encontrados nas imagens Landsat. Entretanto, vários problemas e limitações têm sido levantados em relação a esses produtos: a super-estimação da fitomassa; os efeitos atmosféricos que dificultam a comparação entre imagens; etc. (Holben, 1986).

2.5 - SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL E FITOFENOLOGIA

A maior parte dos trabalhos em fitofenologia refere-se a uma ou poucas espécies de determinados ecossistemas. As áreas estudadas são sempre pequenas porque requerem a presença do pesquisador no campo. Estudos sistemáticos dessa natureza, abordando toda a comunidade vegetal dos principais ecossistemas terrestres, demandam freqüência de observação impossível de ser feita *in locu*. Neste cenário, o sensoriamento remoto orbital desponta como um meio plausível de observação regular que coleta dados de áreas em escala regional, continental, ou mesmo global, em intervalos de tempo compatíveis com a ocorrência dos eventos fitofenológicos. Ressalta-se que com os sistemas sensores orbitais em operação, estudos fitofenológicos restringem-se a observação da fitomassa fotossinteticamente ativa e quantificação de parâmetros a ela relacionados. Assim, é possível acessar informações sobre brotação, senescência e morte das folhas, mas tem sido impossível até o momento, o registro de outras fenofases, como germinação, floração, frutificação, dispersão de sementes, etc.

2.5.1 - APLICAÇÕES DOS DADOS AVHRR EM FITOFENOLOGIA

A seguir, é apresentada uma revisão da literatura onde são abordados trabalhos que utilizaram dados

AVHRR/NOAA em fitofenologia. Há, no entanto, pesquisas em fenologia da vegetação utilizando radiômetros de campo (Tucker, 1979; Tucker et al., 1981; Aase e Siddoway, 1980), e imagens do sistema Landsat (Ashley e Rea, 1975; Blair e Baumgardner, 1977), as quais não serão aqui abordadas por diferirem do material empregado neste trabalho que são as imagens AVHRR.

Tucker e Gatlin (1984) confirmaram a viabilidade da utilização dos dados AVHRR no monitoramento da dinâmica da vegetação. Esses pesquisadores utilizaram 15 imagens com resolução espacial 1.1 Km, do NOAA-6 e NOAA-7 (Tabela 2.1). Através da razão IVDN, acompanharam a variação da fitomassa fotossinteticamente ativa durante o período maio-novembro de 1981, na região do delta do rio Nilo, Egito. A vegetação local era constituída inteiramente por cultivos agrícolas irrigados (algodão, milho e trigo, principalmente). Os canais termais 4 (NOAA-6 e 7) e 5 (NOAA-7) foram empregados na detecção e delineamento de nuvens, resultando numa "máscara" posteriormente sobreposta às imagens IVDN. Desta forma foi possível isolar, pela diferença de temperatura, aqueles píxeis contaminados com sinais provenientes da cobertura de nuvens, desconsiderando-os na obtenção do IVDN. Pela comparação das imagens, verificou-se um aumento contínuo da fitomassa verde no verão, desde junho até agosto, após o que, o índice de vegetação decresceu paulatinamente até outubro, época da colheita. Este estudo permitiu o acompanhamento fenológico do crescimento dos cultivos em uma situação particular (irrigação), já que o suprimento hídrico da vegetação não estava sujeito às variações da precipitação local. No entanto, os índices de vegetação obtidos não foram analisados quantitativamente, pois as imagens não haviam sido corrigidas nem em relação aos efeitos atmosféricos, nem em relação à diferença do horário de imageamento entre os dois satélites.

Vários estudos fitofenológicos desenvolveram-se posteriormente, utilizando seqüências temporais de composições IVDN. O período de observação tem variado de alguns meses a vários anos. Intervalos inferiores a um ano são mais empregados para as regiões temperadas, correspondendo ao período de crescimento da vegetação. Intervalos de um ano são utilizados para observações fenológicas nas regiões intertropicais, nas quais a atividade fotossintética nunca é interrompida. Intervalos superiores a um ano são escolhidos quando da análise das variações interanuais da cobertura vegetal.

Basicamente, quatro abordagens metodológicas distintas podem ser feitas conjunta ou individualmente a partir das composições IVDN:

1) comparação entre imagens e geração de mapas: para uma dada região, geralmente em escala continental, as imagens IVDN de uma sucessão temporal são interpretadas e comparadas entre si. As observações das variações espaciais do IVDN são essencialmente qualitativas. Frequentemente são gerados mapas da região, cada um deles correspondendo a um sub-período de observação. Atribui-se a cada intervalo IVDN, uma cor diferente. Exemplos de aplicação dessa abordagem são encontrados nos seguintes trabalhos: Tucker et al. (1985); Townshend e Justice (1986); Henricksen (1986); Justice e Hiernaux (1986); Hielkena et al. (1986); Prince e Tucker (1986); Tucker et al. (1986); Lloyd (1990);

2) obtenção de curvas IVDN-temporal: algumas áreas-teste (geralmente três), representativas da vegetação do bioma de interesse, são escolhidas. É feita, a seguir, uma amostragem correspondente a cada uma das áreas, frequentemente de 3 X 3 píxeis GAC. Calcula-se o IVDN médio para cada amostra, em cada imagem de uma sucessão temporal. O valor de IVDN médio de cada amostra é então plotado num gráfico em função do tempo, geralmente medido em dias ou meses. Essa metodologia permite análise qualitativa e quantitativa da variação do IVDN, ao longo do período de observação. É possível, p. ex., identificar o período de crescimento da vegetação. Exemplos de utilização dessa abordagem são apresentados adiante;

3) obtenção de curvas IVDN-temporal conjuntamente com dados meteorológicos: na curva IVDN-temporal, adicionam-se informações sobre a variação das medidas de parâmetros meteorológicos, tais como precipitação e temperatura referentes à mesma região para, posteriormente, estabelecer-se relações entre as variações do IVDN e do clima. Geralmente, essas medidas são as médias mensais. Na ausência de dados meteorológicos obtidos nos mesmos períodos de imageamento, utilizam-se dados da literatura, em geral calculados sobre a média de vários anos de observação; Exemplos de utilização dessa abordagem são apresentados adiante;

4) Cálculo de produtividade primária líquida e geração de mapas de classificação da vegetação: em áreas amostrais, correspondendo, geralmente, a 2 X 2 píxeis GAC, calcula-se, por integração, a área abaixo da curva IVDN-temporal, obtendo-se assim valores relativos de produtividade líquida da vegetação. Esta mesma integração pode ser feita para todos os elementos da imagem, gerando, assim, mapas de classificação da cobertura vegetal. Exemplos de utilização dessa abordagem são encontrados em Tucker (1985) e Justice et al. (1986).

A revisão de literatura que se segue prioriza a segunda e terceira abordagem metodológica descrita acima, já que elas estão mais relacionadas com o trabalho proposto. Exemplos de utilização da primeira abordagem metodológica descrita podem ser encontrados em Justice et al. (1985); Goward et al. (1985); Tucker et al. (1985); Henricksen (1986); Justice e Hiernaux (1986); Hielkena et al. (1986); Prince e Tucker (1986); Tucker et al. (1986); Lloyd (1990). Trabalhos nos quais foram aplicadas a quarta abordagem descrita podem ser exemplificados por Tucker (1985) e Justice et al. (1986).

2.5.1.1 - CURVAS IVDN-TEMPORAL

Curvas IVDN-temporal foram traçadas para diversos desertos e semi-desertos do mundo. Em geral, elas exibem baixos valores IVDN, em torno de 0.1, ao longo do ano (Figura 2.4). Esses resultados foram explicados pelo pequeno porte e distribuição rarefeita da vegetação de desertos, em decorrência da escassez quase permanente de água.

Vegetação campestre, principalmente na região do Sahel, ao sul do Saara africano, foi objeto de vários estudos. As curvas IVDN obtidas mostraram claramente o período de crescimento da vegetação, coincidindo com a época de chuvas (junho a setembro). Nesta região, a vegetação varia com gradiente norte-sul segundo a influência decrescente da aridez do deserto. Justice et al. (1985) analisaram amostras IVDN de 3 transectos norte-sul em diferentes longitudes (10° W, 10° E e 30° E). Várias amostras foram analisadas ao longo de cada transecto e, para cada uma delas, traçou-se a curva IVDN-temporal (abril/1982 a fevereiro/1983). Constatou-se que, conforme a diminuição da latitude (maior distância do Saara), os picos IVDN aumentaram tanto em amplitude quanto em duração nos 3 transectos, refletindo o aumento da precipitação neste sentido. O mesmo gradiente norte-sul foi constatado por Tucker et al. (1985) para duas localidades no Sahel. Outras curvas IVDN temporal para localidades nessa região são apresentadas por Towshend e Justice (1986) e por Justice e Hiernaux (1986).

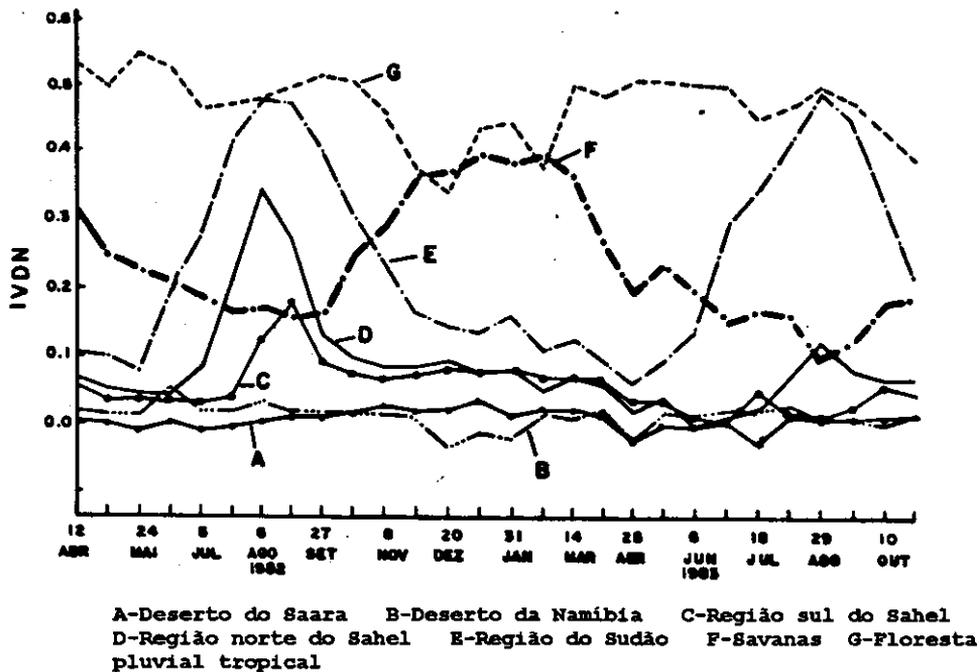


Fig. 2.4 - Variação do IVDN entre abril/1982 e nov/1983 em sete regiões da África.

FONTE: Adaptada de Tucker et al. (1985), p.227.

Uma curva IVDN temporal foi traçada para uma região de savana no Sul da África por Tucker et al. (1985). Observaram-se grandes variações sazonais ao longo dos quase dois anos de pesquisa. O aumento da fitomassa ocorreu entre os meses de setembro e abril com pico em janeiro. Tais observações estiveram de acordo com as variações dos parâmetros climáticos obtidos pela média de 30 anos em regiões similares na África.

Três curvas foram obtidas para uma região de savanas sul-americanas (cerrado do Mato Grosso, Brasil): os valores IVDN mantiveram-se altos (em torno de 0.5) durante a maior parte do ano de observação (abril/1982 a março/1983). Declínio pronunciado no IVDN ocorreu entre julho e setembro, período de estiagem naquela região (Justice et al., 1985).

Para a caatinga, no nordeste brasileiro, Justice et al. (1985) traçaram 3 curvas IVDN-temporal. Observou-se grande amplitude nos valores IVDN: altos entre fevereiro e maio (em torno de 0.45) e próximos de 0.1 nos meses de seca (julho a janeiro), em 1 ano de observação (abril/1982 a março/1983).

As florestas temperadas do hemisfério norte têm comportamento fenológico bastante conhecido: a sazonalidade das diversas fenofases (brotamento, senescência e abscisão das folhas) é bem definida ao longo do ano. As curvas IVDN relativas à cobertura vegetal desses ecossistemas refletiram a fenologia das mesmas, ou seja, o IVDN aumentou durante a estação de crescimento (primavera e verão) e decresceu a partir do outono, conforme verificado para a floresta temperada de Tian Shan Range (China) e do Himalaia (Índia) (Malingreau, 1986) e para as florestas decíduas de New Haven, Canadá (Goward et al., 1985) .

As curvas IVDN relativas às florestas tropicais pluviais da América do Sul, África e Ásia mostraram sempre altos valores IVDN ao longo do ano, geralmente entre 0.25 e 0.5. Constatou-se no entanto, uma sazonalidade não esperada nos IVDNs em florestas tropicais pluviais da África e do sul da Ásia, conforme relatado por Tucker et al. (1985), Malingreau (1986) e Townshend e Justice (1986).

Segundo Malingreau (1986), a distribuição dos picos IVDN constatados na floresta tropical pluvial em Bornéu é aparentemente randômica e difícil de ser explicada. Este autor levantou a possibilidade de tais variações estarem associadas de fato à fenologia da vegetação, já que padrões temporais de brotação, floração e frutificação têm sido identificados em florestas tropicais pluviais. Ocorre que a duração dessas fenofases é diferente daquela das florestas temperadas, manifestando-se assincronicamente nos diversos estratos do dossel. A periodicidade dos eventos fenológicos, no entanto, ainda não é bem conhecida nesses ecossistemas. Além disso não se sabe se tais variações são suficientemente intensas a ponto de se tornarem perceptíveis numa resolução espacial de 15 Km.

Tucker et al. (1985) atribuíram a variação sazonal do IVDN da floresta tropical pluvial (Zaire) (Figura 2.4) às variações da fitomassa da própria floresta em resposta ao padrão de precipitação. Esses autores ponderaram que a grande maioria das florestas tropicais pluviais africanas são relativamente mais secas do que aquelas de outros continentes, recebendo entre 1600 e 2000 mm de chuva anualmente.

Townshend e Justice (1986) admitem duas possíveis explicações para as consideráveis flutuações sazonais do IVDN, entre janeiro/1984 e janeiro/1985, observadas também na floresta pluvial tropical do Zaire: ou elas se devem a reais variações na atividade das folhas ou então a fatores extrínsecos à vegetação, como p.ex., as condições atmosféricas no momento do imageamento.

As curvas IVDN relativas às florestas tropicais pluviais da Amazônia e à mata atlântica na Bahia mostraram altos IVDN ao longo do ano de observação (Justice et al., 1985). Não foram mencionadas eventuais sazonalidades no comportamento dessas curvas.

Goward et al. (1985) identificaram, mediante a comparação entre as curvas IVDN, as coberturas vegetais dos principais ecossistemas da América do Norte que não interromperam sua atividade fotossintética ao longo do período de observação (abril a novembro/1982), daquelas em que tal interrupção ocorreu. Em relação às primeiras, as curvas sugerem que a atividade fotossintética estende-se aos meses de inverno. Em relação às segundas, notou-se aumento do IVDN na primavera e declínio no outono, bem como aumento da magnitude e duração das medidas de verão, conforme o decréscimo da latitude.

A análise de curvas IVDN-temporal só pode ser feita com segurança quando a distribuição da vegetação é bem conhecida na área de interesse. A presença de cultivos agrícolas pode modular a curva IVDN da vegetação natural, "mascarando" o comportamento fenológico da última. Malingreau (1986) constatou pronunciada sazonalidade na curva IVDN relativa a uma área de floresta pluvial tropical em Ghana, atribuída em parte à presença de cultivos - embora não tenha descartado a possibilidade da ocorrência de alterações fenológicas na floresta em si- ou aos efeitos atmosféricos. Goward et al. (1985) assinalaram que padrões temporais de IVDN em áreas agrícolas estão relacionados com o calendário de plantio e crescimento dos cultivos, o qual pode diferir da fenologia da vegetação natural da região. Plantações de milho e soja em Indiana (E.U.A) e de trigo de primavera, em Dakota do Norte (E.U.A), p. ex., desenvolvem-se depois da vegetação natural; mas, no entanto, entram, antes dela em senescência (ou são colhidas).

Santos e Shimabukuro (1993) utilizaram imagens índice de vegetação, sob a forma de composições mensais (janeiro a dezembro de 1990) geradas a partir de dados GAC para monitorar a fenologia dos cerrados. Os autores selecionaram 19 áreas de estudo, sendo 10 delas representativas de cerrado *strictu sensu* e cerradão, e as restantes relativas às fisionomias campestres (campo cerrado, campo limpo e campo sujo). Amostras de 3 X 3 píxeis foram monitoradas em cada área. Posteriormente calcularam-se as médias mensais do IVDN para as duas classes de vegetação analisadas. Os resultados obtidos foram então, comparados com dados de precipitação do mesmo período. Traçaram-se duas curvas-IVDN, uma para cada classe de vegetação e em ambas verificaram-se comportamento em "função senoidal" coerentes com as variações sazonais da

disponibilidade de água (Figura 2.5). Os autores constataram que o IVDN foi sensível, inclusive, a um evento excepcional de deficiência hídrica durante os 10 primeiros dias de fevereiro, época das chuvas.

Embora os produtos IVDN gerados através de composições geralmente tri-semanais dos dados GVI reduzam consideravelmente os píxeis contaminados por nuvens, constatou-se que em alguns casos, principalmente nas regiões tropicais, a presença de nuvens pode ser persistente a ponto de causar súbitos e inesperados declínios nos valores IVDN. Esse problema foi assinalado por Goward et al. (1985) em uma floresta de pinus no sul da Califórnia, E.U.A. e por Justice et al. (1985), Batista et al. (1993).

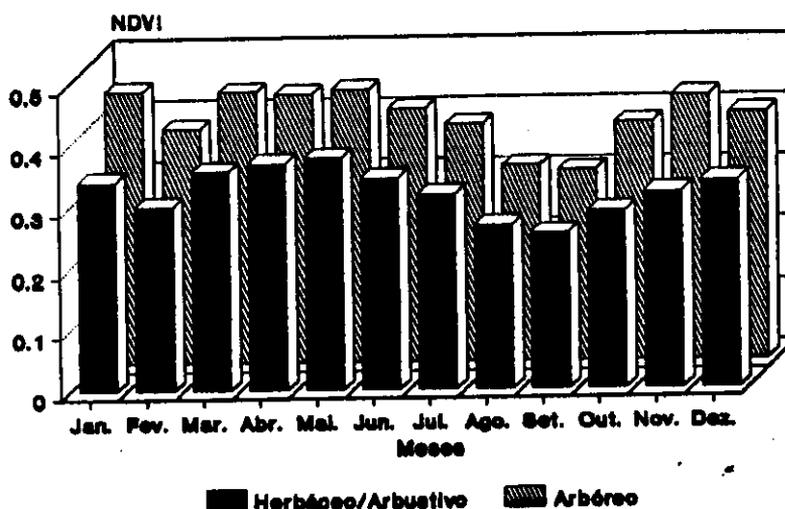


Fig 2.5 - Comportamento IVDN para os cerrados brasileiros em 1990.

FONTE: Santos e Shimabukuro (1993), p. 255.

2.5.1.2 - CURVAS IVDN-TEMPORAL E DADOS METEOROLÓGICOS

A fenologia ocupa-se não somente com a ocorrência de eventos biológicos repetitivos, mas também com suas causas, sejam elas de origem biótica ou abiótica. Para a vegetação terrestre o clima é o principal fator exógeno determinante tanto de sua distribuição nos continentes, quanto do desencadeamento de eventos fenológicos. Assim, a quantificação de parâmetros ambientais é extremamente importante para o estabelecimento de possíveis relações de causalidade entre eles e as fenofases da vegetação. Lieth (1970) afirma que muitos

estudos fenológicos implicam em correlação dos eventos observados ou medidos com fatores ambientais selecionados e medidos independentemente. Trabalhos, relacionando quantitativamente alguns parâmetros meteorológicos, particularmente a precipitação, com curvas IVDN-temporal, foram desenvolvidos, conforme apresentado a seguir.

Goward et al. (1985) obtiveram medidas IVDN e registros de precipitação e temperatura para duas localidades: Point Barrow, Alasca e Phoenix, Arizona. Os dados foram plotados num mesmo gráfico (Figura 2.6). Em Point Barrow, o IVDN ultrapassou o valor zero somente depois da metade de junho, quando a temperatura superou 0⁰ C, condição essencial para o crescimento da vegetação. Em Phoenix, as temperaturas regionais são sempre superiores ao ponto de congelamento, mas a disponibilidade de água foi o fator limitante no desenvolvimento da vegetação. A curva IVDN seguiu a sazonalidade da precipitação, com baixos valores na estação seca (abril a julho) e valores maiores no final do verão, quando as chuvas aumentaram.

Dados de precipitação média mensal obtidos da literatura foram também plotados juntamente com medidas de IVDN extraídas de amostras de 2 X 2 píxeis GAC, relativas às áreas selecionadas no sudeste da Ásia (Justice et al., 1985). Na seleção dessas áreas levou-se em conta a proximidade delas com estações de medidas climatológicas. Para algumas localidades, as curvas apresentaram o mesmo padrão, com um atraso dos picos IVDN em relação aos maiores valores médios mensais de precipitação. Esse atraso representa justamente o lapso de tempo necessário para que a vegetação possa responder, mediante o aumento da biomassa, ao aumento do suprimento hídrico. Para outras localidades, constatou-se, por exemplo, aumento vultoso da biomassa, não antecedido, porém, por correspondente aumento de precipitação. Deve-se levar em conta que os dados de precipitação foram médias de vários anos de observação, e não retratando, necessariamente a distribuição e o montante de chuvas mensais durante o período de coleta de dados AVHRR.

Nessa abordagem, deve-se alertar não somente para a dificuldade em se relacionar valores de IVDN com dados meteorológicos extraídos de médias de vários anos de observação mas também para o fato de que nem sempre a precipitação é o principal fator limitante do crescimento da vegetação. Dependendo do local examinado, outros parâmetros ambientais são igualmente ou até mais importantes, como, por exemplo, a temperatura, fotoperíodo, etc.

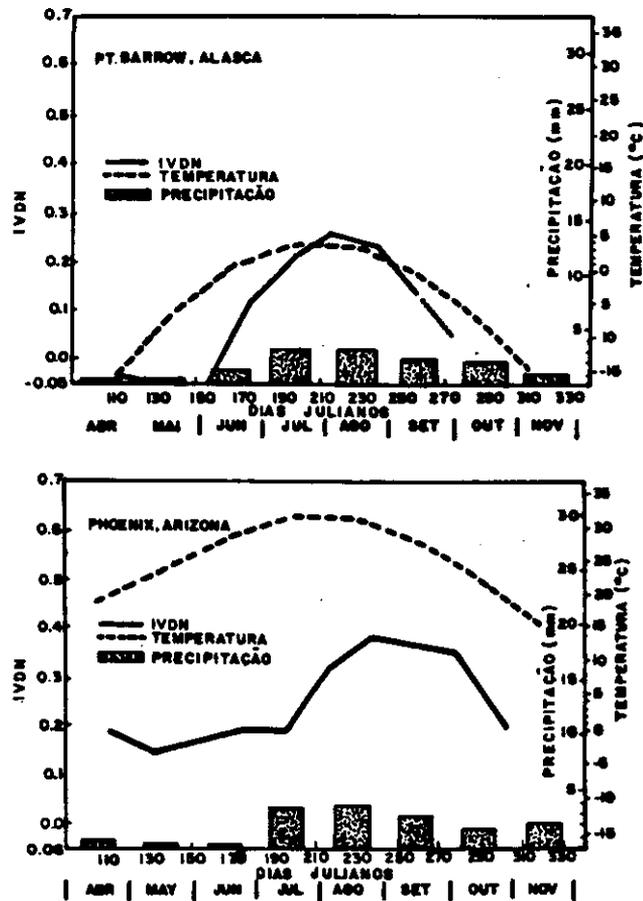


Fig. 2.6- Curvas IVDN-temporal e dados meteorológicos.
FONTE: Goward et al. (1985), p.10.

Em condições de semi-aridez, como verificado nas extensas formações arbustivas de *Acacia sp* e *Commiphora sp* no leste africano, a precipitação é o principal determinante da distribuição e do crescimento daquela vegetação. Justice et al. (1986) encontraram uma correspondência estreita entre precipitação e resposta IVDN, associada ao crescimento e à senescência daquela vegetação. As curvas obtidas para diferentes localidades refletiram também diferenças ambientais locais, já que a distribuição e o montante de chuvas não são uniformes naquela região. Nesse ecossistema, o crescimento da vegetação apresenta a peculiaridade de responder a pequenos índices de precipitação. Portanto, o intervalo mensal para obtenção do IVDN não foi adequado para examinar a resposta da vegetação aos curtos eventos de chuvas. Os autores sugerem a utilização de intervalos menores para a composição do IVDN.

Deve-se atentar para a existência de áreas agrícolas na região de estudo, as quais podem modificar as curvas IVDN. Justice et al. (1985) observaram dois picos de IVDN relativos a uma área agrícola em Delhi, embora os dados de precipitação média mensal indicassem uma única estação de chuvas. Verificou-se que havia duplo padrão de cultivo na região: o arroz e o milho tinham sua biomassa máxima coincidindo com a estação chuvosa; e o trigo, cultura irrigada, foi responsável pelo outro pico.

Outros trabalhos relacionando IVDN com parâmetros meteorológicos são encontrados em: Hielkena et al. (1986); Hiernaux e Justice (1986); Henricksen (1986); Henricksen e Durkin (1986).

CAPÍTULO 3

MATERIAL

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida foi o Parque Nacional das Emas (PNE), localizado no Planalto Central brasileiro, domínio morfoclimático dos cerrados, segundo classificação de Ab'Saber (1971). Situa-se no município de Mineiros, extremo sudoeste do estado de Goiás, entre as latitudes 17°49' e 18°28' S e as longitudes 52°39' e 53° 10' W. (Figura 3.1). A área do Parque é estimada em 131.868 ha (IBAMA, 1989).

Seu clima é sazonal tropical. A temperatura média anual varia entre 22° a 24° C, com máximas absolutas entre 36° e 38° C, e mínimas absolutas entre -4° e 0°C. A pluviosidade anual atinge entre 1500 e 1750 mm, mas sua distribuição não é homogênea, pois há uma estação, marcadamente seca, com cerca de três meses de duração (junho a agosto). O relevo é suave ondulado, variando em altitude de 650 a 1000 m. A rede de drenagem na área do Parque é formada pelos rios Formoso, Jacuba e seus tributários (IBAMA, 1989; IBDF, 1978).

A vegetação é típica de cerrados, com predomínio das fisionomias de campos limpos e campos sujos (Figura 3.2) Há, no entanto, registro dos outros gradientes de cerrado *latu sensu*: campo cerrado, cerrado *stritu sensu* e cerradão (IBDF, 1989). A área do Parque inclui ainda Mata Ciliar, Campo Úmido, Veredas e Mata Mesófila.

O PNE é atingido com frequência por incêndios de origem antrópica que muitas vezes queimam a quase totalidade de sua cobertura vegetal, como por exemplo, aqueles verificados em 1966, 1978, 1985, 1988 e 1991. No início de agosto/92, dentro portanto, do período de observação desse trabalho, ocorreu nova queimada, abrangendo cerca de 25% da área do Parque (Fernandes, 1993).

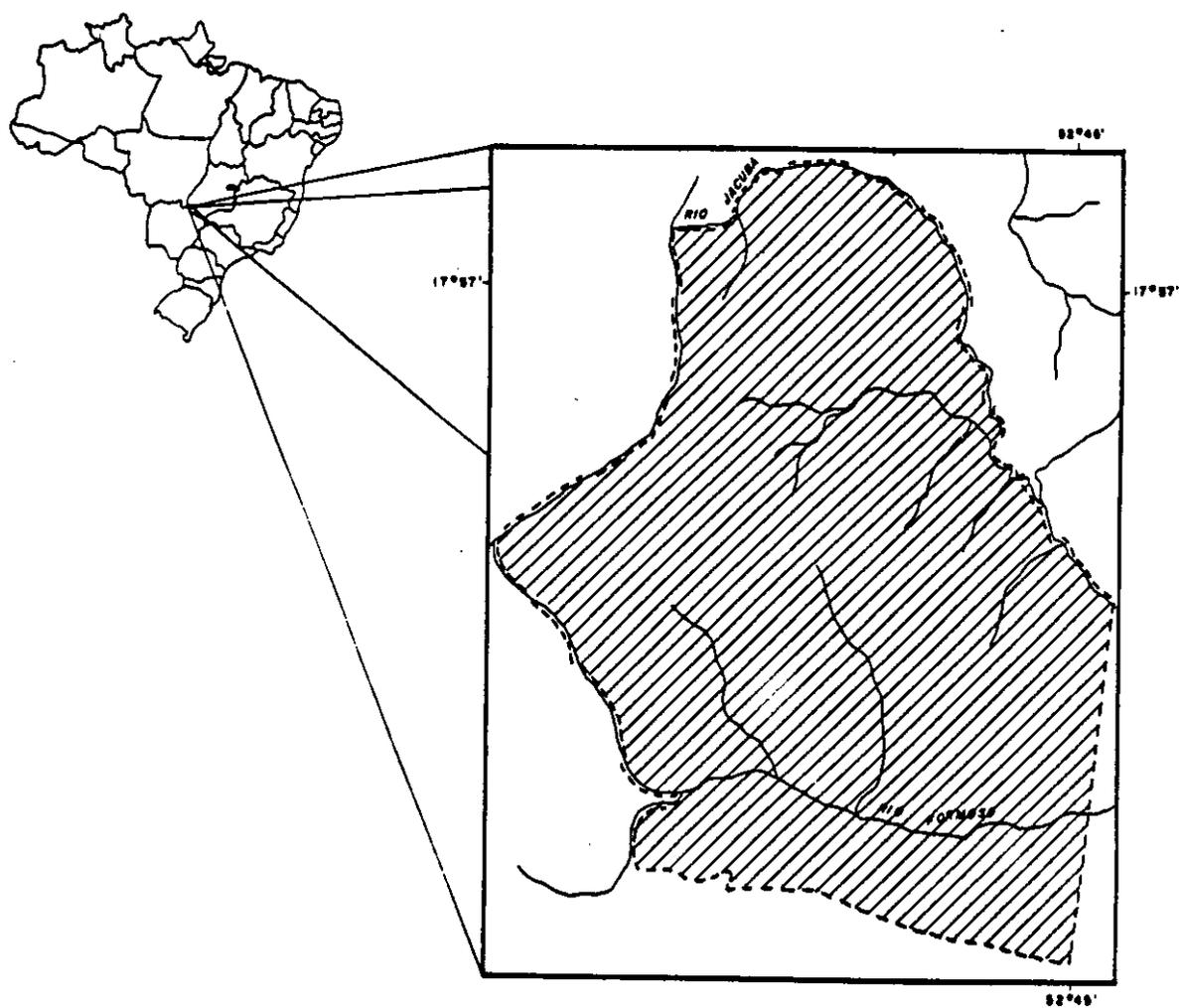


Fig. 3.1 - Localização do Parque Nacional das Emas.
FONTE: IBAMA (1994), p. 7.



(a)



(b)

Fig. 3.2 - Aspecto geral da cobertura vegetal do Parque Nacional das Emas em setembro/1993: (a) campo limpo, área não-atingida pela queimada de agosto/92; (b) campo limpo, área atingida pela queimada de agosto/1992.

3.2 - PRODUTOS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes produtos para o desenvolvimento do trabalho:

- a) imagens digitais AVHRR/NOAA-11, passagens vespertinas, bandas 1, 2 e 3, no modo HRPT ("High Resolution Picture Transmission"), com resolução de 1.1 Km no nadir, gravadas em fitas "streamers" no INPE de Cachoeira Paulista-SP durante o período 01/06/1992 a 30/11/1993.

As fitas foram enviadas ao INPE de São José dos Campos, onde se fez a transferência dos dados para disco ótico;

- b) imagem TM-Landsat, órbita/ponto 224/73 B+, em papel fotográfico, composição colorida das bandas 3, 4 e 5 (BGR), escala 1:100.000, gravada pelo INPE/Cuiabá em 11/07/1993;

- c) cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), escala 1:100.000:

Folha Parque Nacional das Emas:	SE-22-Y-A-III
Folha Baús:	SE-22-Y-A-II
Folha Mineiros:	SE-22-V-C-VI

3.3 - DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados diários de precipitação, bem como os totais mensais do período de 01/01/92 a 31/12/93, apresentados na Tabela 3.1 e na Figura 3.3 foram coletados pela estação climatológica 83464 (Jataí-GO), situada a 17°35' de latitude S e 51°43' de longitude W, a cerca de 120 Km do PNE, sob responsabilidade do INEMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

TABELA. 3.1 - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA EM 1992 E 1993 NA ESTAÇÃO JATAÍ-GO

1992

Mesmo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agos	Set	Out	Nov	Dez
1	15.4	73.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8	23.4	1.3	0.0
2	0.0	13.8	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	4.2	18.8	4.8
3	5.4	8.7	58.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.3	36.8	0.0
4	1.3	0.0	0.0	7.2	18.2	0.0	0.0	0.0	0.2	20.0	43.0	18.8
5	42.3	11.3	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	1.8	4.8
6	0.0	19.8	4.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0
7	0.0	0.1	0.0	21.4	0.0	0.0	8.1	0.0	0.5	14.4	0.0	0.0
8	0.0	2.3	18.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	4.8
9	0.5	0.0	27.1	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	2.0	0.0
10	0.0	32.1	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.8
11	0.0	22.2	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.8	8.7
12	18.7	18.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	8.4	1.8	1.8
13	7.8	0.7	0.3	31.8	1.8	0.0	0.0	0.0	83.2	2.4	1.4	0.0
14	10.2	3.8	4.0	38.0	5.8	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0
15	11.8	0.0	28.2	1.2	3.2	0.0	0.0	0.0	5.8	8.8	8.2	0.0
16	41.3	1.4	17.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	28.1	0.0	0.8
17	8.4	0.0	28.8	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	21.8	0.0	0.3
18	28.1	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.8	8.8	14.7
19	83.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	0.0	0.0	2.8
20	23.4	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	8.0	0.0	0.3	12.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	21.8	0.0	10.0
22	1.2	0.8	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	58.8	8.8	8.1	0.0
23	18.2	1.4	8.3	0.0	21.3	0.0	0.0	0.3	13.8	28.3	0.0	0.3
24	33.8	1.8	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	18.7
25	0.0	8.2	4.2	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0
26	8.8	8.2	0.0	45.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	17.8	22.8	14.8
27	0.0	0.0	8.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	41.4	28.2
28	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.8	28.8	0.2
29	33.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.2	4.0
30	4.4		5.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8	1.8	10.7	0.2
31	18.4		36.5		0.0		0.0	2.1		15.8		0.0
H. dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total	401.8	228.8	283.8	228.3	50.2	0.0	8.1	3.2	280.5	236.3	228.8	135.8
Méda	13.0	7.8	9.2	7.5	1.6	0.0	0.3	0.1	8.7	7.6	7.8	4.4

1993

Mesmo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agos	Set	Out	Nov	Dez
1	0.0	1.8	4.0	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2
2	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	1.4
3	0.0	7.8	2.8	13.4	0.0	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	5.0
4	0.0	11.7	0.0	32.0	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.2	0.0	18.8	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	17.3
6	0.0	8.2	0.0	2.8	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7
7	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
8	5.4	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0	20.0	0.0
9	1.8	1.2	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.4	43.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	28.8
11	2.4	2.0	7.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	7.0	8.8	8.0
12	0.8	28.8	0.0	1.1	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
13	2.8	21.4	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
14	1.4	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	3.1
15	0.0	10.8	22.8	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	10.1	0.8	0.0	28.8
16	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.8	0.2	1.3	8.8	1.2
17	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	1.7	6.1	0.0	0.8
18	0.0	18.1	24.2	1.0	41.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	24.2	3.2
19	9.2	1.2	0.8	5.8	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.2
20	1.2	11.8	41.8	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	18.8
21	14.0	12.0	4.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	13.3
22	15.8	5.3	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	0.0	0.0	0.0
23	0.0	48.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	0.0	0.0	5.3	0.2
24	1.4	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	38.1
25	0.0	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	28.3	15.4	0.0	29.8
26	18.3	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	3.7	30.8	0.0	0.0
27	8.1	18.4	2.8	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0	23.8
28	1.8	8.2	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	2.4	1.8
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	24.8	8.4	5.8
30	0.0		14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	28.2
31	4.4		2.0		4.4		0.0	0.0				1.1
H. dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total	85.2	338.2	220.1	97.3	84.0	72.8	0.0	70.7	120.8	80.3	134.8	312.0
Méda	2.7	12.1	7.1	3.2	2.7	2.4	0.0	2.3	4.0	2.8	4.5	10.1

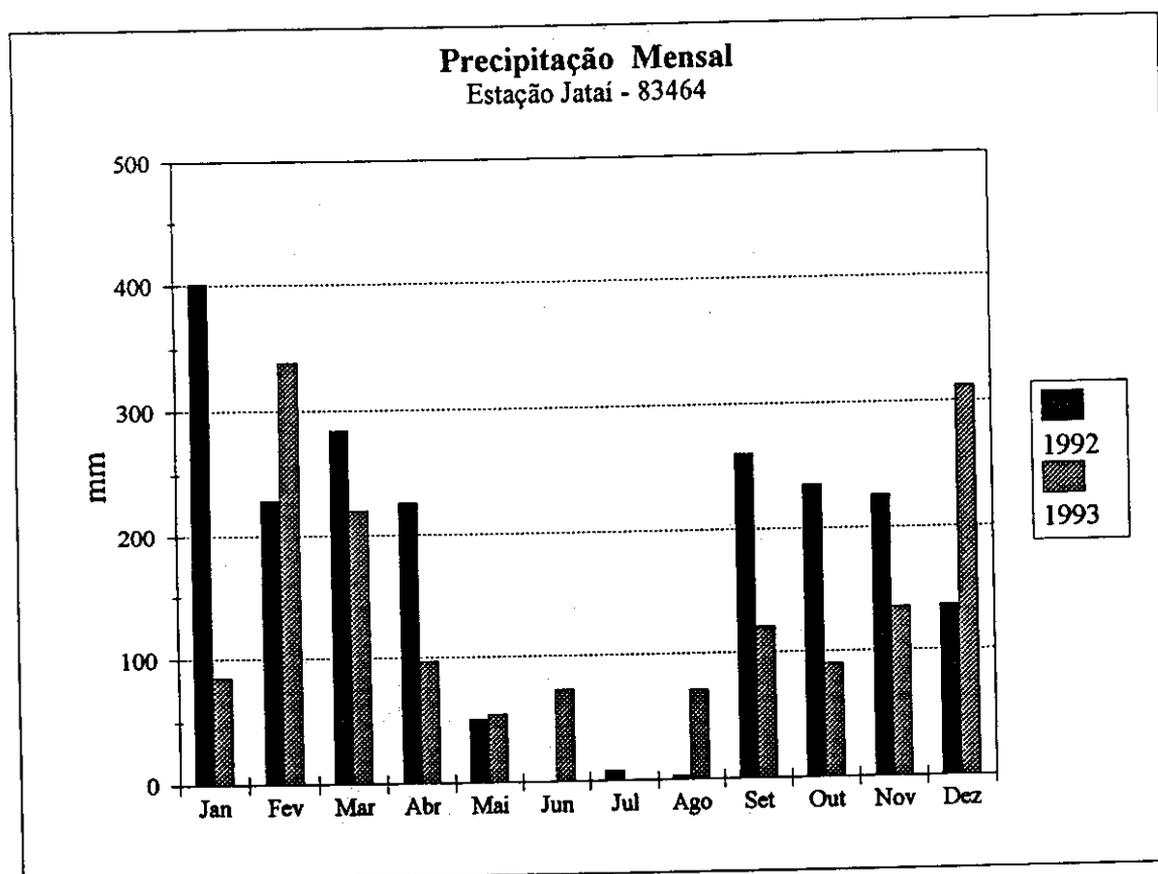


Fig.3.3 - Precipitação mensal em 1992 e 1993 na estação climatológica Jataí-GO.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS

4.1 - SELEÇÃO DAS IMAGENS AVHRR-NOAA

Todas as 344 imagens AVHRR/NOAA-11 diárias disponíveis do período de observação, compreendidas entre longitudes 47° W e 63° W de cruzamento do satélite com o Equador foram visualizadas utilizando o Sistema de Tratamento de Imagem (SITIM), desenvolvido pelo INPE, ou o "Smithsonian Astrophysical Observatory Image Utility" (SAOIMAGE), programa de domínio público para visualização de imagens digitais. As demais imagens, ou seja, aquelas cujas longitudes de cruzamento estavam fora desse intervalo, não foram visualizadas, pois a área de estudo estaria deslocada para a borda e portanto, muito distorcida.

Foram selecionadas as imagens em que o PNE estava livre, ou com reduzida cobertura de nuvens e de eventuais ruídos de gravação.

A localização do Parque nas imagens foi feita visualmente na maioria das vezes, ou mediante auxílio do Programa de Navegação de Imagens AVHRR-NOAA (Fernandes, 1994). Finalmente, foi elaborada uma relação das imagens propícias ao estudo.

4.2 - PRÉ-SELEÇÃO DAS SUBÁREAS

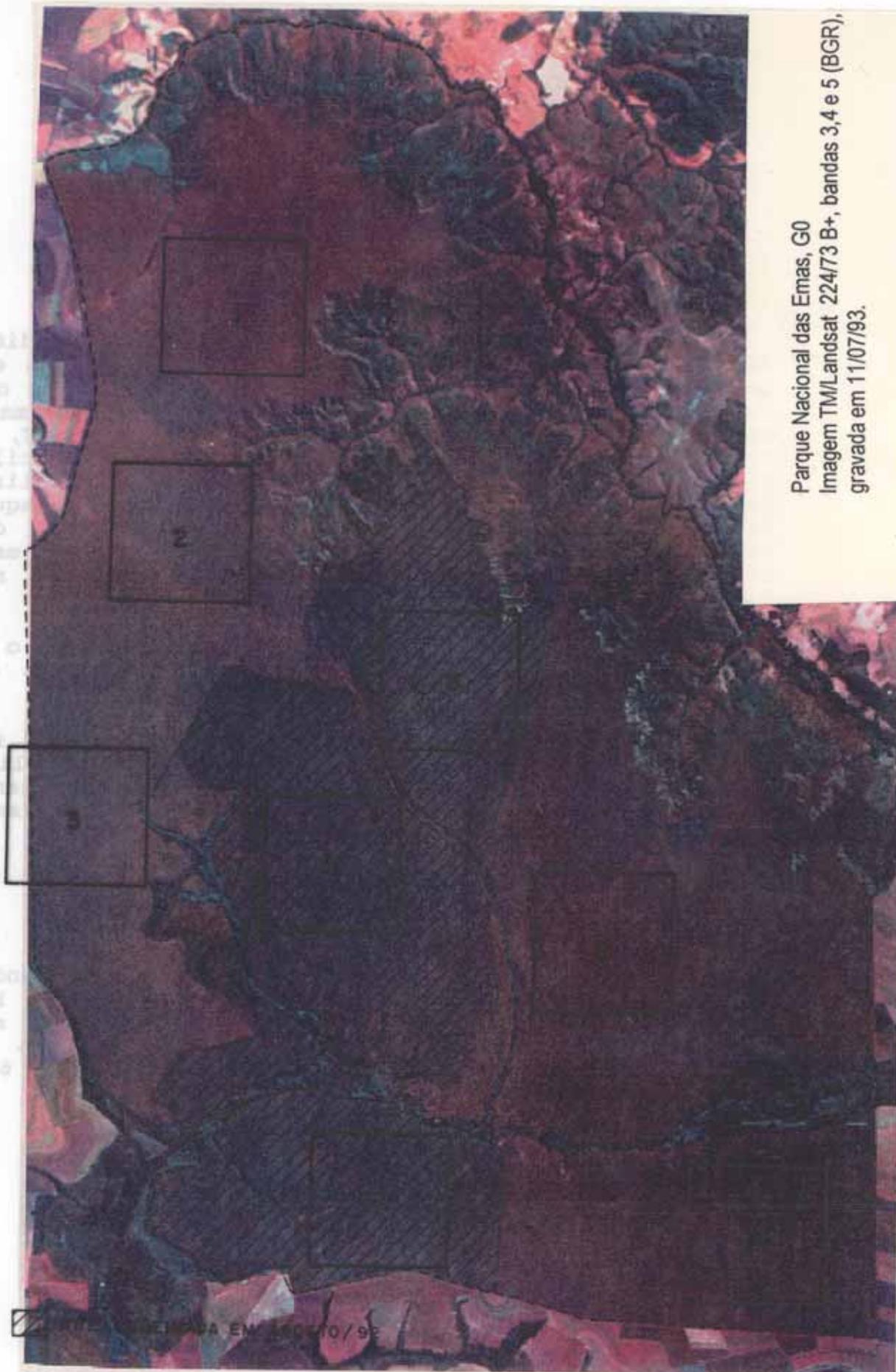
Mediante fotointerpretação da imagem TM-Landsat, a área queimada em agosto/92 foi delimitada. Foram selecionadas oito subáreas no interior do Parque, sendo três delas localizadas na região afetada pelo fogo. Cada subárea correspondeu inicialmente a um polígono de 6 X 6 Km (Figura 4.1).

libras
entre
com o
de
o no
lity
ização
paulas
desse
estudo
suito

o PNE
e de

leira
do o
ndas,
apena

obast,
foram
sendo
Cada
e X e



Parque Nacional das Emas, GO
Imagem TM/Landsat 224/73 B+, bandas 3,4 e 5 (BGR),
gravada em 11/07/93.

Fig. 4.1 - Limites do Parque Nacional das Emas, da área queimada em agosto/92 e das subáreas de estudo.

Todas as subáreas representaram, tanto quanto possível, cobertura vegetal de cerrado fisionalmente homogênea: campos limpos e sujos predominantemente. Procurou-se evitar a inclusão de rios, ou outro tipo de cobertura vegetal tais como matas ciliares, campos úmidos, veredas, etc., pois não foram objeto de estudo deste trabalho. A Tabela 4.1 informa, para cada subárea, as coordenadas geográficas centrais, obtidas pelo Sistema de Informações Geográficas (SGI), desenvolvido pelo INPE.

Ressalta-se que os efeitos do fogo na vegetação são nitidamente visíveis na imagem TM (região central do Parque com coloração esverdeada), embora tenha transcorrido quase 1 ano entre o evento da queimada e a data de gravação da imagem (Figura 4.1).

Tabela 4.1 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS CENTRAIS DAS SUBÁREAS DE ESTUDO.

Subárea	Lat. S	Lat. W
1	17°58'02"	52°56'52"
2	18°03'10"	52°58'57"
3	18°07'26"	53°02'15"
4	18°18'30"	52°57'56"
5	18°12'38"	52°50'24"
6	18°06'14"	52°53'22"
7	18°09'55"	52°56'26"
8	18°16'45"	52°56'05"

4.3 - CORREÇÃO GEOMÉTRICA DAS IMAGENS AVHRR-NOAA

Todos os setores das imagens AVHRR selecionadas contendo a área de estudo foram corrigidos geometricamente entre as latitudes 17°30'-18°30' S e as longitudes 52°30' - 53°30' W. Tal procedimento visou uniformizar o tamanho dos píxeis (1.1 Km), uma vez que as imagens foram adquiridas em diferentes condições geométricas de visada. Para tanto, utilizou-se o Programa de Correção Geométrica de Imagens AVHRR-NOAA, documentado por Fernandes (1994). Desta forma, foram obtidas para cada banda em cada data selecionada, uma imagem corrigida de 101 por 101 píxeis, em projeção cilíndrica equidistante.

4.4 - REGISTRO DAS IMAGENS AVHRR-NOAA

Para garantir perfeita sobreposição das imagens NOAA selecionadas e assim minimizar erros quando da localização das subáreas, procedeu-se a um ajuste entre elas. Para tanto, foram selecionados 3 pontos de controle de fácil identificação nas imagens da banda 3 visualizadas no SITIM. Em seguida, mediante acesso aos valores digitais dos píxeis, foram anotados aqueles correspondentes aos pontos em questão, bem como os circunvizinhos, para posterior realocação dos mesmos em planilha eletrônica.

Para cada imagem corrigida nas bandas 1, 2 e 3, foi criado um arquivo ASCII ("American Standard Code for Information Interchange") em disco, com valores correspondentes aos níveis digitais dos píxeis. Esse procedimento foi realizado no SGI através da função de saída "listagem de imagens". Os arquivos assim gerados foram, posteriormente, transferidos para planilha de cálculo.

Em seguida, todos os pontos de controle da banda 3 foram localizados (linha x coluna) em todas planilhas. Tomou-se uma delas como referência e, em seguida, as demais foram ajustadas por adição ou subtração de linhas e colunas. Assim, ao final do procedimento, os pontos de controle, em todas imagens e em todas as bandas, estavam exatamente na mesma posição (linha X coluna) dentro da matriz numérica de níveis digitais nas planilhas.

4.5 - LOCALIZAÇÃO DOS LIMITES DO PARQUE E DAS SUBÁREAS

Os limites do Parque, em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), foram digitalizados dentro de um Plano de Informação (PI), utilizando o SGI, as cartas topográficas e a imagem TM. Nesse mesmo PI, foi criada uma nova classe correspondente a região afetada pela queimada de agosto/92.

Em seguida, a banda 3 da imagem AVHRR/NOAA de 09/09/92 corrigida geometricamente denominada E11, foi importada para um novo PI. Tal imagem foi selecionada por mostrar nitidamente o contorno e a extensão da queimada ocorrida no mês anterior. A projeção UTM do PI correspondente aos limites digitalizados do Parque e da área queimada foi convertida, no SGI, para projeção cilíndrica equidistante, a mesma portanto, da imagem NOAA corrigida geometricamente. Assim, foi possível visualizar os limites do Parque e da área queimada sobrepostos à imagem AVHRR.

Criou-se, então, no ambiente SGI, uma "máscara" excluindo toda área externa aos limites digitalizados do Parque. Essa máscara foi aplicada à imagem NOAA, resultando em nova imagem contendo apenas a área de estudo. Em seguida, utilizando a função de saída "listagem de imagens" do SGI, criou-se um arquivo ASCII contendo somente os valores digitais dos píxeis do interior do Parque. Esse arquivo foi então impresso em papel, resultando numa matriz numérica georreferenciada dos valores digitais (banda 3) da área de estudo.

Determinou-se então, o contorno do Parque no arquivo impresso dos níveis de cinza sem "máscara" mediante comparação com aquele obtido segundo o procedimento descrito acima.

Foram então, determinadas as localizações das 8 subáreas na imagem AVHRR E11. Para tanto, as subáreas pré-selecionadas na imagem TM/Landsat foram identificadas na matriz de níveis de cinza da imagem AVHRR/banda 3 correspondentes ao PNE.

Uma vez que todo o conjunto de imagens AVHRR estava registrado entre si nas planilhas, a posição das subáreas na imagem E11, definida por linhas X colunas, foi utilizada como referência para todo o conjunto de imagens.

4.6 - VISITA AO CAMPO

Foi realizada uma visita ao campo em setembro/93, na qual foram obtidas informações adicionais junto à direção do Parque sobre a ocorrência de queimadas recentes, bem como verificação da adequação das subáreas selecionadas quanto à homogeneidade fisionômica da vegetação.

4.7 - OBTENÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE NÍVEIS DE CINZA NAS SUBÁREAS

Em planilha de cálculo, obteve-se o valor médio de nível de cinza em cada subárea, bem como o desvio padrão e os valores extremos. Esse procedimento foi repetido para cada banda em todo o conjunto de imagens selecionadas.

Finalmente, os valores obtidos foram transferidos para novas planilhas, uma para cada subárea, resultando assim, em sequências temporais de valores médios de níveis de cinza em cada banda.

4.8 - REAVALIAÇÃO DAS IMAGENS QUANTO À COBERTURA DE NUVENS

Uma vez que nem todas as imagens selecionadas estavam 100% livres de cobertura de nuvens sobre a área de estudo, foi feita nova verificação das mesmas, mediante visualização no SITIM e análise dos níveis de cinza das bandas 2 e 3. Foram eliminadas, para efeito da análise temporal das imagens, aquelas subáreas em que havia presença de nuvens, bem como da sombra delas. Não foi adotado um valor fixo como limiar de identificação de nuvens ou de sombras, uma vez que eles são extremamente variáveis segundo o tipo de nuvem e a geometria de aquisição da imagem. Como a vegetação de cerrado apresentou valores digitais bastante uniformes na banda 2, a constatação de níveis de cinza discrepantes, confirmados pela visualização de nuvens ou sombras, foram utilizados como critérios para eliminação de subáreas em algumas datas. Em casos de dúvidas, fez-se verificação dos valores digitais na banda 3, buscando-se eliminar níveis altos que indicassem baixas temperaturas.

Finalmente, depois desse procedimento, foi possível elaborar uma relação final para cada subárea, contendo a seqüência temporal de imagens para o estudo.

4.9 - CORREÇÕES DE IMAGENS EFETUADAS

Primeiramente, utilizando as equações de calibração pré-lançamento do sensor AVHRR do NOAA-11 (Kidwell, 1992), os valores digitais médios foram convertidos para valores de radiância. Em seguida, mediante as equações descritas abaixo, foram calculados os fatores de correção para cada imagem. Todo o conjunto de imagens foi corrigido em relação ao ângulo de elevação solar (bandas 1 e 2) e à distância sol-Terra (bandas 1, 2 e 3).

Nas bandas 1 e 2, a radiância espectral (R), medida em $Watts/m^2 \cdot \mu m \cdot sterradianos$ é calculada pela equação:

$$R = A \cdot (F/100 \pi W), \text{ onde}$$

F e W são constantes definidas para cada banda AVHRR

$$F_1 = 184,1 \text{ (Watts/m}^2\text{)}, \text{ para a banda 1}$$

$$F_2 = 241,1 \text{ (Watts/m}^2\text{)}, \text{ para a banda 2}$$

$$W_1 = 0,113, \text{ para a banda 1}$$

$$W_2 = 0,229, \text{ para a banda 2}$$

e A (albedo porcentual), para a banda i é dado por

$$A_i = S_i C + I_i, \text{ onde}$$

C = nível de cinza (10 bits) registrado pelo AVHRR.

Portanto, o nível de cinza obtido nas imagens foi multiplicado por 4, já que as imagens AVHRR são reduzidas para 8 bits quando processadas na estação receptora do INPE-Cachoeira Paulista.

S_i e I_i são constantes de calibração pré-lançamento do NOAA-11, dadas por:

$$\begin{aligned} S_1 &= 0,0950 \\ S_2 &= 0,1061 \\ I_1 &= -3,8 \\ I_2 &= -3,6 \end{aligned}$$

As correções efetuadas nas imagens foram relativas ao ângulo de elevação solar e à distância sol-Terra.

A radiância corrigida (R_c) para o ângulo de elevação solar é dada por:

$$R_c = R \cdot \text{sen}(\theta), \quad \text{sendo}$$

θ = ângulo de elevação solar no momento da gravação da imagem.

A variação de radiância a ser corrigida para a distância sol-Terra é dada por:

$$\Delta R_c = 0.014915 \times DJ - 0.008, \quad \text{onde}$$

$$DJ = \text{dia Juliano}$$

Essa equação admite que a variação máxima da radiação é 6,7%, ocorrendo linearmente em função da distância sol-Terra que, por sua vez, tem valor máximo no dia Juliano 187.

Finalmente, os valores de radiância já corrigidos foram reconvertidos para níveis de cinza (8 bits).

4.10 - CÁLCULO DO IVDN

O IVDN foi calculado com os valores digitais obtidos das bandas 1 e 2, segundo a equação abaixo:

$$IVDN = (banda\ 2 - banda\ 1) / (banda\ 2 + banda\ 1)$$

4.11 - AVALIÇÃO DE ÁREA QUEIMADA UTILIZANDO IMAGEM AVHRR/NOAA

Conforme descrito no item 4.2, a delimitação da área queimada em agosto/92, resultante da fotointerpretação da imagem TM-Landsat (Figura 4.1) foi digitalizada e a área dessa classe avaliada automaticamente pelo SGI.

A imagem AVHRR/NOAA de 09/09/92, banda 3 (E11) corrigida geometricamente foi classificada no SITIM por "Fatiamento de Níveis de Cinza". Nesta banda, as áreas queimadas apresentaram níveis de cinza marcadamente inferiores aos das superfícies recobertas por vegetação, justificando o uso dessa técnica simples de classificação. Após vários testes analisados visualmente, determinou-se o intervalo de níveis de cinza que melhor correspondiam a área queimada. A avaliação da área queimada na imagem AVHRR foi feita por contagem dos píxeis correspondentes ao intervalo de níveis de cinza atribuídos à classe "queimada".

4.12 - ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados principalmente através dos gráficos gerados a partir das planilhas eletrônicas contendo os dados conforme descrições acima. Primeiramente foram feitos gráficos para cada uma das subáreas com a variação temporal em dias julianos dos níveis de cinza em cada uma das bandas. Esse procedimento foi feito tanto para os dados brutos quanto para os corrigidos para posterior comparação entre eles.

Posteriormente, os dados foram agrupados em duas classes. A primeira, chamada de "áreas não-queimadas" correspondeu às médias calculadas das subáreas 1 a 5. A segunda correspondeu às médias das subáreas 6 a 8 e foi chamada de "áreas queimadas".

Foram então gerados gráficos das variações temporais dos níveis de cinza provenientes das classes "áreas não-queimadas" e "áreas queimadas".

A interpretação dos gráficos foi feita com base nos dados de precipitação e no conhecimento teórico sobre a fenologia da vegetação dos cerrados.

Finalmente, a avaliação da área queimada, calculada via SGI a partir da fotointerpretação da imagem TM, foi comparada com aquela proveniente da imagem AVHRR/NOAA classificada por "Fatiamento de nível de cinza".

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - IDENTIFICAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DO PNE NAS IMAGENS BRUTAS AVHRR/NOAA

Com a finalidade de ilustrar o procedimento de identificação visual do PNE na imagem bruta AVHRR/NOAA-11 com resolução nominal de 1.1 Km, a Figura 5.1 mostra um setor da mesma, em composição colorida das banda 1, 2 e 3, nas cores vermelho, verde e azul, respectivamente. O Parque destaca-se na imagem pelo contraste entre sua cobertura vegetal e a das áreas circunvizinhas, nas quais predominam pastagens e culturas agrícolas, principalmente de soja.

5.2 - IMAGENS SELECIONADAS

Foram verificadas todas as 344 imagens AVHRR disponíveis, compreendidas entre 47° W e 63° W de longitude de cruzamento do satélite com o Equador, gravadas pelo INPE no período de estudo. A Tabela 5.1 mostra o total de imagens selecionadas em cada mês do período total de observação.

Ao final da verificação, foram escolhidas 26 imagens úteis, ou seja, com reduzida ou nenhuma cobertura de nuvens sobre a área de estudo (Tabela 5.2). As imagens selecionadas distribuíram-se irregularmente ao longo dos 18 meses de observação: 70% delas concentraram-se nos meses de junho e julho de 1992/93 e portanto, na estação seca. Mas, apesar disso, foram obtidas imagens dos meses de abril/92 e outubro/93, correspondentes ao final e início da estação de chuvas, respectivamente. A Tabela 5.2 informa também, as datas e as longitudes de cruzamento do satélite com o Equador, quando da gravação das imagens utilizadas.

Em todas as 96 imagens verificadas no período de outubro/92 a março/93, a área de estudo estava coberta por nuvens. Deve-se ressaltar ainda, que 54 imagens deixaram de ser gravadas em Cachoeira Paulista no período de janeiro a maio/93, diminuindo a probabilidade de obtenção de alguma em boas condições.

Entende-se por "perda de dados" (Tabela 5.2) a ocorrência de ruídos de gravação na área de interesse, erro de leitura de fita, imagens não gravadas integralmente na estação receptora, etc.



Fig. 5.1 - Setor da imagem AVHRR bruta, modo HRPT, gravada em 08/11/93, composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB), indicando a localização do Parque Nacional das Emas.

**TABELA 5.1 - RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DAS IMAGENS
AVHRR/NOAA-11 GRAVADAS NO PERÍODO DE 01/06/92 A 31/11/93.**

Mês/Ano	ND	NG	DI	PD	PU	NU	IU
Jun/92	30	2	6	4	18	14	4
Jul/92	31	-	6	1	24	19	5
Ago/92	31	2	8	2	19	19	-
Set/92	30	1	7	1	21	19	2
Out/92	31	2	8	-	21	21	-
Nov/92	30	4	7	2	17	17	-
Dez/92	31	2	7	3	19	19	-
Jan/93	31	18	3	2	8	8	-
Fev/93	28	13	5	-	10	10	-
Mar/93	31	8	9	2	12	12	-
Abr/93	30	4	7	3	16	15	1
Mai/93	31	11	7	-	13	13	-
Jun/93	30	1	7	-	22	19	4
Jul/93	31	1	8	-	22	18	6
Ago/93	31	4	7	-	20	18	2
Set/93	30	-	9	-	21	21	-
Out/93	31	6	6	1	18	18	2
Nov/93	30	1	7	1	21	21	-
Total	548	80	124	22	322	297	26
% (Total)	100	14,6	22,6	4,0	58,9	54,2	4,7

ND = N^o de dias
 NG = N^o de imagens não-gravadas
 DI = N^o de imagens em que o PNE estava na borda
 PD = N^o de dias em que houve perda dos dados
 PU = N^o de imagens potencialmente úteis
 NU = N^o de imagens em que o PNE estava sob nuvens
 IU = N^o de imagens úteis

Assim, embora a frequência de imageamento dos satélites da série NOAA seja a princípio adequada aos objetivos propostos nesse trabalho, a constante presença de nuvens no horário de gravação das imagens, principalmente no período chuvoso, tornou-se uma limitação para um acompanhamento contínuo das alterações sazonais da vegetação no PNE.

TABELA 5.2 - IMAGENS AVHRR UTILIZADAS NO TRABALHO

Imagem	Data	Dia juliano	Longit. W
E1	01/06/92	152	57,31
E2	02/06/92	153	54,25
E3	08/06/92	159	61,37
E4	16/06/92	167	62,35
E5	05/07/92	186	54,99
E6	19/07/92	200	62,97
E7	20/07/92	201	59,90
E8	24/07/92	205	47,61
E9	30/07/92	211	54,68
E10	08/09/92	251	59,26
E11	09/09/92	252	56,15
E12	27/04/93	117	57,84
E13	23/06/93	174	58,58
E14	24/06/93	175	55,46
E15	25/06/93	176	52,35
E16	26/06/93	177	49,33
E17	02/07/93	183	55,98
E18	04/07/93	185	49,74
E19	10/07/93	191	56,53
E20	11/07/93	192	53,42
E21	17/07/93	198	60,11
E22	20/07/93	201	50,74
E23	04/08/93	216	54,86
E24	06/08/93	218	48,61
E25	07/10/93	280	58,78
E26	08/10/93	281	55,49

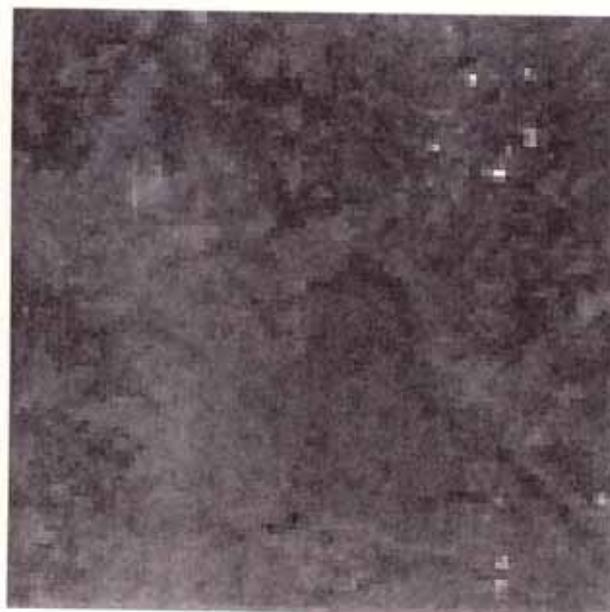
5.3 - VISUALIZAÇÃO DAS IMAGENS AVHRR CORRIGIDAS GEOMETRICAMENTE

Para efeito de visualização das imagens AVHRR corrigidas geometricamente, segue-se uma seqüência delas, gravadas em 3 datas diferentes (Figuras 5.2, 5.3 e 5.4). Para cada data em questão, são apresentadas imagens na composição colorida das 3 bandas, bem como das bandas 1, 2 e 3 individualmente.

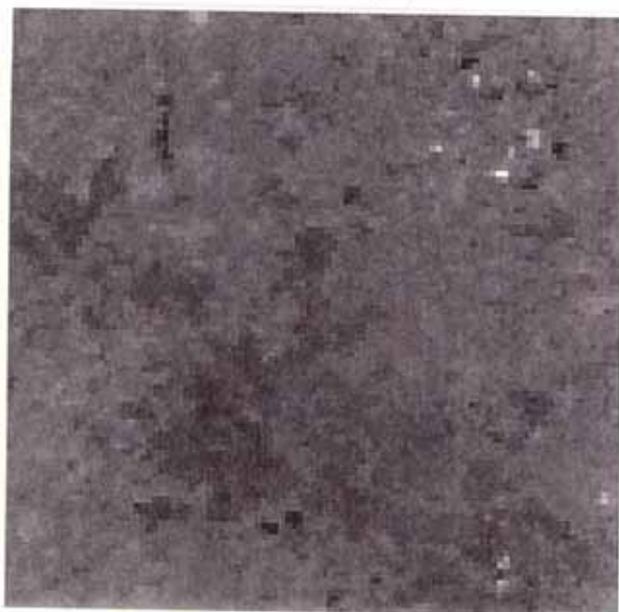
A Figura 5.2 mostra a imagem E9 , cuja data de gravação, 30/07/92, é anterior a ocorrência da queimada. Nota-se que, quando consideradas as bandas individualmente, a área de estudo é mais facilmente visualizada na banda 3.



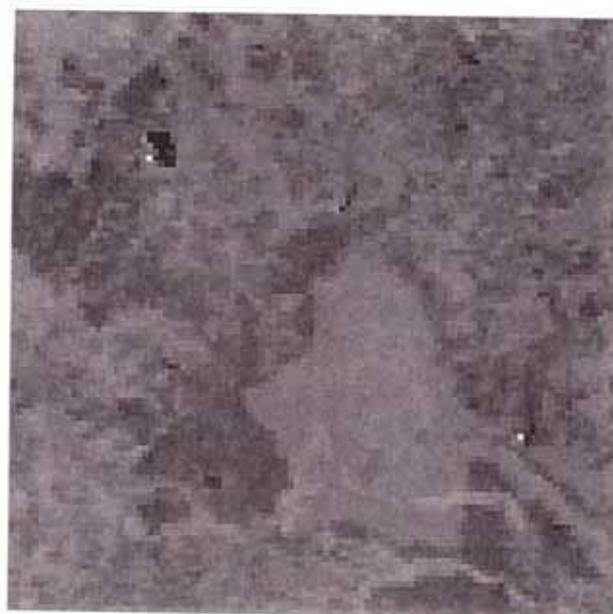
(a)



(b)

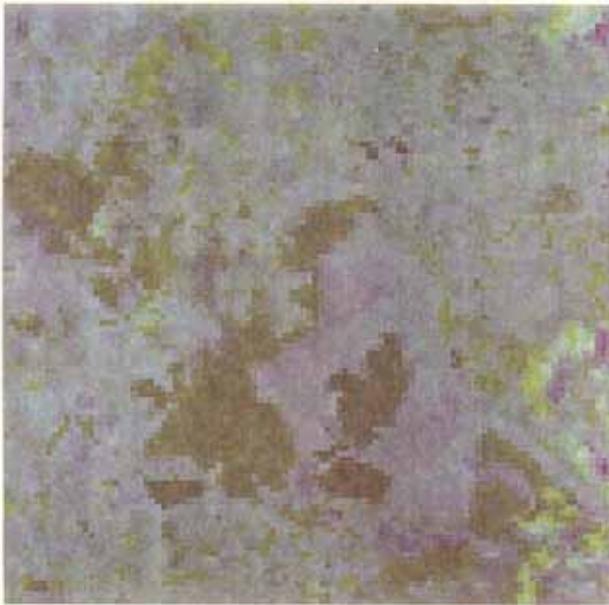


(c)

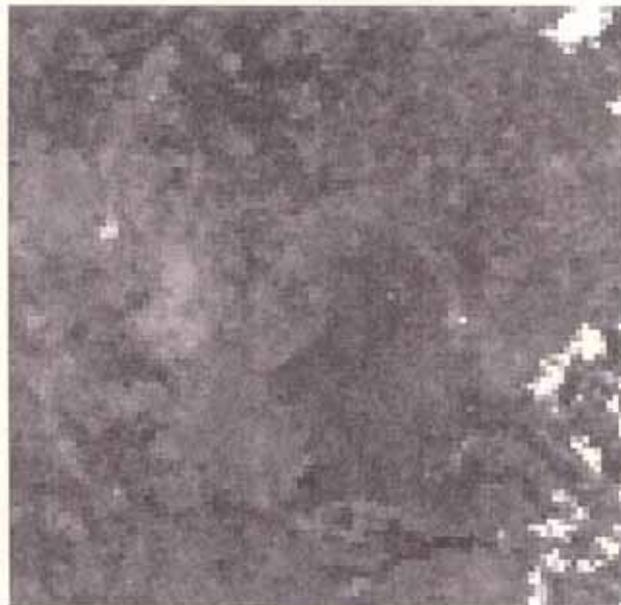


(d)

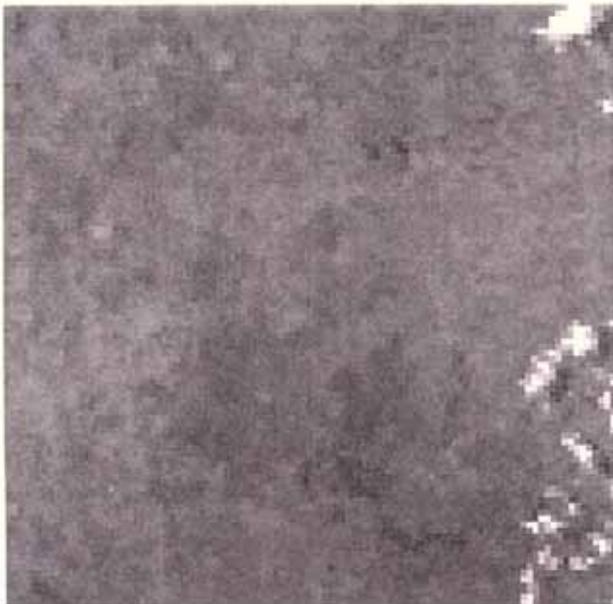
Fig. 5.2 - Setor da imagem AVHRR/NOAA-11 de 30/07/92, corrigida geometricamente, mostrando o Parque Nacional das Emas: (a) composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB); (b) banda 1; (c) banda 2; (d) banda 3.



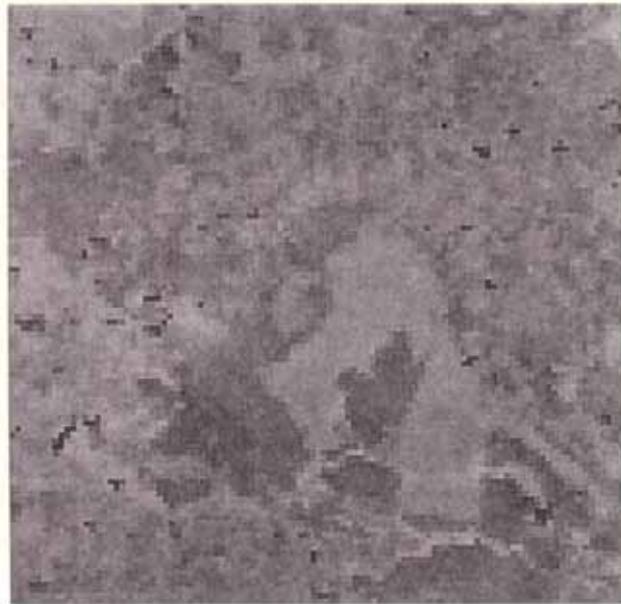
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5.3 - Setor da imagem AVHRR/NOAA-11 de 09/09/92, corrigida geometricamente, mostrando o Parque Nacional das Emas: (a) composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB); (b) banda 1; (c) banda 2; (d) banda 3.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5.4 - Setor da imagem AVHRR/NOAA-11 de 11/07/93, corrigida geometricamente, mostrando o Parque Nacional das Emas: (a) composição colorida das bandas 1, 2 e 3 (RGB); (b) banda 1; (c) banda 2; (d) banda 3.

A Figura 5.3 corresponde à imagem E11, gravada em 09/09/92, um mês, portanto, após a ocorrência do incêndio. Na banda 3, a área queimada é facilmente identificada visualmente, correspondendo às tonalidades mais escuras no centro do Parque. Visualmente, na banda 2, também é possível identificar a região atingida pelo fogo, embora com menor contraste em relação ao restante do Parque. A banda 1, por sua vez, não permitiu a identificação visual da área queimada.

A Figura 5.4 corresponde à imagem E20, gravada em 11/07/93, e mostra a cobertura vegetal já regenerada na área queimada do PNE. A banda 2 permitiu, mesmo com pouco contraste, a identificação da região submetida ao fogo no ano anterior, indicando que, embora regenerada, a vegetação que aí rebrotou comportou-se, quanto à reflectância na região do infravermelho próximo, de forma diversa daquela que não queimou. Nas imagens das bandas 1 e 3 não é possível fazer tal distinção.

5.4 - SOBREPOSIÇÃO DOS LIMITES DIGITALIZADOS DO PNE E SUA ÁREA QUEIMADA COM A IMAGEM AVHRR/NOAA

O resultado da sobreposição entre os 2 PIs (item 4.5), apresentado na Figura 5.5, foi muito satisfatório quando analisado visualmente.

Os limites do Parque na matriz de níveis digitais da banda 3 da imagem E11 são mostrados na Figura 5.6. A classe "queimada" foi definida pelos níveis de cinza compreendidos entre 52 e 90, conforme resultados dos testes visuais realizados para classificação por "fatiamento de níveis de cinza" (item 4.11). A mesma Figura mostra também, a localização das 8 subáreas de estudo e na Tabela 5.3 constam os números de píxeis em cada subárea. Nota-se que as dimensões das subáreas na imagem AVHRR foram diminuídas, quando comparadas com aquelas originalmente previstas na imagem TM. Tais modificações foram feitas para manter uma margem de segurança, de pelo menos 1 píxel AVHRR, em relação aos limites do Parque bem como aos rios e outros tipos de cobertura vegetal.



Fig. 5.5 - Sobreposição dos limites digitalizados do Parque Nacional das Emas na imagem AVHRR/NOAA-11 (E11), banda 3.

TABELA 5.3 - NÚMERO DE PÍXEIS POR SUBÁREA

Subárea	No píxeis
1	25
2	25
3	25
4	20
5	30
6	16
7	20
8	16

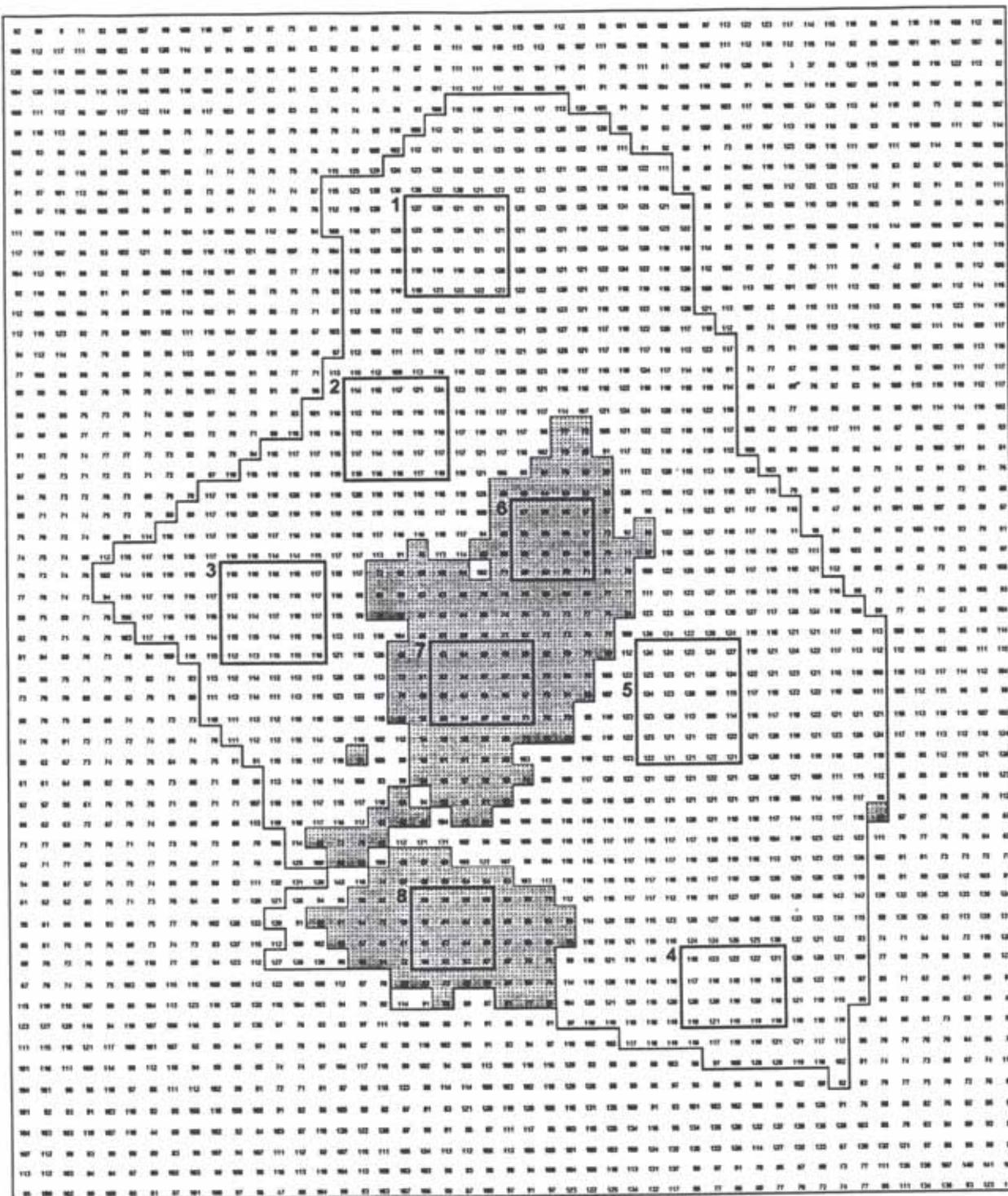


Fig. 5.6 - Limites do Parque Nacional das Emas e das subáreas de estudo na matriz de níveis de cinza da imagem E11 (AVHRR/banda 3).

5.5 - MÉDIA DOS NÍVEIS DE CINZA EM CADA SUBÁREA E REAVALIAÇÃO DAS IMAGENS

Os resultados relativos a cada subárea para determinação da média dos níveis de cinza, valores extremos, bem como as etapas intermediárias e finais para as correções relativas à distância sol-terra e elevação solar, cálculo do IVDN e avaliação da cobertura de nuvens encontram-se nas Tabelas do Anexo 1.

A Tabela 5.4 resume o resultado da reavaliação das imagens quanto à cobertura de nuvens em relação a cada subárea. Nota-se que dentro do conjunto de 26 imagens nem todas foram inteiramente aproveitadas, dada a constatação de nuvens ou sombra delas sobre algumas subáreas de estudo.

TABELA 5.4 - IMAGENS AVHRR/NOAA-11 ÚTEIS EM RELAÇÃO ÀS SUBÁREAS DE ESTUDO.

Imagem	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8
E1		X		X	X	X	X	X
E2								
E3								
E4	X	X	X			X		X
E5				X	X	X	X	X
E6								
E7								
E8								
E9								
E10								
E11								
E12		X						X
E13								
E14	X							X
E15								
E16				X				
E17								
E18								
E19								
E20								
E21								
E22				X				
E23								
E24								
E25								
E26								

Obs: estão assinaladas com (X) as subáreas nas quais verificaram-se ocorrência de cobertura de nuvens.

Finalmente, as médias calculadas para as duas classes analisadas, ou seja, "áreas queimadas" e "áreas não-queimadas", são apresentadas na Tabela 5.5.

Os resultados obtidos segundo os procedimentos descritos acima foram utilizados para gerar os gráficos apresentados e discutidos nos itens seguintes

TABELA. 5.5 - MÉDIA DOS NÍVEIS DE CINZA NAS ÁREAS "NÃO-QUEIMADAS" E "QUEIMADAS": DADOS CORRIGIDOS.

		Áreas não-queimadas							Áreas queimadas					
B A N D A	1	Imag.	Dia Jul.	A1	A2	A3	A4	A5	Méda	A6	A7	A8	Méda	
		1992	E1	152	29.4	-	29.8	-	-	-	29.5	-	-	-
	E2	153	27.8	26.5	27.1	26.1	26.1	26.1	26.7	26.1	26.2	32.0	26.1	
	E3	159	36.9	35.2	35.4	35.0	35.9	35.9	35.7	35.2	35.1	37.5	35.9	
	E4	167	-	-	-	35.9	38.5	37.2		-	38.0	-	38.0	
	E5	186	29.0	28.4	29.0	-	-	-	28.8	-	-	-	-	
	E6	200	42.5	40.7	41.9	39.6	41.8	41.3		42.7	41.8	40.5	41.7	
	E7	201	35.2	35.1	35.1	34.8	35.0	35.0		35.1	35.1	35.1	35.1	
	E8	206	39.4	39.2	39.6	40.5	39.3	39.6		39.6	39.6	41.3	40.2	
	E9	211	29.8	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5		29.5	29.5	29.6	29.5	
	E10	251	33.7	33.2	33.1	32.3	32.0	32.8		32.9	32.0	33.1	32.6	
	E11	252	29.0	29.6	29.1	28.8	30.7	29.4		31.9	30.1	28.8	30.2	
	E12	117	27.7	33.5	27.2	31.0	27.8	29.4		27.7	27.5	-	27.8	
	E13	174	30.5	30.2	30.3	30.2	30.2	30.3		30.2	30.2	30.2	30.2	
	E14	175	-	30.8	30.8	-	30.7	30.8		30.2	30.0	-	30.1	
	E15	176	32.0	32.3	32.4	31.5	33.9	32.4		31.8	31.4	36.4	33.1	
	E16	177	37.1	37.0	37.1	36.8	37.1	37.0		37.1	37.1	37.1	37.1	
	E17	183	30.6	30.9	31.0	30.4	30.8	30.7		28.8	28.2	31.0	29.3	
	E18	185	34.4	34.7	35.8	34.6	34.6	34.8		34.6	34.6	34.6	34.6	
	E19	191	30.8	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0		30.8	31.0	31.0	31.0	
	E20	192	31.3	31.2	31.5	-	31.4	31.3		31.5	31.5	31.5	31.5	
	E21	198	38.3	38.0	37.8	39.5	37.9	38.3		38.0	38.0	38.0	38.0	
	E22	201	32.1	31.8	33.4	31.8	31.8	32.2		31.8	31.8	32.3	32.0	
	E23	216	31.1	30.8	31.4	31.0	31.1	31.1		31.1	30.4	31.5	31.0	
	E24	218	38.5	36.1	38.5	36.4	36.9	37.7		36.8	37.1	37.1	37.0	
	E25	280	24.4	24.3	24.3	24.4	24.3	24.4		24.3	24.3	25.2	24.6	
	E26	281	28.4	25.2	26.8	27.3	26.7	26.8		25.8	25.0	26.8	25.8	
B A N D A	2	E1	152	49.3	-	48.1	-	-	46.7		-	-	-	-
		E2	153	49.6	46.8	46.5	47.1	46.6	47.3		46.7	49.5	47.8	48.6
		E3	159	61.6	59.3	59.1	56.5	58.8	59.1		59.5	59.1	53.5	57.4
		E4	167	-	-	-	58.5	60.5	59.5		-	60.3	-	60.3
		E5	186	46.0	43.4	44.4	-	-	44.6		-	-	-	-
		E6	200	58.7	56.7	56.2	56.5	56.2	56.9		57.8	57.4	50.9	55.4
		E7	201	49.5	48.1	48.1	47.8	47.7	48.2		49.5	49.3	44.8	47.9
		E8	206	52.0	50.2	51.0	50.3	49.9	50.7		51.4	51.8	47.2	50.1
		E9	211	43.3	42.1	42.3	41.6	41.1	42.1		42.5	42.5	39.3	41.4
		E10	251	43.5	41.4	42.7	42.6	42.3	42.5		43.1	43.6	40.2	42.3
		E11	252	40.9	40.6	40.7	40.5	40.0	40.5		36.2	34.7	33.5	34.8
		E12	117	46.3	-	43.8	50.6	46.2	46.8		49.8	48.4	-	49.1
		E13	174	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2		49.0	46.6	50.2	48.6
		E14	175	-	41.3	42.0	-	42.1	41.8		44.5	44.4	-	44.4
		E15	176	46.3	44.2	45.0	44.8	46.4	45.3		48.9	48.8	54.3	50.7
		E16	177	54.9	52.0	53.2	51.4	53.5	53.0		57.4	58.0	58.8	58.1
		E17	183	41.8	41.5	42.1	43.0	41.9	42.0		44.8	44.6	46.9	45.4
		E18	185	50.2	48.5	50.2	47.8	50.2	49.4		53.1	53.6	55.4	54.1
		E19	191	41.7	41.2	41.5	41.5	41.5	41.5		43.6	41.9	46.1	43.6
		E20	192	42.8	41.8	42.5	-	43.6	42.7		46.4	45.7	46.5	46.2
E21	198	50.4	49.1	46.7	50.7	50.4	49.5		52.0	53.2	54.1	53.1		
E22	201	44.9	43.9	44.7	44.9	45.1	44.7		48.9	49.2	50.1	49.4		
E23	216	40.3	39.9	40.3	40.3	40.2	40.2		42.8	42.7	44.9	43.5		
E24	218	48.3	47.0	47.8	47.2	47.9	47.8		51.0	50.9	52.5	51.5		
E25	280	30.8	36.4	36.8	39.5	35.9	35.9		38.42	38.9	40.7	39.4		
E26	281	39.9	45.4	45.0	47.6	44.1	44.4		46.3	46.6	49.2	47.4		

(continua)

TABELA 5.5 (conclusão)

BANDA	Ano	E	M							D																			
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4																
3	1992	E1	152	140.3	-	138.3	-	-	139.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		E2	153	136.7	134.7	136.3	133.6	135.9	135.4	136.6	136.6	126.5	133.2	135.4	137.7	129.0	134.1	136.6	137.5	133.1	135.7	125.9	125.1	123.3	124.7				
		E3	159	135.8	135.8	135.3	132.4	135.1	134.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		E4	167	-	-	-	140.1	139.9	140.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		E5	186	125.3	122.5	120.5	-	-	122.7	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E6	200	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E7	201	126.3	123.6	124.2	124.3	123.7	124.4	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E8	205	131.1	129.4	128.3	130.5	130.3	129.9	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E9	211	111.6	106.8	105.8	106.1	107.6	107.6	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E10	251	108.8	105.0	104.1	110.1	107.9	107.1	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E11	252	100.5	95.7	95.0	98.9	100.1	98.1	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
		E12	117	138.8	-	-	139.6	140.8	138.5	139.4	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6
		E13	174	145.3	144.5	145.4	144.0	145.0	144.8	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6	
	E14	175	-	143.7	144.0	-	141.2	143.0	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E15	176	137.5	138.3	138.7	138.2	138.8	138.3	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E16	177	135.7	135.9	136.1	135.1	135.3	135.6	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E17	183	137.5	136.6	136.5	133.7	136.1	136.1	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E18	185	128.1	127.6	126.9	126.2	126.7	127.1	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E19	191	135.8	134.8	135.0	133.8	134.7	134.8	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E20	192	133.4	133.4	134.0	-	132.9	133.4	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E21	198	139.7	138.3	138.4	137.0	137.6	138.2	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E22	201	127.3	127.2	127.0	126.3	126.9	127.0	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E23	216	119.8	118.6	118.5	118.7	119.5	119.0	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E24	218	115.0	112.9	114.0	113.7	113.7	113.9	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E25	280	107.8	128.9	127.2	130.8	129.5	124.8	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
	E26	281	93.6	117.0	114.9	116.7	115.7	111.6	136.6	137.5	133.1	135.7	136.6	137.2	136.0	134.0	136.5	137.1	136.1	125.9	125.1	123.3	124.7	130.3	130.6	127.7	129.6		
I V D N	1992	E1	152	0.25	-	0.24	-	-	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		E2	153	0.26	0.28	0.26	0.29	0.28	0.28	0.30	0.31	0.20	0.27	0.257	0.25	0.176	0.23	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13		
		E3	159	0.25	0.26	0.25	0.23	0.24	0.25	0.257	0.25	0.176	0.23	0.257	0.25	0.176	0.23	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13		
		E4	167	-	-	-	0.24	0.22	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		E5	186	0.23	0.21	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		E6	200	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16	0.16	0.11	0.14	0.15	0.16	0.11	0.14	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13	
		E7	201	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16	0.16	0.11	0.14	0.15	0.16	0.11	0.14	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13	
		E8	205	0.14	0.12	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.07	0.11	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13	
		E9	211	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.14	0.17	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13	
		E10	251	0.13	0.11	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.10	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13	
		E11	252	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17	0.07	0.11	0.13	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.11	0.14	0.17	0.17	0.12	0.15	0.13	0.13	
		E12	117	0.25	-	0.23	0.24	0.25	0.24	0.29	0.27	-	0.28	0.29	0.27	-	0.28	0.29	0.27	-	0.28	0.29	0.27	-	0.28	0.29	0.27	-	
		E13	174	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.24	0.21	0.21	0.249	0.23	0.19	0.19	-	0.19	0.24	0.21	0.249	0.23	0.19	0.19	-	0.19	0.24	0.21	
	E14	175	-	0.14	0.15	-	0.16	0.15	0.19	0.19	-	0.19	0.24	0.21	0.249	0.23	0.19	0.19	-	0.19	0.24	0.21	0.249	0.23	0.19	0.19	-		
	E15	176	0.18	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.22	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22		
	E16	177	0.19	0.17	0.18	0.17	0.18	0.18	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22		
	E17	183	0.15	0.15	0.15	0.17	0.15	0.16	0.22	0.23	0.20	0.22	0.22	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22		
	E18	185	0.19	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.22		
	E19	191	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.17	0.15	0.19																		

5.6 - VARIAÇÕES TEMPORAIS DOS NÍVEIS DE CINZA DAS BANDAS 1, 2, 3 E DO IVDN

As variações temporais dos níveis de cinza são analisadas primeiramente nas áreas "não-queimadas", em cada banda individualmente. Em seguida, os resultados obtidos são comparados com aqueles provenientes das "áreas queimadas". Ressalta-se que na maioria dos gráficos que se seguem, os pontos plotados foram unidos por linhas com o intuito de facilitar a interpretação dos dados.

5.6.1 - BANDA 1 (0.58 - 0.68 μm)

Os dados corrigidos, provenientes da banda 1, variaram entre o mínimo de 24.4 e máximo de 41.3 (Figura 5.7 e Tabela 5.5) Os picos observados no gráfico corresponderam invariavelmente às imagens "off-nadir", ou seja, àquelas nas quais a área de estudo foi imageada obliquamente. Essas observações sugerem que as medidas de radiância na faixa espectral do visível, no sensor AVHRR, são determinadas antes pela geometria de aquisição da imagem do que por alterações verificadas na cobertura vegetal, quando a área observada não se encontra no nadir.

Nas imagens cujas longitudes de cruzamento do satélite com o Equador se aproximam de 56° W, o PNE está localizado no centro delas, ou seja, no nadir. Nota-se que devido à inclinação da órbita dos satélites NOAA de aproximadamente 98° , e à rotação terrestre, a longitude de cruzamento do Equador não coincide com a do PNE, aproximadamente 53° W. Assim, longitudes de cruzamento superiores ou inferiores a 56° W, significam deslocamento da área de estudo para leste ou oeste em relação à coluna central da imagem, respectivamente. Nessas situações, conforme Kimes (1983) e Kimes et al. (1984), o sinal captado pelo sensor tende a aumentar em relação àquele registrado na visada perpendicular ao terreno (nadir). Tal aumento é tanto maior quanto mais oblíqua for a visada, ou seja, quanto maior for o ângulo de imageamento em relação ao nadir. A amplitude de variação do sinal tende a diminuir nas situações de maior cobertura do solo pela vegetação. Ao contrário, quando a vegetação é mais esparsa e, portanto, com menor recobrimento, as variações verificadas são maiores, devido principalmente à contribuição do solo que, na faixa espectral considerada, em geral reflete mais do que a vegetação. Variações nos ângulos de elevação solar também alteram a reflectância da cobertura vegetal mas, de qualquer forma, na visada no nadir, o sinal é inferior aqueles "off-nadir". As considerações acima foram feitas

com base em experimentos de radiometria de campo, simulando as bandas 1 e 2 do AVHRR (Kimes, 1983; Kimes et al., 1984).

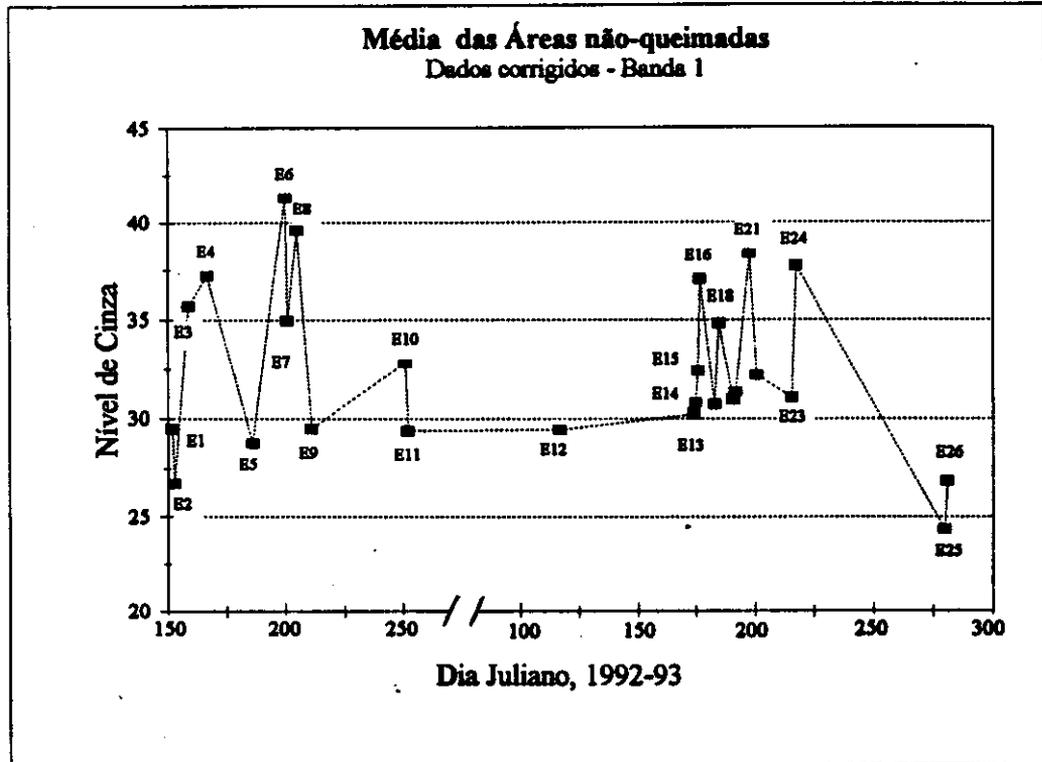


Fig 5.7 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 1 nas "áreas não-queimadas".

Na cobertura vegetal estudada, ou seja, campos limpos e campos sujos de cerrados, plantas herbáceas e arbustos não recobrem totalmente o solo (Figura 3.2), fato que acentuaria os efeitos das visadas "off-nadir", segundo os autores citados anteriormente. Desta forma, os picos de níveis de cinza verificados na banda 1 provavelmente foram determinados antes pelas condições geométricas de imageamento do que por alterações significativas na cobertura vegetal. Essa situação foi claramente evidenciada na seqüência de imagens E14, E15 e E16, correspondentes aos dias julianos 175, 176 e 177 de 1993, respectivamente (Figura 5.7). Como se trataram de dias consecutivos, sem registros de chuvas ou queimadas, admitiu-se que a cobertura vegetal permaneceu inalterada durante esse pequeno período. No entanto, os níveis de cinza aumentaram progressivamente: 30.8, 32.4 e 37.0. Na imagem E14 a visada foi próxima ao nadir, pois a longitude de cruzamento do satélite com o Equador foi 55.5° W. As imagens seguintes

corresponderam, respectivamente, às longitudes de cruzamento 52.4° W e 49.3° W. Ou seja, a área de estudo foi imageada cada vez mais obliquamente ("off-nadir"), com deslocamento relativo no sentido oeste nos dias seguintes. Dessa forma, o aumento progressivo nos níveis de cinza, considerando que a cobertura vegetal permaneceu inalterada, possivelmente foi determinado pelo ângulo de imageamento. Outros exemplos, similares a esse, podem ser observados em pares de imagens obtidas em dias subseqüentes: E1 e E2; E6 e E7, E10 e E11. Exceção foi observada no par E25 e E26 que será discutido adiante.

Considerando a época do ano em que a maioria das imagens foi gravada, bem como o ângulo de elevação solar no horário local de passagem do satélite, deslocamentos relativos da área de estudo na direção leste da imagem, ou seja, longitudes de cruzamento superiores a 56° , caracterizaram situações similares às de retroespalhamento ("backscattering"). Conforme Kimes (1983) e Kimes et al. (1984), a reflectância é maior quando se configura essa situação do que na visada diametralmente oposta ("fowardscattering"), embora em ambas, a reflectância seja mais elevada do que na visada vertical. Esse efeito foi ilustrado quando se compararam as imagens E6 e E8, gravadas nos dias julianos 200 e 205 de 1992. Igualmente, pelos motivos expostos anteriormente, considerou-se que não houveram alterações na cobertura vegetal. A imagem E8 representa um deslocamento de 8° da longitude de cruzamento com o Equador, e a E6 de 7° . Assim, o ângulo de visada determinado pelo sensor em relação ao nadir foi maior na E8, do que na E6. No entanto, o aumento de sinal registrado foi superior na imagem de visada menos oblíqua (E6). A geometria sol-alvo-sensor na imagem E6 caracterizou uma situação mais próxima do "backscattering", enquanto a outra (E8) caracterizou o "fowardscattering". Assim, no primeiro caso, em conformidade com as observações de Kimes (1983) e Kimes et al. (1984), verificou-se maior reflexão da vegetação em direção ao sensor do que no segundo.

O efeito da geometria de visada está documentado no gráfico da Figura 5.8, no qual foram plotados os níveis de cinza médios em função das longitudes de cruzamento do satélite com o Equador. O "backscattering" e "fowardscattering" estão evidenciados pelas elevações nos valores digitais em função do afastamento do nadir. Foram assinaladas aquelas imagens obtidas no período úmido, nas quais possivelmente se verificaram alterações significativas na cobertura vegetal. Esse gráfico sugere que o ângulo de visada pode causar alterações maiores no sinal captado pelo sensor do que as alterações fenológicas da cobertura vegetal.

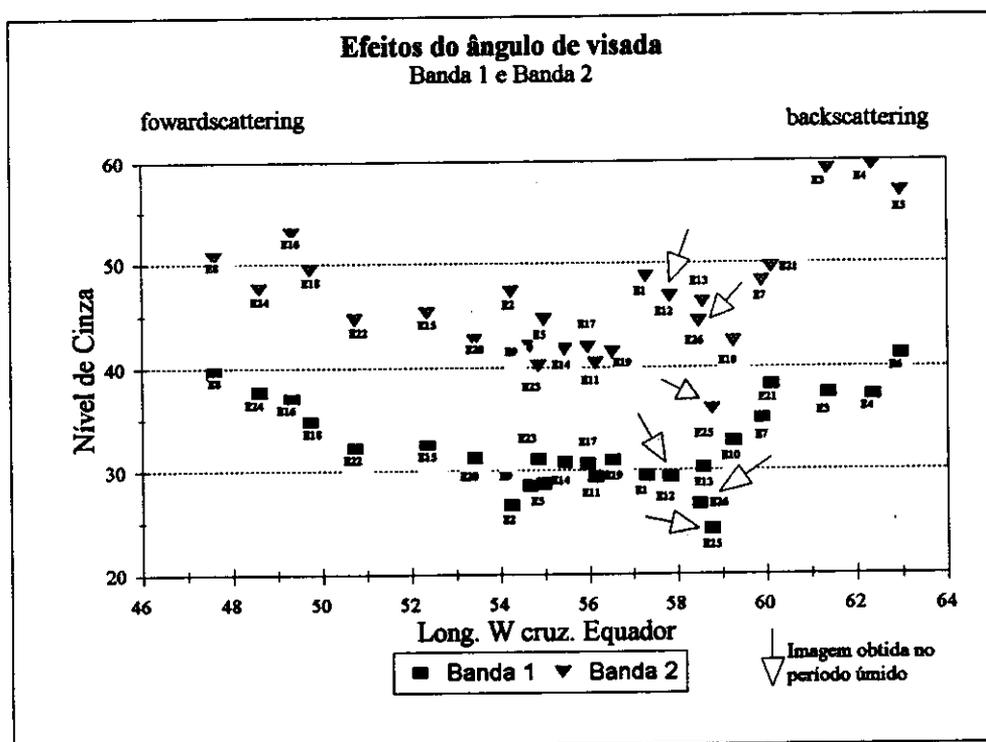


Fig. 5.8 - Variações nos níveis de cinza em função da longitude de cruzamento do satélite NOAA-11 com o Equador - bandas 1 e 2.

A banda 1 do AVHRR é portanto muito suscetível às condições geométricas de iluminação e visada, conforme discussão acima. Assim, para minimizar esses efeitos não relacionados às variações fenológicas da cobertura vegetal, os valores de pico foram desprezados e um novo gráfico foi gerado, utilizando os níveis de cinza correspondentes às visadas próximas ao nadir (Figura 5.9). O mesmo gráfico informa ainda, a variação da precipitação média mensal durante o período considerado.

Esse gráfico mostra variações sazonais, embora pequenas, nos níveis de cinza da banda 1. O valor máximo obtido foi 31.3 e o mínimo 26.7, ou seja, houve uma variação em torno de 17% do menor para o maior, correspondendo a 1.8% do intervalo radiométrico do sensor. Com o avanço da estação seca, verificou-se tendência de aumento nos valores digitais em ambos anos de observação. A ausência de chuvas possivelmente acentuou a deficiência de água nas camadas superficiais do solo, iniciando uma situação de estresse hídrico para as plantas do estrato herbáceo, que não têm raízes profundas. Com o passar do tempo, grande parte das folhas tenderam a secar e a morrer

e, concomitantemente, a clorofila deve ter sido degradada. Assim, a diminuição da concentração dos pigmentos absorvedores da luz visível, determinou maior reflexão da energia eletromagnética incidente nessa faixa espectral. Nessa situação, conforme observado, é esperado um aumento progressivo no sinal captado pelo sensor simultaneamente ao avanço da estação seca. Os resultados obtidos concordam com aqueles encontrados por Santos (1988). Esse autor mediu a variação temporal de biomassa em cerrado *strictu sensu* e observou que nas plantas do estrato herbáceo, havia uma componente sazonal evidente: a biomassa total diminuiu com o agravamento da estação seca e a biomassa verde decresceu de 37.6% para 20.37% em relação à biomassa foliar total desse estrato. Essas medidas foram feitas em duas épocas distintas: maio/junho e agosto/setembro. Quando Santos (1988) comparou as medidas de biomassa com variações temporais de reflectância, obtidos de imagens TM-Landsat, obteve a melhor correlação entre as primeiras e os dados da banda 3 do TM, correspondentes ao vermelho ($0.63 - 0.69\mu\text{m}$).

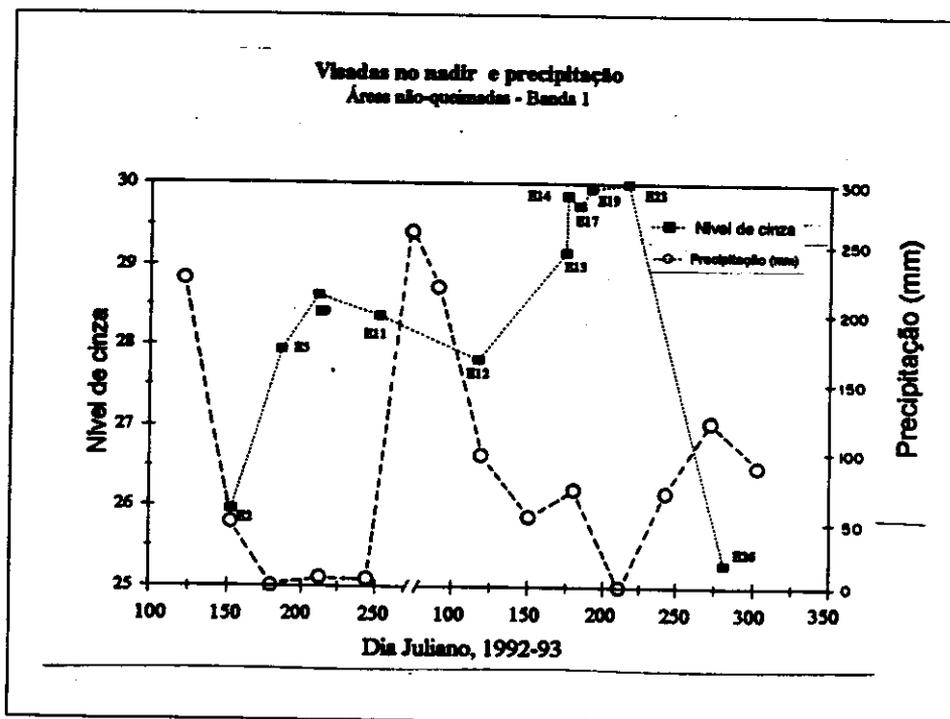


Fig. 5.9 - Variação temporal da precipitação e dos níveis de cinza da banda 1 nas visadas verticais do AVHRR/NOAA-11.

No começo da estação de chuvas, provavelmente iniciou-se o processo de rebrota da vegetação, acompanhado por aumento na síntese de clorofila. Assim, a reflexão de luz visível pela cobertura vegetal deve ter diminuído em consequência da maior taxa de absorção da energia eletromagnética nesse intervalo espectral. As imagens E25 e E26, quando comparadas com as do período anterior, evidenciaram esse processo. A partir da segunda quinzena de agosto/93, após 2 meses sem chuvas, iniciaram-se as precipitações, fato que deve ter desencadeado a rebrota da vegetação.

A imagem E12, adquirida no final da estação de chuvas também evidenciou a existência de uma cobertura vegetal ainda verde, já que seus níveis médios de cinza foram inferiores (exceto em E1) aos das imagens gravadas nas estações secas de 92 e 93. Esse valor, no entanto, possivelmente seria ainda inferior, retratando melhor o status da cobertura vegetal, não fosse o deslocamento de 2° no sentido leste da área de estudo em relação ao nadir, causando o efeito de retroespalhamento mencionado, conforme discussão anterior.

5.6.2. - BANDA 2 (0.72 - 1.1 μm)

De modo geral, a curva temporal de variação dos dados da banda 2 manteve-se paralela à da banda 1, embora com valores superiores. Os valores mínimos e máximos obtidos foram, respectivamente, 35.9 e 59.5 (Figura 5.10 e Tabela 5.5). Observaram-se, igualmente, variações dependentes do ângulo de visada. Valores particularmente elevados de níveis de cinza, e que aparentemente não se relacionam com alterações na cobertura vegetal, foram encontrados nas imagens "off-nadir", conforme verificado para a banda 1. Assim, as considerações relativas à geometria de iluminação e de visada feitas anteriormente são válidas também para a banda 2, e estão em conformidade com as observações de Kimes (1983) e Kimes et al. (1984). Novamente, uma seqüência de imagens gravadas em dias consecutivos evidenciou claramente o efeito da visada oblíqua: E13, E14, E15 e E16. O menor nível de cinza correspondeu à imagem na qual o PNE foi imageado próximo ao nadir (E14). Aumentos no ângulo de imageamento, em relação ao nadir, ocasionaram elevações progressivas nos valores digitais. Outros exemplos de imagens adquiridas em dias consecutivos, ou muito próximos, confirmam as observações acima: E6 e E7, E10 e E11, E19 e E20, E23 e E24. Exceção notável ocorreu, conforme verificado na banda 1, no par E25 e E26, discutido adiante.

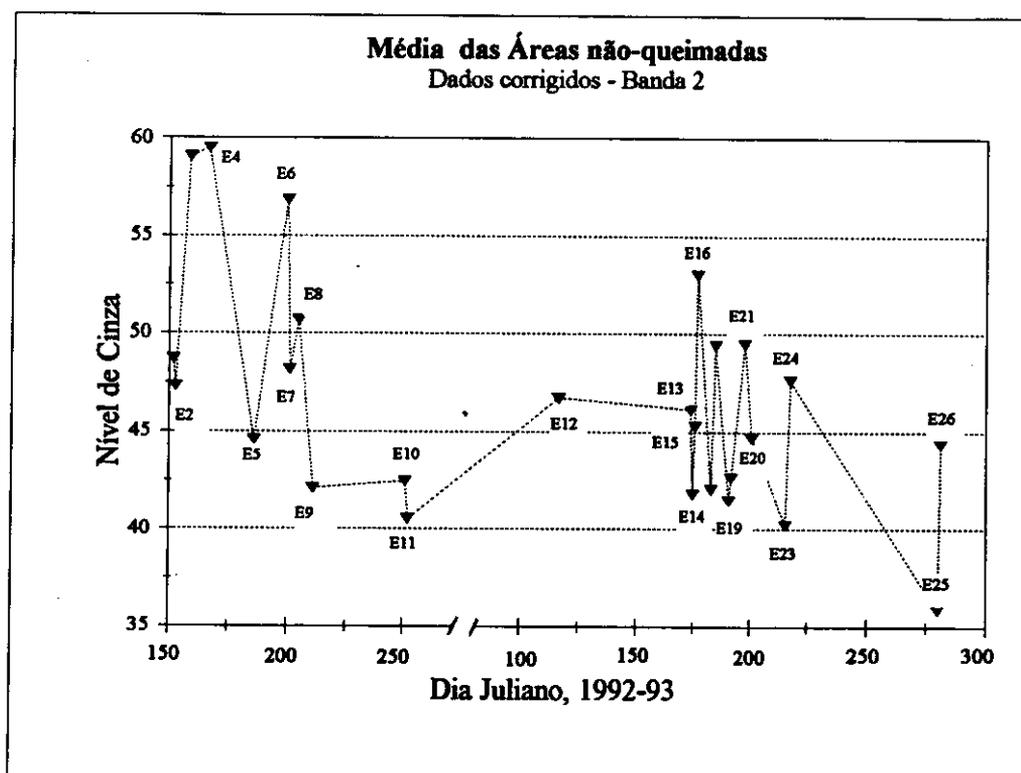


Fig. 5.10 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 2 nas "áreas não-queimadas".

O efeito "backscattering", em oposição ao "fowarscattering", também pôde ser constatado. As imagens E6 e E8, por exemplo, ilustraram, similarmente à banda 1, a maior reflexão da superfície em direção ao sensor na primeira ("backscattering") quando comparado à segunda ("fowardscattering"), embora o ângulo de imageamento da segunda tenha sido superior ao da primeira. O gráfico da Figura 5.8 evidencia os efeitos descritos acima.

Adotou-se também, procedimento igual àquele aplicado aos dados da banda 1, qual seja, utilizar somente as imagens obtidas próximas ao nadir, diminuindo efeitos da geometria de aquisição dos dados. A curva obtida indicou a sazonalidade da cobertura vegetal, conforme ilustrado na Figura 5.11. Nesse procedimento, os valores digitais mínimos e máximos corresponderam a 40.2 e 47.3, com variação em torno de 17.7% do menor para o maior, ou 2.8% da faixa radiométrica do sensor.

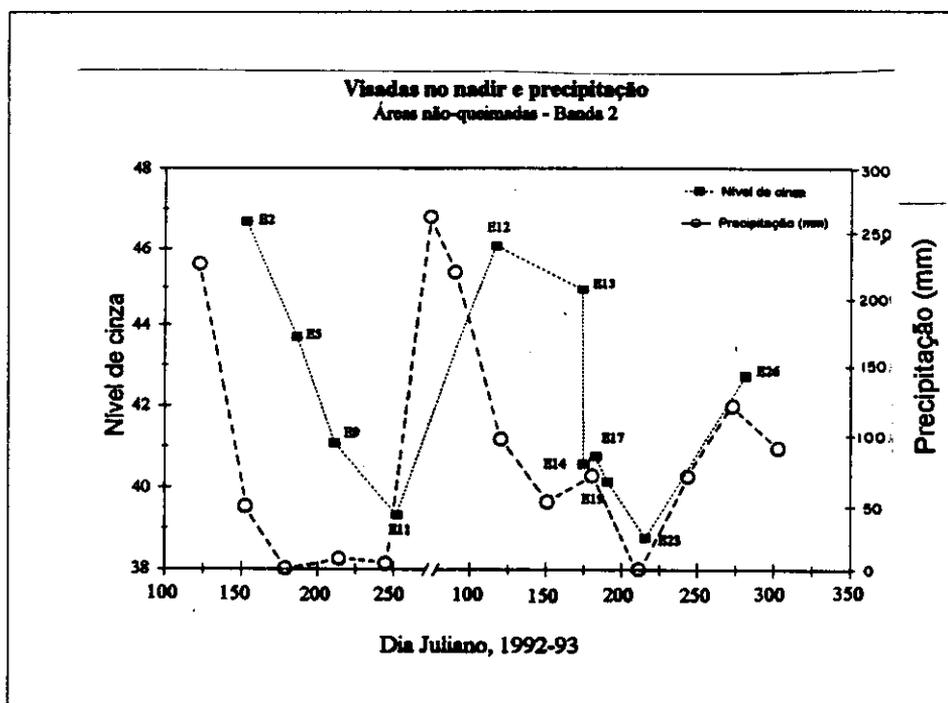


Fig. 5.11 - Variação temporal da precipitação e dos níveis de cinza da banda 2 nas visadas verticais do AVHRR/NOAA-11.

As imagens E12 e E26, correspondentes ao final e início da estação chuvosa, respectivamente, evidenciaram a presença de folhas saudáveis e, portanto, espalhadoras de radiação infravermelha próxima. Nas outras imagens, verificou-se diminuição progressiva nos níveis de cinza, conforme o avanço da estação seca. O agravamento da deficiência hídrica nas camadas superficiais do solo possivelmente desencadeou um processo de estresse para as plantas do estrato herbáceo que culminaram com a morte e queda de grande quantidade de folhas. Assim, o avanço da seca teria sido acompanhado pela diminuição na quantidade de folhas saudáveis e crescente acúmulo de folhas mortas sobre o solo. Conforme Gausman et al. (1976), em experimento com radiometria de campo, o fator de reflectância espectral no infravermelho próximo, considerando a largura da banda 2 do AVHRR, é menor em folhas mortas do que em folhas verdes e saudáveis. O crescente acúmulo de folhas secas no solo não é acompanhado por aumento no sinal captado. Por outro lado, acréscimos na quantidade de folhas verdes e saudáveis acarretam aumentos no fator de reflectância espectral, até que se atinja um valor constante. Assim, a diminuição dos níveis de cinza constatados ao longo das estações secas, pode ser explicada

pela redução paulatina na quantidade de estruturas espalhadoras de radiação infravermelha próxima, ou seja, as folhas verdes, em oposição à estação seca, na qual ocorre diminuição do espalhamento, devido à redução na quantidade de folhas saudáveis.

5.6.3. - BANDA 3 (3.55 - 3.93 μm)

As variações temporais verificadas na banda 3, ao contrário das anteriores, não foram aparentemente determinadas pelo ângulo de imageamento, conforme constatado no gráfico da Figura 5.12.

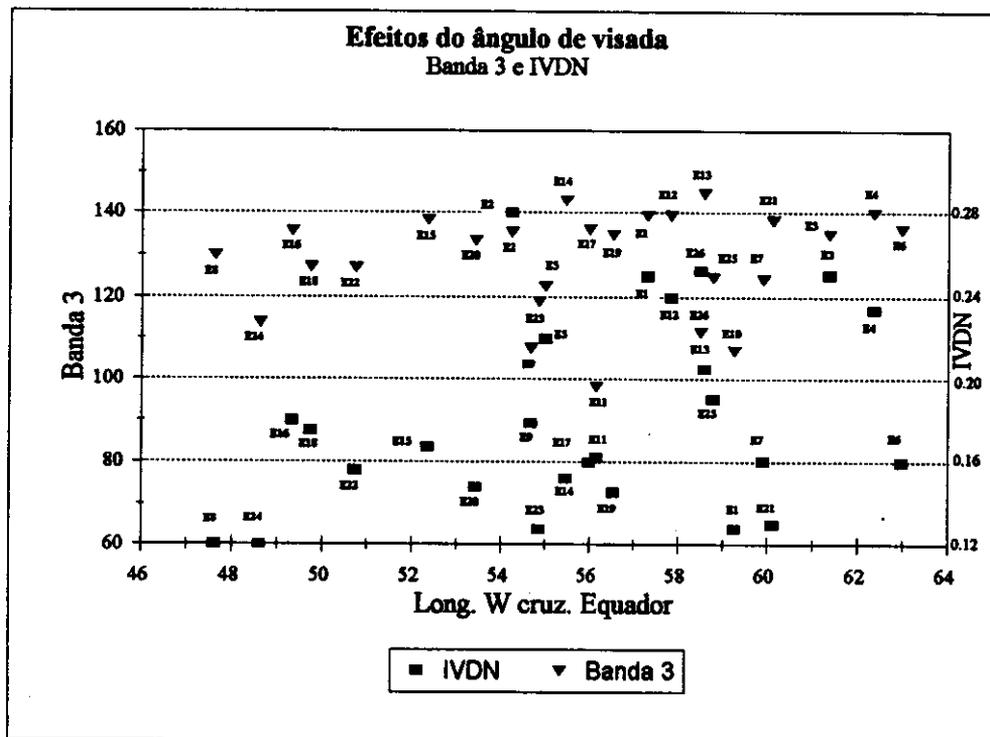


Fig. 5.12 - Variações da banda 3 e do IVDN em função da longitude de cruzamento do satélite NOAA-11 com o Equador.

O intervalo espectral dessa banda corresponde, em sua maior parte, à energia eletromagnética emitida que é, por sua vez, função principalmente da temperatura da superfície imageada. A escala de níveis digitais é invertida, por convenção, na banda 3. Assim, a grosso modo, pode-se afirmar que valores digitais baixos correspondem a

temperaturas superficiais elevadas e vice-versa. Há, no entanto, uma componente reflexiva que também contribui no sinal captado pelo sensor, embora não tenham sido localizadas referências bibliográficas descrevendo essa situação para coberturas vegetais.

Os níveis de cinza oscilaram entre 98.1 e 144.8, com variação em torno de 47.6% do primeiro para o segundo, correspondendo a 18.2% do intervalo radiométrico do sensor (Fig 5.13 e Tabela 5.5).

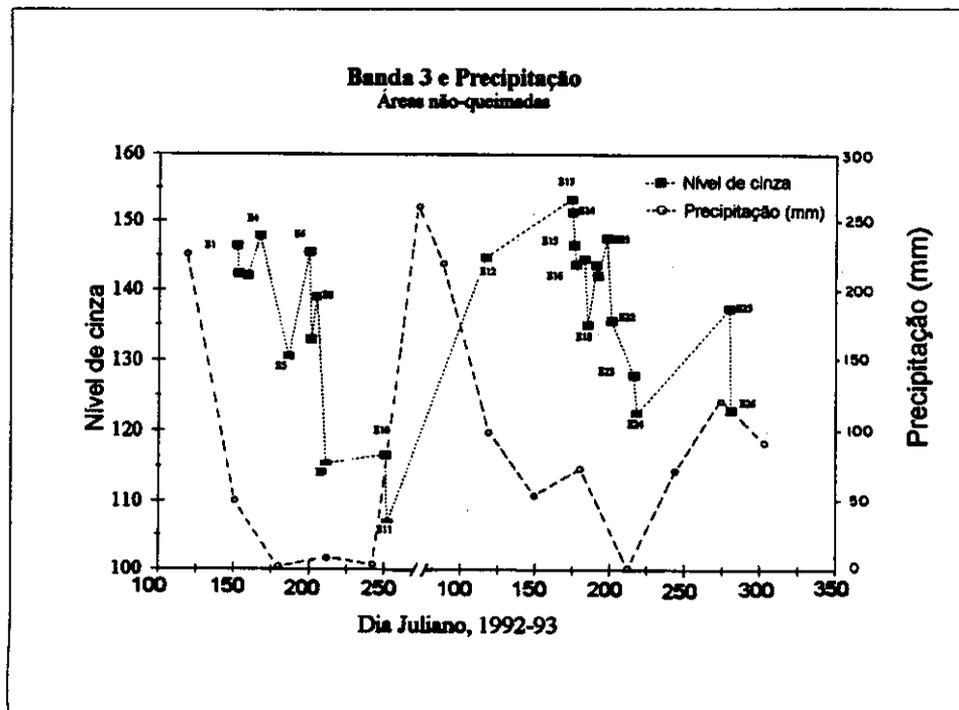


Fig. 5.13 - Variação temporal da precipitação e dos níveis de cinza da banda 3 nas "áreas não-queimadas".

De maneira geral, a curva de variação temporal dos níveis de cinza da banda 3 refletiu a sazonalidade da cobertura vegetal imageada: os valores digitais decresceram com o avanço da estação seca e se elevaram no início e final da estação chuvosa. Os menores valores possivelmente se relacionaram à maior exposição dos solos, dada a queda de folhas na estação seca. Inversamente, valores mais elevados, indicando diminuição da temperatura superficial, foram obtidos no final e início da estação chuvosa, quando as folhas rebrotaram e protegeram o solo da incidência direta da radiação solar.

Dessa forma, os dados da banda 3 também se relacionaram à fenologia da cobertura vegetal, indicando possivelmente, maior ou menor recobrimento do solo pela vegetação.

5.6.4. - IVDN

As variações do IVDN ao longo do tempo, de modo geral, refletiram a sazonalidade da cobertura vegetal da área de estudo: valores decrescentes ao longo da estação seca e aumentos no final e início do período de chuvas (Figura 5.14). O valor mínimo encontrado foi 0.12 e o máximo 0.28, com variação de aproximadamente 133.3% do menor para o maior (Tabela 5.5). Admitindo-se que o IVDN se correlaciona bem com parâmetros de vegetação tais como índice de área foliar e fitomassa verde, ele foi um bom indicador fenológico relacionado às folhas. Assim, nas plantas do estrato herbáceo, o agravamento da seca resultou, possivelmente, num processo de dessecação das folhas. Na ausência de chuvas, com o decorrer do tempo, parte das folhas do estrato herbáceo morreu e se acumulou no solo. Dessa forma, a quantidade de folhas verdes foi diminuindo progressivamente, e tal decréscimo refletiu-se na queda dos valores de IVDN. No final da estação chuvosa, em 1993, verificou-se um aumento no IVDN em relação ao período seco anterior, indicando que a cobertura vegetal se encontrava verde, apesar da redução das precipitações nos dias que antecederam a gravação da imagem. Na estação seca seguinte (1993), novamente os valores de IVDN decresceram, conforme o esperado. A ocorrência de chuvas a partir da segunda quinzena de agosto desencadeou a rebrota das plantas do estrato herbáceo e, conseqüentemente, um aumento no IVDN, já perceptível na imagem E26.

Também foram verificadas variações no IVDN que independeram de alterações na cobertura vegetal. Tais variações também podem ser ilustradas na seqüência de imagens E13, E14, E15 e E16 (Figura 5.7). No entanto, elas não dependeram diretamente do ângulo de imageamento como nas bandas 1 e 2 (Figura 5.12). Dessa forma, os resultados observados coincidiram com as conclusões de Kimes et al. (1983). Esses autores observaram que o IVDN não é tão suscetível às variações nos ângulos solares e de visada como o são as bandas individuais utilizadas em seu cálculo.

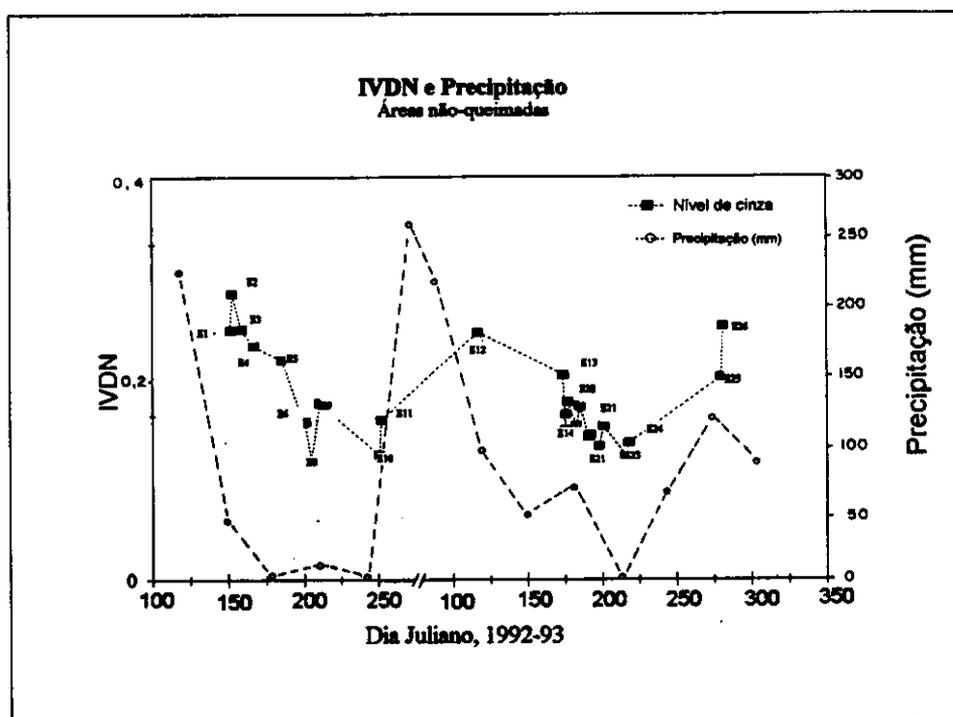


Fig 5.14 - Variação temporal da precipitação e do IVDN nas "áreas não-queimadas".

De maneira geral, as curvas relativas ao IVDN e à banda 3 foram paralelas. Essa observação coincide com os resultados obtidos por D'Souza e Malingreau (1994) quando da análise da região de desmatamentos tipo "espinhas de peixe" em Rondônia. Em um linha da imagem AVHRR, interceptando inúmeras áreas alternadas entre desmatamentos e florestas, a curva de IVDN refletiu a oscilação solo nu (baixos valores)/floresta (altos valores). Por outro lado, a curva relativa à banda 3 se portou de forma diametralmente oposta: valores máximos de radiância para áreas desmatadas e valores mínimos para áreas florestadas. Deve ser notado que, ao trabalhar com radiância, ao invés de níveis de cinza, ocorre a reinversão da escala, ou seja, valores elevados correspondem às temperaturas mais altas e vice-versa. Assim, evidenciou-se que os dados dessa banda trazem informações sobre o recobrimento do solo pela vegetação, os quais, em se tratando de campos limpos e sujos de cerrado, podem ser relacionadas às variações fenológicas verificadas nas folhas de plantas do estrato herbáceo.

5.6.5 - COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES DOS NÍVEIS DE CINZA NAS ÁREAS "QUEIMADAS" E "NÃO-QUEIMADAS"

Os dados das subáreas 6, 7 e 8, agrupados na classe "áreas queimadas", porém anteriores a ocorrência do incêndio, não serão discutidos já que eles se comportaram da mesma forma que aqueles da classe "áreas não-queimadas". A discussão que segue se detém às diferenças espectrais constatadas em cada banda e no IVDN, entre as duas classes em questão, após a ocorrência da queimada em agosto/92.

Na banda 1 (Figura 5.15), considerando-se a imagem E11, observou-se ligeiro aumento no nível de cinza da área queimada em relação a área que não queimou. Esse resultado pode ser explicado pela remoção da cobertura vegetal e maior exposição do solo, provocadas pelo fogo. Assim, por um lado foram subtraídos os elementos absorvedores de luz visível, ou seja, as folhas e, por outro, foi exposta uma superfície espalhadora de luz. Esses dois efeitos somados determinaram, possivelmente, um aumento, embora pequeno, na reflexão da luz visível. Deve ser levada em conta também, a ocorrência de chuvas na semana que antecedeu a gravação das imagens. É possível que uma quantidade considerável de cinzas tenha sido removida da superfície, aumentando o espalhamento da luz visível. Também deve ser levada em conta a possibilidade da regeneração da cobertura vegetal ter-se iniciado, provocando efeito contrário ao anterior, ou seja, absorção da energia eletromagnética no intervalo espectral considerado, resultante da síntese de clorofila.

A imagem E10, embora referente ao dia anterior à E11, mostrou menor diferença entre os níveis digitais das duas classes. Além disso, tal diferença foi o inverso da descrita anteriormente. É provável que neste caso, o efeito de visada "off-nadir" causando "backscattering", tenha sido mais pronunciado no solo exposto pela queimada do que naquele recoberto pela vegetação.

A imagem gravada em abril/93 (E12), portanto no final do período de chuvas, mostrou diferença, embora pequena, entre os dois tipos de cobertura vegetal. A vegetação deve ter rebrotado com mais vigor na área submetida ao fogo, em decorrência do aumento do teor de nutrientes provocado pela queimada. Adicionalmente, a remoção da vegetação seca pelo fogo deixou as folhas verdes mais expostas do que aquelas das áreas que não queimaram. A cobertura vegetal regenerada absorveu mais luz visível do que aquela que não queimou no ano anterior, determinando diminuição da intensidade do sinal captado pelo sensor.

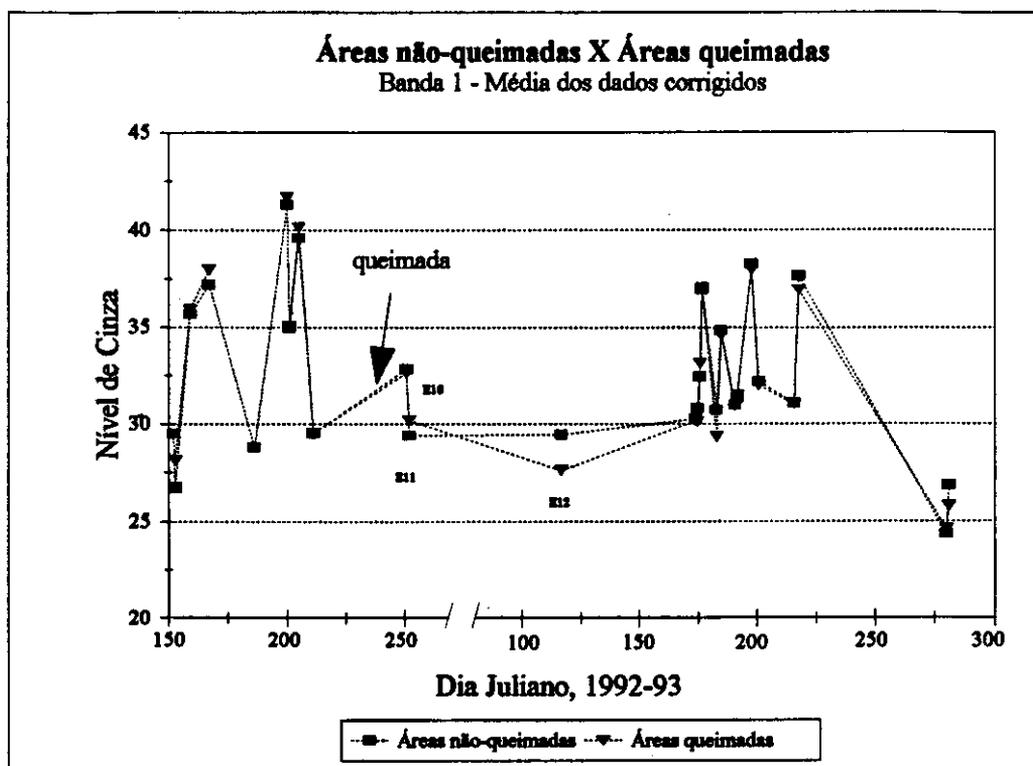


Fig. 5.15 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 1 nas "áreas queimadas" e "não-queimadas".

No período seco que se seguiu, as duas classes comportaram-se de maneira praticamente idêntica. Mas, no início da estação chuvosa de 93, a imagem E26 mostrou que o efeito da queimada ainda era perceptível quando da comparação das duas classes: nas áreas que queimaram, a absorção da luz visível permaneceu maior do que nas áreas que não queimaram, indicando maior atividade fotossintética nas primeiras.

Nos dados da banda 2, as diferenças entre as duas classes de cobertura vegetal foram mais pronunciadas. Na imagem E11, verificou-se considerável diminuição dos níveis de cinza nas áreas submetidas ao fogo em relação àquelas que não queimaram. Essa diferença pode ser atribuída à remoção das folhas, espalhadoras de radiação infravermelha próxima, nas áreas queimadas (Figura 5.16).

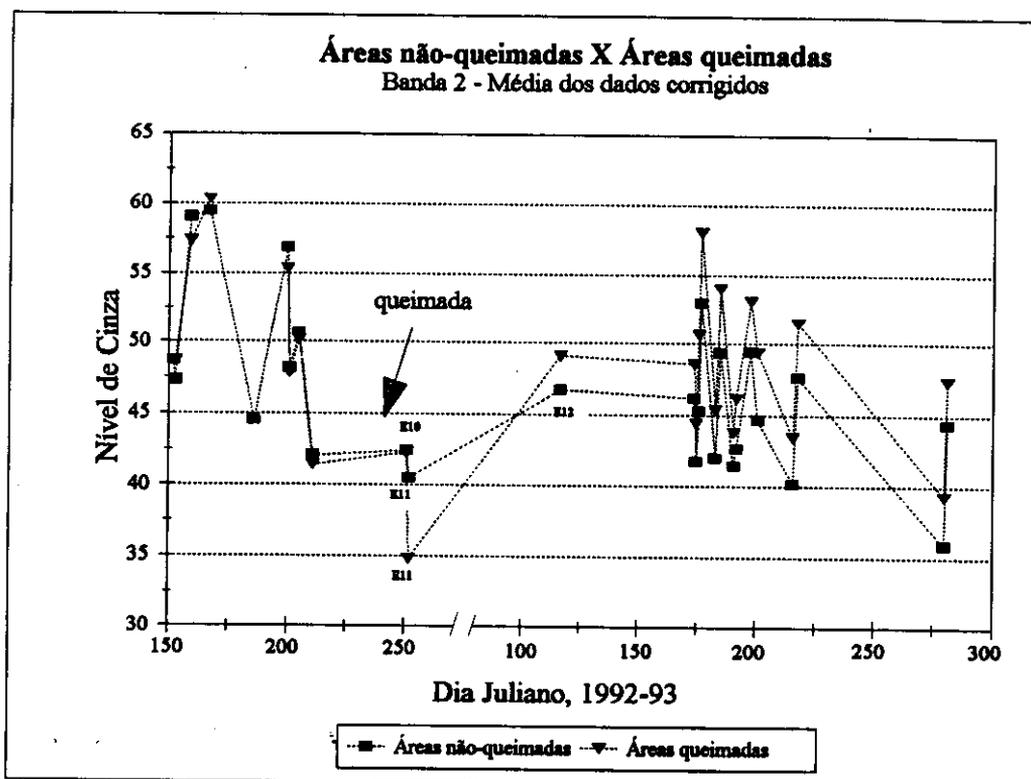


Fig. 5.16 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 2 nas "áreas queimadas" e "não-queimadas".

Para a imagem E10, quando comparada com a E11, valem as mesmas considerações feitas em relação à banda 1, ou seja, provavelmente o efeito do "backscattering" tenha sido mais pronunciado no solo nu do que naquele recoberto pela vegetação.

Em todas as imagens que se sucederam o par E10/E11, até o final do período de observação, os níveis de cinza da banda 2 mantiveram-se mais elevados nas áreas submetidas ao fogo. Essa diferença também pode ser explicada pelas observações de Gausman et al. (1976), ou seja, nas áreas que não queimaram, quando comparadas àquelas que queimaram, houve maior acúmulo de folhas secas no solo, que não refletem tanto quanto as folhas verdes. Por outro lado, a vegetação que rebrotou após a ação do fogo, possui maior quantidade de folhas verdes, principais elementos espalhadores da radiação no intervalo do infravermelho próximo. Além disso, as folhas verdes que rebrotaram após a queimada não estão encobertas pela vegetação seca, uma vez que essa foi removida pelo fogo.

Embora imagens "off-nadir" permitam comparações entre as classes "queimadas" e "não-queimadas", foram gerados gráficos nos quais se utilizaram as imagens próximas ao nadir das bandas 1 e 2, conforme procedimento descrito anteriormente (Figuras 5.17 e 5.18). As curvas obtidas evidenciaram tanto a sazonalidade da cobertura vegetal nas duas classes quanto as diferenças espectrais entre elas.

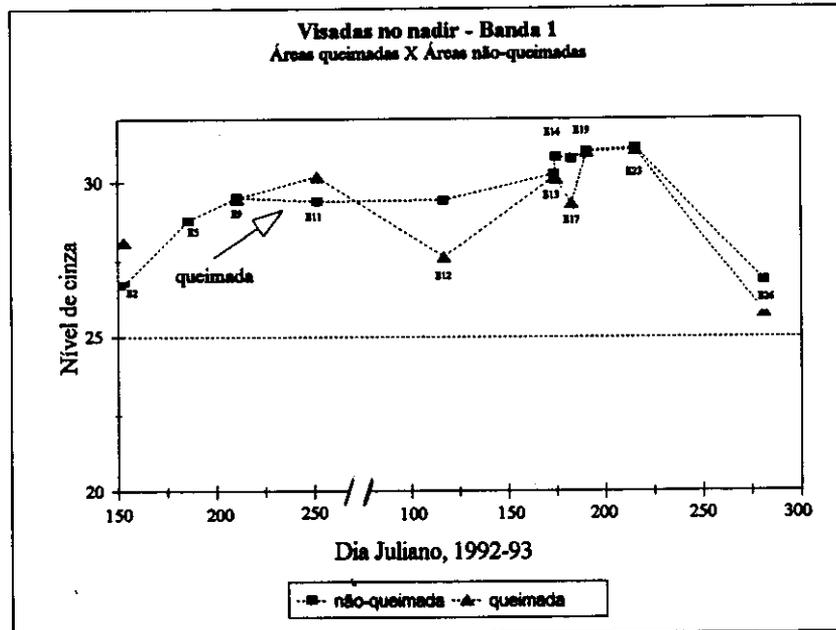


Fig. 5.17- Variação temporal dos níveis de cinza da banda 1 nas visadas verticais do AVHRR/NOAA-11: "áreas queimadas" e "áreas não-queimadas".

Nos dados oriundos da banda 3, verificou-se grande diferença nos níveis de cinza nas imagens obtidas após a queimada (Figura 5.19): na imagem E9, anterior ao evento, o nível médio de cinza registrado foi 107.8, caindo para 45.1 na imagem E11. Essa diminuição, da ordem de 58.2%, mostrou que mesmo tendo transcorrido um mês da data da queimada, o intervalo espectral da banda 3 foi aquele que evidenciou mais claramente a diferença entre a superfície recoberta por vegetação e aquela com solo exposto. Tal diferença foi causada, principalmente, pela variação de temperatura verificada entre as duas superfícies. Na área queimada e, portanto, com solo exposto, a temperatura manteve-se mais elevada do que naquela protegida pela cobertura de vegetação. Essas observações concordaram com os resultados obtidos por

Amaral (1992) que constatou ser essa banda AVHRR a que melhor discrimina desmatamentos em florestas.

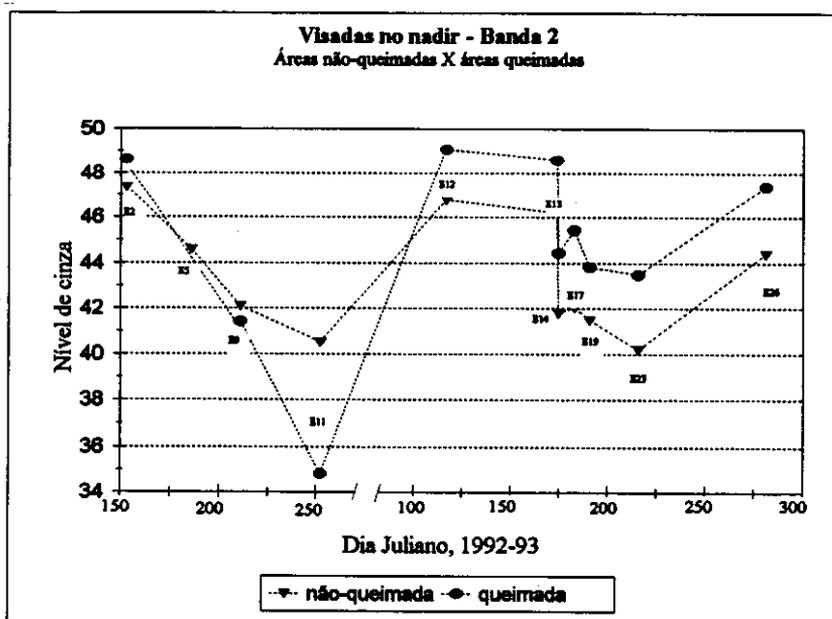


Fig. 5.18 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 2 nas visadas verticais do AVHRR/NOAA-11: "áreas queimadas" e "áreas não-queimadas".

Nas imagens seguintes, a partir de 1993, as duas curvas são coincidentes, indicando que os solos das áreas que queimaram foram recobertos por vegetação.

O IVDN mostrou nitidamente diferenças na cobertura vegetal quando comparadas as áreas queimadas com as não-queimadas (Figura 5.20). Logo após o incêndio, os valores de IVDN diminuíram. Tal diminuição, indicando a remoção da cobertura vegetal foi, como na banda 3, da ordem de 58.8% quando consideras as imagens E9 e E11. No entanto, no final da estação chuvosa de 1993, a situação se inverteu, mostrando que, em decorrência da ação do fogo, houve aumento perceptível da fitomassa fotossinteticamente ativa, quando comparadas às áreas que não queimaram. Além disso, as folhas verdes tornaram-se mais expostas pela remoção, em decorrência do fogo, das folhas secas. Essa diferença se manteve até o final do período de observação, evidenciando que os efeitos da queimada se mantiveram perceptíveis até pelo menos 13 meses após a ação do fogo.

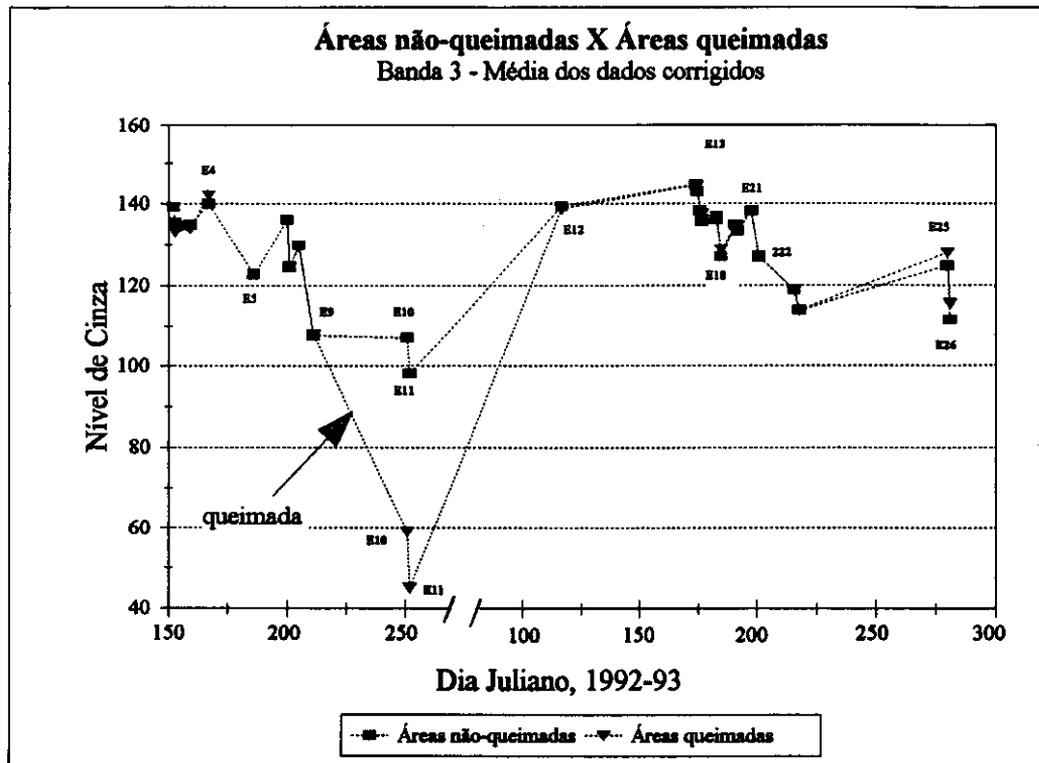


Fig. 5.19 - Variação temporal dos níveis de cinza da banda 3 nas áreas "não-queimadas" e "queimadas".

5.7 - AS IMAGENS E25 E E26

Essas duas imagens foram gravadas em dias consecutivos (07 e 08 de outubro/93, respectivamente) sendo que na segunda, a visada da área de estudo foi próxima ao nadir, em oposição à primeira, na qual o imageamento foi "off-nadir". Nessas condições, esperaria-se, admitindo que não houve alterações significativas na cobertura vegetal, níveis de cinza superiores na imagem E25 (bandas 1 e 2) em relação à E26. No entanto, os resultados obtidos foram o oposto dos esperados, ou seja, valores digitais mais elevados registraram-se na visada vertical ao terreno.

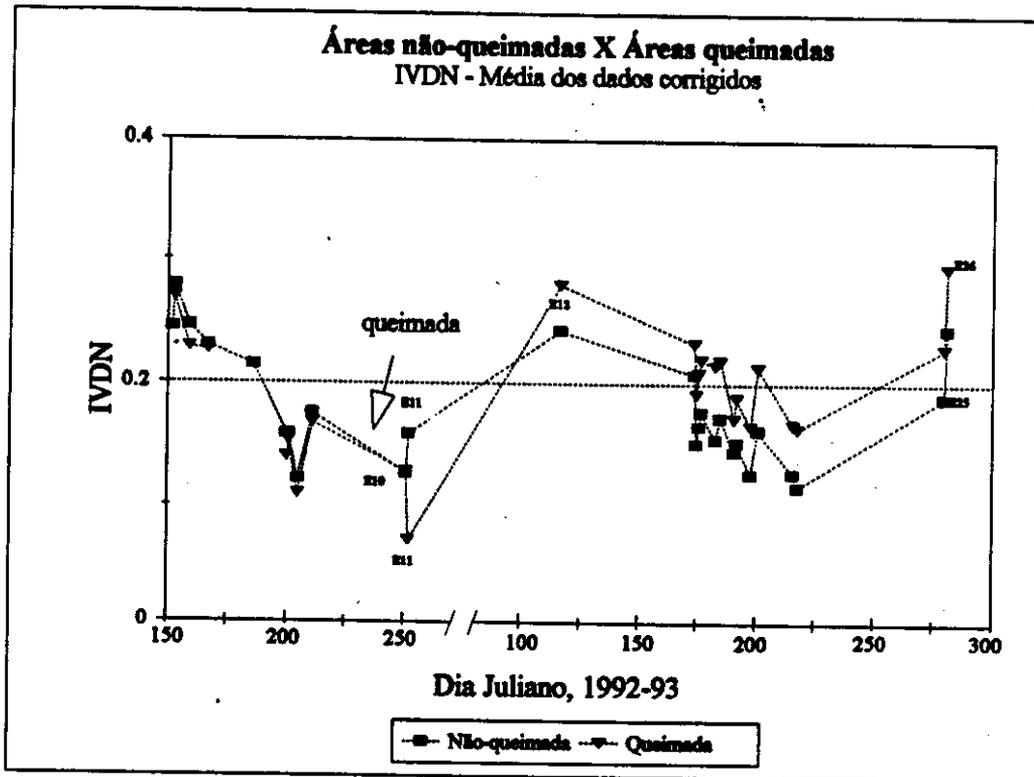


Fig. 5.20 - Variação temporal do IVDN nas áreas "não-queimadas" e "queimadas".

Uma possível explicação para esse fato seria a ocorrência de chuvas, registrada no dia 05 na estação climatológica de Jataí. Assim, supõe-se que a umidade do solo tenha sido maior no dia 07 do que no seguinte, alterando suas propriedades espectrais. Segundo Guyot (1989), a reflectância dos solos diminui progressivamente, tanto no intervalo espectral do visível quanto no do infravermelho próximo, conforme aumenta o teor de umidade no solos.

Nas duas imagens em questão, os dados da banda 3 não contradisseram essa suposição, uma vez que os valores digitais mais elevados, correspondendo portanto, às temperaturas menores, foram encontrados na imagem E25, o que seria factível, em se tratando de um solo mais úmido.

5.8 - AVALIAÇÃO DAS CORREÇÕES EFETUADAS NAS IMAGENS

Todas as análises apresentadas nesse trabalho foram feitas a partir dos dados corrigidos em relação à elevação solar (bandas 1 e 2) e à distância sol-Terra (bandas 1, 2 e 3).

Embora não tenha sido possível avaliar seguramente a eficiência das correções efetuadas, o comportamento das curvas obtidas em ambos conjuntos de dados indicam que tais correções melhoraram a qualidade dos dados, principalmente nas bandas 1, 2 e IVDN. Nas curvas obtidas dos dados corrigidos, evidenciou-se maior contraste entre as estações secas e úmidas quando comparadas às curvas dos dados não-corrigidos, como pode ser exemplificado na Figura 5.21, relativa ao IVDN.

Outras curvas comparando dados corrigidos com dados brutos encontram-se no Anexo 2.

5.9 - AVALIAÇÃO DA ÁREA QUEIMADA: COMPARAÇÃO ENTRE DADOS TM E AVHRR

O intervalo do nível de cinza, ou a "fatia" selecionada após testes visuais, para classificação da área queimada na imagem AVHRR/banda 3 foi aquela compreendida entre os níveis de cinza 52 e 90.

A avaliação da área ocupada pela classe "queimada", originária da fotointerpretação da imagem TM, obtida pelo SGI foi 281,89 Km². A correspondente avaliação de área na imagem AVHRR, conforme fatia descrita acima, foi 253 Km².

A avaliação de área queimada obtida pela imagem AVHRR foi portanto, cerca de 10% inferior àquela resultante da classificação visual da imagem TM/Landsat. Deve ser considerada a possibilidade da ocorrência de erros de fotointerpretação, dado o intervalo de quase 1 ano entre a ocorrência da queimada e a gravação da imagem TM. Melhores resultados provavelmente seriam obtidos de imagem TM gravada logo após a queimada. No entanto, os valores encontradas indicaram que os dados da banda 3 do AVHRR/NOAA, apesar da baixa resolução espacial, são também adequados às medidas de áreas submetidas às queimadas de grandes proporções. Esses resultados concordam com as observações de Amaral (1992) que obteve uma relação linear entre as avaliações de áreas desmatadas na floresta amazônica obtidas da classificação digital de imagens AVHRR e aquelas oriundas da interpretação visual de imagens TM. A

autora sugeriu a utilização da banda 3 do AVHRR, classificada por "fatiamento de níveis de cinza" para estimar a extensão dos desmatamentos em florestas. Mantovani (1993) também utilizou essa técnica de classificação da banda 3/AVHRR para detectar desmatamentos na floresta amazônica. No entanto, quando as áreas desmatadas foram estimadas, obtiveram-se valores superestimados em relação aqueles provenientes de imagens TM.

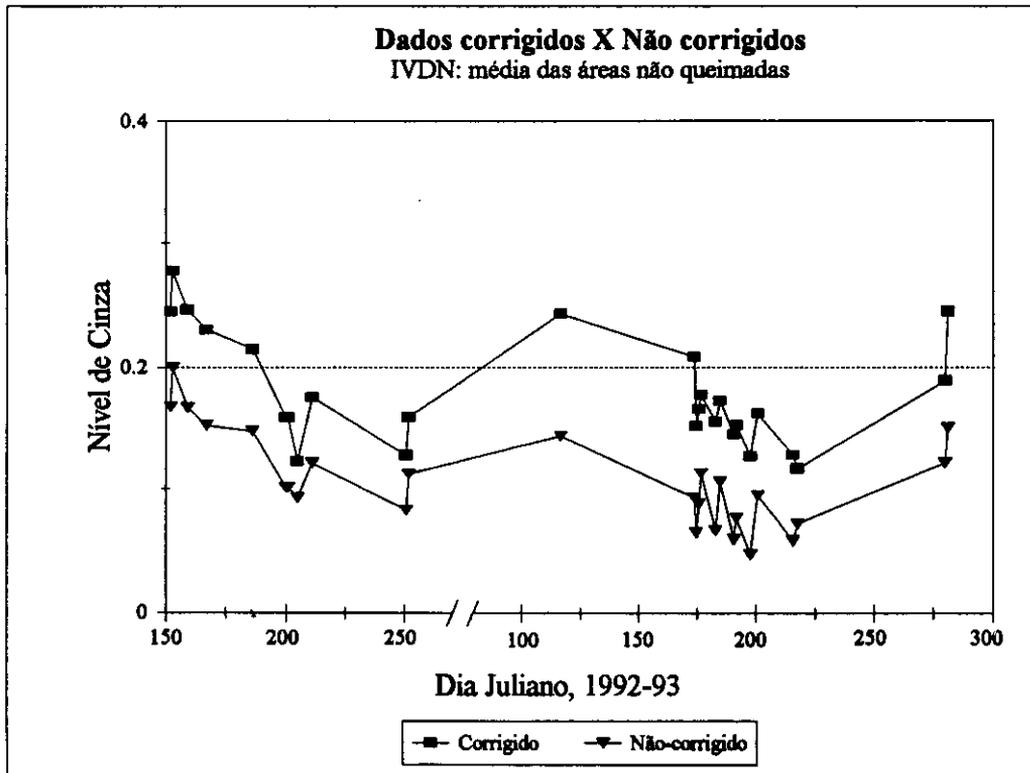


Fig. 5.21 - Comparação entre os dados AVHRR/NOAA-11 corrigidos e não-corrigidos: IVDN.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

Os dados temporais das bandas AVHRR/NOAA-11 1, 2 e 3 em sua máxima resolução espacial de 1.1 Km bem como o IVDN mostraram o comportamento sazonal da cobertura vegetal de cerrado (campos limpos e campos sujos) do Parque Nacional das Emas nos 18 meses de observação entre jun/92 e out/93. Os resultados foram obtidos a partir de 26 imagens utilizáveis, apesar de apenas 3 referirem-se à estação chuvosa.

As variações verificadas nos valores digitais da banda 1, entre 0.58 e 0.68 μm , evidenciaram grande dependência em relação ao ângulo de imageamento, confirmando as observações de Kimes (1983) e Kimes et al. (1984). Assim, aumentos nos níveis de cinza nas imagens "off-nadir", quando comparadas com aquelas de visada perpendicular ao terreno, não se relacionaram às alterações da cobertura vegetal. Esse efeito foi mais acentuado quando se configuraram situações de "backscattering", em oposição ao "forwardscattering". Analisando somente as imagens em que o PNE foi imageado próximo ao nadir, as variações temporais verificadas nos níveis de cinza, embora pequenas, em torno de 17%, mostraram as alterações sazonais da cobertura vegetal em questão. Desse modo, as elevações nos níveis de cinza registradas no decorrer das estações secas de 92/93 evidenciaram diminuição progressiva da quantidade de pigmentos absorvedores de luz visível decorrentes, provavelmente, da senescência e queda das folhas. Inversamente, no final e início da estação chuvosa, o decréscimo dos valores digitais mostraram um aumento da quantidade de clorofila relacionada à rebrota da vegetação do estrato herbáceo.

Similarmente, as variações nos níveis de cinza da banda 2, entre 0.72 e 1.1 μm , também mostraram grande dependência da geometria de visada, conforme estudos de Kimes (1983) e Kimes et al. (1984). Da mesma forma que na Banda 1, elevações nos valores digitais obtidos em imagens "off-nadir" quando comparados aqueles registrados em visadas perpendiculares ao terreno, não corresponderam às eventuais alterações na cobertura vegetal. Os efeitos "backscattering" e "forwardscattering" também foram evidenciados. A análise temporal dos valores digitais da banda 2, considerando apenas as imagens em que a área de estudo foi imageada próxima ao nadir, no entanto, mostraram as mudanças sazonais da vegetação. Nessa banda, registrou-se variação em torno de 18% do nível de cinza mínimo para o

máximo. Assim, níveis digitais decrescentes ao longo da estação seca evidenciaram a diminuição na quantidade de folhas saudáveis, principais estruturas espalhadoras de radiação infravermelha próxima. No final e início do período úmido, aumento na quantidade de folhas saudáveis acarretou elevação dos níveis de cinza, indicando que a cobertura vegetal havia rebrotado.

As variações verificadas nos dados relativos à banda 3, entre 3.55 e 3.93 μm não mostraram dependência direta do ângulo de visada, conforme constatado nas bandas 1 e 2. Os níveis de cinza variaram em torno de 47%, do mínimo para o máximo registrado. Os dados da banda 3, dada sua grande dependência da temperatura superficial, mostraram, também, variações relacionadas à fenologia da cobertura vegetal. O maior recobrimento do solo pelas folhas nos períodos úmidos foi verificado nos registros de níveis de cinza mais elevados, correspondentes às menores temperaturas superficiais. Na estação seca, inversamente, a senescência e queda das folhas provocou maior exposição do solo e conseqüente aumento da temperatura superficial, evidenciado pela elevação nos valores digitais.

As variações constatadas no IVDN, em torno de 133% do menor para o maior valor, foram igualmente relacionadas às alterações sazonais da cobertura vegetal. Da mesma forma que na banda 3, não foi constatada dependência direta do IVDN ao ângulo de imageamento. O decréscimo de seus valores, verificado durante a estação seca, mostrou a diminuição da fitomassa verde decorrente do déficit hídrico nas camadas superficiais do solo. Valores mais elevados, registrados nos períodos úmidos, por outro lado, indicaram a rebrota das folhas e, portanto aumento da fitomassa fotossinteticamente ativa.

Em todas as bandas, bem como no IVDN, a regeneração da vegetação após a ocorrência da queimada foi verificada.

No mês seguinte a ocorrência do incêndio, os valores digitais da banda 1 foram um pouco superiores nas áreas submetidas ao fogo quando comparados aqueles obtidos nas áreas não queimadas, evidenciando a remoção da cobertura vegetal. Inversamente, nas imagens subseqüentes, gravadas na estação úmida, os valores digitais registrados nas áreas queimadas foram superiores àqueles das áreas não-queimadas, mostrando que a vegetação que aí rebrotou diferiu, quanto à resposta espectral na região do visível, daquela que não queimou. A redução nos valores relativos à banda 2, bem como no IVDN, evidenciaram a ausência da cobertura vegetal após o incêndio. Essa redução no IVDN foi da ordem de 59%. Por outro lado, nas imagens seguintes e até o final do período de observação, seus valores

mantiveram-se superiores aqueles encontrados nas áreas não-queimadas, indicando que os efeitos decorrentes do fogo ainda eram perceptíveis na cobertura vegetal até 13 meses após o incêndio. Decorrido 1 mês da data da queimada, os dados da banda 3 evidenciaram, pela redução de aproximadamente 58% verificada nos níveis de cinza, as alterações na superfície, ou seja, a remoção da cobertura vegetal. Tal decréscimo nos valores digitais decorreu, principalmente, da diferença de temperatura entre as duas superfícies. No entanto, não foram registradas diferenças entre essas duas áreas a partir do final da estação chuvosa seguinte, indicando o recobrimento do solo pela vegetação na área submetida ao fogo.

A avaliação de área queimada obtida pela classificação por "fatiamento de níveis de cinza" da imagem AVHRR/banda 3, gravada 1 mês após a queimada, correspondeu a um valor 11% inferior àquela obtida da fointerpretação de imagem TM/Landsat. Esse resultado indicou que as imagens de baixa resolução também podem ser utilizadas para determinar a extensão das queimadas com aproximação razoável.

Verificou-se nesse trabalho que os objetivos propostos para uma área teste foram atingidos. Os resultados obtidos indicaram que, apesar da dificuldade de obtenção de imagens sem cobertura de nuvens durante a estação de chuvas, as imagens espectrais de baixa resolução espacial - 1.1 Km - geradas pelo sensor AVHRR a bordo do satélite NOAA-11 podem ser utilizadas para o monitoramento periódico dos cerrados brasileiros. A variação temporal verificada nos dados indicaram, de maneira genérica, o estágio fenológico, principalmente das folhas da cobertura vegetal. Da mesma forma, esses dados mostraram os efeitos decorrentes da remoção da cobertura vegetal após ocorrência de queimadas bem como das diferenças espectrais entre a vegetação que rebrotou após a passagem do fogo e aquela que não queimou.

Esse trabalho apresentou resultados preliminares positivos, indicando a potencialidade de aplicação dos dados AVHRR no monitoramento regular dos cerrados brasileiros. Para aprofundar esses estudos, seguem-se algumas sugestões de pesquisas:

- continuidade do acompanhamento temporal no PNE utilizando os dados AVHRR/NOAA. A queimada verificada em agosto/1994, atingindo a quase totalidade de sua área, permitirá comparações com os resultados obtidos nesse trabalho.

- trabalhos de campo quantificando as variações sazonais de fitomassa em campos limpos e sujos de cerrado para comparação com as alterações temporais dos dados AVHRR.

- radiometria de campo, utilizando os intervalos espectrais correspondentes às bandas 1, 2 e 3 do AVHRR, para aprofundar conhecimentos da reflexão espectral da vegetação e interpretação de imagens NOAA.

- radiometria de campo para estudos de reflexão espectral dos solos do cerrado e sua contribuição nas imagens AVHRR.

- estudos dos efeitos da geometria de iluminação e visada nas imagens AVHRR com vistas à correção dos dados obtidos em visadas "off-nadir".

- verificar em outras localidades a precisão de avaliação de área desmatada obtida pelos dados da banda 3 do AVHRR.

- verificar a viabilidade da utilização dos sistemas radares para monitoramento dos cerrados, uma vez que eles não estão sujeitos às limitações impostas pela cobertura de nuvens e poderiam complementar as informações obtidas pelas imagens AVHRR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aase, J.K.; Siddoway, F. H. Determining winter wheat stand densities using spectral reflectance measurements. **Agronomy Journal**, 72(1):149-152, Jan./Feb. 1980.
- Ab'Saber, A.N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: Ferri, M.G., coord. **Simpósio sobre o cerrado**, 3., São Paulo, Edgar Blücher/Edusp, 1971, p. 1 -14.
- Ashley, M.D.; Rea, J. Seasonal vegetation differences from ERTS imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 41(6):713-719, June 1975.
- Amaral, S. **Imagens do sistema AVHRR/NOAA na detecção e avaliação de desmatamentos na floresta amazônica - relações com dados do sistema TM/Landsat.** (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1992. (INPE-5501-TDI/516).
- Antunes, M.A.H.; Assad, E.D.; Batista, G.T. Variação das medidas espectrais tomadas com espectrorradiômetro ao longo do ciclo de crescimento da soja. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, Maio 10- 14, 1993. **Anais.** São José dos Campos, INPE, 1993, v.3, p.1-9.
- Batista, G.T.; Shimabukuro, Y.E.; Lawrence, W.T. Monitoramento da cobertura florestal através de índices de vegetação do NOAA-AVHRR. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, Maio 10-14, 1993. **Anais.** São José dos Campos, INPE, 1993, v.2, p.30-37.
- Blair, B.O.; Baumgardner, M.F. Detection of the green and brown wave in hardwood canopy covers using multirate, multispectral data from LANDSAT-1. **Agronomy Journal**, 69(5):808-811, Sept./Oct. 1977.
- Coutinho, L.M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, 12(68):22-30, nov.1990a.
- Coutinho, L.M. Fire in the ecology of the brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota.** New York, Springer-Verlag, 1990b. cap. 6, p 82-105. (Ecological studies, 84)

- D'Souza, G.; Malingreau, J.P. NOAA-AVHRR studies of vegetation characteristics and deforestation mapping in the Amazon Basin. **Remote Sensing Reviews**, 10:5-34. 1994.
- Fernandes, L.A. **Histórico das queimadas no Parque Nacional das Emas**. Mineiros, set. 1993. Comunicação pessoal.
- Fernandes, A.E. **Sistema computacional para detecção operacional de queimadas integrando imagens AVHRR/NOAA nos ambientes SITIM, SGI E SPRING**. São José dos Campos, jan., 1994. Comunicação pessoal.
- Ferri, M.G. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o cerrado. In: **Simpósio sobre o cerrado**. 2.ed. São Paulo, Edgar Blucher/Edusp, 1971. p. 7-35.
- Gausman, H.W.; Rodriguez, R.R.; Richardson, A.J. Infinite reflectance of dead compared with live vegetation. **Agronomy Journal**, 68 (2): 295-296, Março-abril/1976.
- Gausman, H.W. **Plant leaf optical properties in visible and near-infrared light**. Texas, Texas Tech University, 1985. 78 p. (Graduate Studies, 29).
- Gusmão, R.P. O desenvolvimento do espaço rural da região dos cerrados. In: Marchetti, D. e Machado, A.D. (coord). **V Simpósio sobre o cerrado: uso e manejo**. Brasília, Editerra, 1980, p. 213-221.
- Goward, S.N.; Tucker, C.J.; Dye, D.G. North american vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. **Vegetatio**, 64(1):3-14, Dec. 1985.
- Guyot, G. **Signatures spectrales des surfaces naturelles**. Caen, Paradigme, 1989. 178p.
- Guyot, G. Optical properties of vegetation canopies. In: Steven, M.D.; Clark, J.A. (ed.). **Applications of remote sensing in agriculture**. London, Butterworths, 1990. 427 p.
- Henricksen, B.L. Reflections on drought: Ethiopia 1983-1984. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1447-1451, Nov. 1986.
- Henricksen, B.L.; Durkin, J.W. 1984. Growing period and drought early warning in Africa using satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11): 1583-1608, Nov. 1986.

- Hielkena, J.U.; Prince, S.D.; Astle, W.L. Rainfall and vegetation monitoring in the savanna zone of the Democratic Republic of Sudan using the NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1499-1513, Nov. 1986.
- Hiernaux, P.H.Y.; Justice, C.O. Suivi du développement végétal au cours de l'été 1984 dans le Sahel Malien. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1515-1531, Nov. 1986.
- Hoffer, R.M. Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: Swan, P.H.; Davis, S.M., ed. **Remote sensing: the quantitative approach**. Indiana, McGraw-Hill, 1978. p.227-289.
- Holben, B.N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1417-1434. Nov. 1986.
- Hopp, R.J. Plant phenology observation networks. In: Lieth, H. (ed.). **Phenology and seasonality modeling**. New York, Springer-Verlag, 1974. p. 23-43.
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). **Parque Nacional das Emas: Plano de Manejo**. Brasília, IBDF, 1978.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Unidades de conservação do Brasil**. Brasília, IBAMA, 1989.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Parque Nacional das Emas: documento base - plano de ações emergenciais**. Brasília, 1994.
- Justice, C.O.; Townshend, J.R.G.; Holben, B.N.; Tucker, C.J. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, 6(8):1271-1318, Aug. 1985.
- Justice, C.O.; Hiernaux, P.H.Y. Monitoring the grasslands of the Sahel using NOAA AVHRR data: Niger 1983. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1475-1497. Nov. 1986.
- Justice, C.O.; Holben, B.N.; Gwynne, M.D. Monitoring east African vegetation using AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1453-1474, Nov. 1986.

- Kidwell, K.B. **Global vegetation index user's guide.** Washington, DC, NOAA, 1990.
- Kidwell, K.B. **NOAA polar orbits data: user guide (Tiros-N, NOAA-6, NOAA-7, NOAA-8, NOAA-9, NOAA-10, NOAA-11 AND NOAA-12).** WASHINGTON, DC, NOAA, 1991.
- Kimes, D.S. Dynamics of directional reflectance factor distributions for vegetation canopies. **Applied Optics**, 22(9):1364-1372, May 1983.
- Kimes, D.S.; Holben, B.N.; Tucker, C.J. Optimal directional view angles for remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, 5(6):887-908, 1984.
- Knipling, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, 1:155-159, 1969.
- Labouriau, L.F.G. Problemas da fisiologia ecológica dos cerrados. In: Ferri, M.G., coord. **Simpósio sobre o cerrado.** São Paulo, Edusp, 1971. p. 203-242.
- Lieth, H. Phenology in productivity studies. In: Reichle, D. (ed.) **Temperate forest ecosystems.** New York, Springer-Verlag, 1970. p. 29-46. (Ecological Studies: analysis and synthesis, 1)
- Lieth, H. Purposes of a phenology book. In: Lieth, H. (ed.). **Phenology and seasonality modeling.** New York, Springer-Verlag, 1974. p. 55- 75.
- Lloyd, D. A phenological classification of terrestrial vegetation cover using shortwave vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 11(12):2269-2279, 1990.
- Malingreau, J.P. Global vegetation dynamics: satellite observations over Asia. **International Journal of Remote Sensing**, 7(9):1121-1146, Sept. 1986.
- Mantovani, A.C.M. **Detecção de desmatamentos na floresta amazônica através de imagens AVHRR/NOAA e do sistema de informações geográficas SGI: metodologia de um sistema potencial de alerta.** (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.
- Marmorì, M. O fogo na justa medida. **Ciência Hoje**, 12(68):30, Nov. 1990.

- Morain, S.A. Phenology and remote sensing. In: Lieth, H. (ed.). **Phenology and seasonality modeling**. New York, Springer-Verlag, 1974. p. 55- 75.
- Morellato-Fonzar, L.P.C. **Estudo comparativo de fenologia e dinâmica de duas formações florestais na serra do Japi, undiaí-SP**. (Dissertação de Mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas, 1987. 195 p
- Nimer, E; Brandão, A.M.P.M. **Balanco hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 166 p.
- Pereira, M.D.B. **Correlação de fitomassa foliar de campo cerrado com dados espectrais obtidos pelo sistema MSS/Landsat e por radiometria de campo**. (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985, 70 p. (INPE-3758-TDL/205).
- Rizzini, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. São Paulo, Hucitec/Edusp, 1976. 2 V.
- Rizzo, J.A; Centeno, A.J.; Lousa, J.S.; Filgueiras, T. Levantamento de dados em áreas de cerrado e da floresta caducifólia tropical do planalto central. In: Ferri, M.G., coord. **Simpósio sobre o cerrado**, 3 São Paulo, Edgar Blücher/Edusp, 1971, p. 103-109.
- Santos, J.R.; Shimabukuro, Y.E. O sensoriamento remoto como indicador das fenofases dos cerrados brasileiros: estudo de caso com dados AVHRR/NOAA. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, Maio 10-14, 1993. **Anais**. São José dos Campos, INPE, 1993, v.2, p.249-257.
- Santos, J.R. **Biomassa da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor "Thematic Mapper" do satélite Landsat**. (Tese de Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988. 156 p.
- Singh, S.M. Vegetation dynamics, CO₂ cycle and El Niño phenomenon. **International Journal of Remote Sensing**, 13(11):2069-2077. July 1992.
- Townshend, J.R.G.; Justice, C.O. Analysis of the dynamics of african vegetation using the normalized difference vegetation index. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1435-1445, Nov. 1986

- Tucker, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, 8(2):127-150, May 1979.
- Tucker, C.J.; Holben, B.N.; Elgin Jr., J.H.; McMurtrey, J.E. Remote sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat. **Remote Sensing of Environment**, 11:171-189, July 1981.
- Tucker, C.J.; Gatlin, J.A. Monitoring vegetation in the Nile delta with NOAA-6 and NOAA-7 AVHRR imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 50(1):53-61, Jan. 1984.
- Tucker, C.J.; Townshend, J.R.G.; Goff, T.E. African land-cover classification using satellite data. **Science**, 227(4685):369-375, Jan. 1985.
- Tucker, C.J.; Sellers, P.J. Satellite remote sensing of primary production. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11):1395-1416, Nov. 1986.
- Wielgolaski, F. Phenology in agriculture. In: Lieth, H. (ed.). **Phenology and seasonality modeling**. New York, Springer-Verlag, 1974. p. 369-381.

APÊNDICE 1

SUBÁREA 1 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN

	Imag.	máx	desvio	máxim	mínim	el.eolar	Rad. (W/m2)	dist. sol	cor. el. s	Rad. cor (W/m2)	nv. chub
B	E1	17.0	0.3	18	17	25.6	15.6	2.3	20.5	38.3	28.4
	E2	17.8	0.4	18	17	27.8	15.4	2.3	17.5	35.1	27.8
	E3	19.7	0.5	20	19	22.2	18.2	2.4	31.6	53.0	36.8
	E4	21.4	2.8	31	19	21.4	22.4	2.5	36.0	63.9	42.4
	E5	18.2	0.8	20	17	27.6	16.1	2.8	18.6	37.4	28.0
	E6	21.0	0.3	22	21	22.0	23.5	3.0	37.8	64.1	42.5
	E7	20.0	0.2	21	20	25.1	18.8	3.0	28.8	48.6	35.2
	E8	25.9	0.3	28	25	34.8	31.3	3.0	23.5	57.9	36.4
	E9	19.2	0.4	20	19	30.2	16.1	3.1	17.8	38.0	29.8
	E10	20.8	0.5	22	20	28.8	21.4	3.7	21.5	46.8	33.7
	E11	19.2	0.4	20	19	32.7	18.2	3.8	15.5	37.4	29.0
	E12	18.0	0.0	18	18	20.8	11.8	1.7	21.3	34.8	27.7
	E13	15.1	0.3	16	15	15.4	10.0	2.8	27.7	40.3	30.5
	E14	14.3	0.4	15	14	17.8	8.4	2.8	18.0	30.0	25.2
	E15	17.2	0.5	18	17	20.4	14.2	2.8	28.5	43.3	32.0
	E16	20.0	0.0	20	20	22.8	18.7	2.8	31.0	53.4	37.1
	E17	15.9	0.3	16	15	17.8	11.8	2.7	26.3	40.8	30.6
	E18	18.0	0.3	18	18	22.8	17.6	2.8	27.7	48.1	34.4
	E19	18.0	0.3	18	15	17.8	11.7	2.8	26.4	40.8	30.8
	E20	18.8	0.3	17	18	20.4	13.8	2.9	25.4	41.8	31.3
E21	17.1	0.3	18	17	15.3	14.0	2.8	38.8	55.8	38.3	
E22	18.1	0.3	19	18	23.2	18.8	3.0	24.6	43.8	32.1	
E23	17.0	0.0	17	17	21.0	13.8	3.2	24.8	41.7	31.1	
E24	22.0	0.2	22	21	28.4	23.8	3.2	28.4	58.2	38.5	
E25	18.0	0.2	17	18	28.4	11.8	4.2	12.3	28.4	24.4	
E26	18.3	1.4	23	18	22.8	12.5	4.2	18.8	38.2	28.4	
A	E1	25.4	0.8	28	23	25.6	24.1	2.3	31.7	58.0	48.3
	E2	27.0	0.7	28	24	27.8	28.3	2.3	28.8	58.4	48.6
	E3	27.8	0.3	28	27	22.2	27.8	2.4	45.5	78.5	61.8
	E4	28.7	2.5	38	28	21.4	30.2	2.5	52.8	85.3	68.5
	E5	25.0	0.5	28	24	27.8	23.4	2.8	27.1	53.3	48.0
	E6	27.8	0.4	28	28	22.8	28.3	3.0	42.2	71.5	58.7
	E7	25.0	0.4	28	24	25.1	23.5	3.0	31.8	58.3	48.5
	E8	32.1	0.4	33	31	34.8	33.8	3.0	25.2	61.8	52.0
	E9	24.8	0.4	26	24	30.2	23.4	3.1	23.1	48.6	43.3
	E10	24.8	0.8	28	24	28.8	22.8	3.7	23.1	48.7	43.5
	E11	24.8	0.8	28	23	32.7	22.8	3.8	19.4	48.1	40.8
	E12	21.8	0.5	22	21	28.8	18.8	1.7	33.5	53.8	48.3
	E13	18.0	0.0	18	18	18.4	13.8	2.8	37.8	53.8	48.2
	E14	14.4	1.4	18	13	17.8	8.4	2.8	18.8	28.8	28.4
	E15	21.0	0.4	22	20	20.4	17.8	2.8	33.4	53.8	48.3
	E16	28.8	0.4	28	25	22.8	24.8	2.8	38.8	68.8	54.8
	E17	18.1	0.3	18	18	17.8	13.7	2.7	31.0	47.4	41.8
	E18	23.8	0.3	24	23	22.8	22.0	2.8	34.8	58.3	50.2
	E19	18.0	0.2	18	18	17.8	13.8	2.8	30.8	47.2	41.7
	E20	19.8	0.4	20	19	20.4	18.0	2.9	28.8	48.8	42.8
E21	18.0	0.3	20	18	15.3	15.0	2.9	41.7	58.8	50.4	
E22	22.0	0.0	22	22	23.2	18.2	3.0	28.8	51.8	44.8	
E23	18.1	0.3	20	18	21.0	18.1	3.2	28.8	45.2	40.3	
E24	25.2	0.4	26	25	28.4	23.7	3.2	28.8	58.8	48.3	
E25	18.0	2.0	22	18	28.4	13.5	4.2	14.0	31.7	30.8	
E26	18.8	2.3	23	18	22.8	15.8	4.2	24.8	44.7	38.8	
B	E1	152.8	1.8	158	148	25.8	17.8	2.3		18.8	140.3
	E2	148.1	1.8	156	147	27.8	18.2	2.3		20.5	136.7
	E3	148.7	1.3	151	147	22.2	18.3	2.4		20.7	135.8
	E4	151.1	5.8	157	132	21.4	17.8	2.5		20.3	137.5
	E5	140.4	1.8	145	138	27.8	18.8	2.8		22.8	125.3
	E6	153.5	1.2	158	150	22.8	17.4	3.0		20.4	137.2
	E7	142.8	1.8	145	138	25.1	18.4	3.0		22.4	128.3
	E8	147.8	1.7	152	145	34.8	18.5	3.0		21.5	131.1
	E9	128.8	2.0	132	125	30.2	22.0	3.1		25.1	111.8
	E10	128.0	1.1	131	126	28.8	21.8	3.7		25.8	108.6
	E11	121.0	1.7	127	119	32.7	23.4	3.8		27.1	100.5
	E12	148.2	0.8	150	147	20.8	18.4	1.7		20.1	138.8
	E13	158.4	1.3	162	157	15.4	16.3	2.8		18.8	145.3
	E14	188.1	4.1	171	157	17.8	15.1	2.8		17.7	151.8
	E15	191.8	1.7	155	147	20.4	17.7	2.8		20.4	137.5
	E16	150.0	0.8	151	148	22.8	18.1	2.8		20.7	136.7
	E17	152.4	1.3	154	148	17.8	17.8	2.7		20.4	137.5
	E18	143.2	1.2	148	141	22.8	19.3	2.8		22.1	128.1
	E19	151.4	1.3	153	148	17.8	17.8	2.8		20.7	136.8
	E20	148.0	0.8	150	147	20.4	18.2	2.8		21.1	133.4
E21	156.8	1.1	158	153	15.3	17.0	2.9		20.0	136.7	
E22	143.8	1.1	145	141	23.2	19.2	3.0		22.2	127.3	
E23	137.4	1.7	140	133	21.0	20.4	3.2		23.8	118.8	
E24	132.7	1.1	135	130	26.4	21.2	3.2		24.5	115.0	
E25	130.8	11.8	152	120	28.4	21.8	4.2		25.8	107.8	
E26	118.8	17.8	138	82	22.8	24.2	4.2		28.4	93.8	

Imag.	IVDN s/col	IVDN cor	Obs.
E1	0.17	0.25	
E2	0.20	0.28	
E3	0.17	0.25	
E4	0.18	0.23	Nuvem
E5	0.18	0.23	
E6	0.10	0.18	
E7	0.11	0.17	
E8	0.11	0.14	
E9	0.13	0.19	
E10	0.08	0.13	
E11	0.12	0.17	
E12	0.15	0.25	
E13	0.08	0.21	
E14	0.00	0.08	Nuvem
E15	0.10	0.18	
E16	0.13	0.19	
E17	0.08	0.15	
E18	0.12	0.18	
E19	0.08	0.15	
E20	0.08	0.16	
E21	0.06	0.14	
E22	0.10	0.17	
E23	0.08	0.13	
E24	0.07	0.11	
E25	0.08	0.12	
E26	0.08	0.17	

**SUBÁREA 2 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS
IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN**

	Imag.	média	desvio	máxim	mínim	sl solar	Rad.	dist. sat	cor. sl. s	Rad. cor	nv. slum
							(W/m2)	-		(W/m2)	
B	E1	23.3	0.8	53	17	25.8	28.2	2.3	34.8	63.1	42.0
	E2	17.2	0.4	18	17	27.8	14.1	2.3	18.0	32.4	26.5
	E3	18.1	0.3	20	19	22.2	17.8	2.4	28.4	48.7	35.2
	E4	20.3	1.3	24	19	21.4	20.3	2.5	35.4	58.2	38.8
	E5	17.8	0.3	18	17	27.8	15.5	2.8	18.0	36.3	28.4
	E6	21.2	0.4	22	21	22.8	22.2	3.0	35.5	60.6	40.7
	E7	20.0	0.0	20	20	25.1	19.7	3.0	28.7	48.4	35.1
	E8	25.8	0.4	28	25	34.8	31.1	3.0	23.4	57.6	38.2
	E9	19.0	0.0	19	19	30.2	17.7	3.1	17.5	38.4	29.5
A	E10	20.8	0.5	21	20	28.9	20.8	3.7	21.0	45.7	33.2
	E11	19.8	0.5	20	19	32.7	18.8	3.9	18.0	38.8	28.8
N	E12	18.1	4.1	31	14	20.9	19.9	1.7	28.7	48.3	33.5
	E13	15.0	0.0	15	15	15.4	9.8	2.8	27.3	36.7	30.2
D	E14	16.0	0.0	16	16	17.8	11.8	2.8	28.8	41.1	30.8
	E15	17.3	0.8	19	16	20.4	14.4	2.8	28.8	44.0	32.3
A	E16	20.0	0.2	20	19	22.8	18.8	2.8	30.8	53.2	37.0
	E17	18.0	0.2	18	18	17.8	11.7	2.7	28.7	41.1	30.8
	E18	19.0	0.2	20	19	22.8	17.8	2.8	28.1	48.7	34.7
	E19	16.0	0.0	16	16	17.8	11.8	2.8	28.8	41.4	31.0
	E20	16.9	0.3	17	16	20.4	13.8	2.8	28.3	41.7	31.2
	E21	17.0	0.0	17	17	15.3	13.8	2.8	38.4	55.2	38.0
	E22	18.0	0.0	18	18	23.2	15.8	3.0	24.3	43.0	31.8
	E23	16.8	0.3	17	16	21.0	13.8	3.2	24.2	41.0	30.8
	E24	21.8	0.4	22	21	28.4	23.2	3.2	28.8	55.3	38.1
	E25	16.0	0.0	16	16	28.4	11.8	4.2	12.2	28.2	24.3
	E26	15.1	0.3	16	15	22.8	10.0	4.2	15.7	28.8	25.2
B	E1	30.8	8.8	67	23	25.8	31.5	2.3	41.8	75.2	81.3
	E2	25.7	0.8	27	24	27.8	24.5	2.3	27.8	54.7	48.8
	E3	27.1	0.3	28	27	22.2	28.5	2.4	43.8	72.3	80.3
	E4	27.0	2.0	32	23	21.4	28.3	2.5	48.8	74.7	81.0
	E5	23.8	0.7	25	22	27.8	21.7	2.8	25.1	48.8	43.4
	E6	26.2	0.8	27	24	22.8	25.2	3.0	40.3	68.5	58.7
	E7	24.4	0.7	25	23	25.1	22.8	3.0	38.7	58.3	48.1
	E8	31.1	0.8	32	28	34.8	32.1	3.0	24.1	58.3	80.2
	E9	24.3	0.8	25	23	30.2	22.5	3.1	22.2	47.8	42.1
A	E10	23.8	0.8	26	22	28.8	21.4	3.7	21.8	48.8	41.4
	E11	24.4	0.8	25	22	32.7	22.7	3.8	19.3	45.7	48.8
N	E12	22.2	4.8	36	15	28.8	19.8	1.7	35.1	58.4	48.1
	E13	18.0	0.0	18	18	15.4	13.5	2.8	37.5	53.8	48.2
D	E14	18.0	0.0	18	18	17.8	13.5	2.8	38.5	48.8	41.3
	E15	20.3	1.4	22	17	20.4	18.8	2.8	31.3	50.7	44.2
A	E16	24.7	0.5	25	24	22.8	23.0	2.8	38.3	61.8	52.0
	E17	18.0	0.0	18	18	17.8	13.5	2.7	38.7	47.0	41.5
2	E18	23.2	0.4	24	23	22.8	21.0	2.8	33.1	58.8	48.8
	E19	17.8	0.3	18	17	17.8	13.4	2.8	38.3	48.8	41.2
	E20	19.4	0.5	20	19	20.4	15.8	2.8	28.0	47.4	41.8
	E21	18.7	0.5	19	18	15.3	14.5	2.8	40.4	57.8	48.1
	E22	21.8	0.5	22	21	23.2	18.7	3.0	28.7	50.4	43.8
	E23	19.0	0.2	19	18	21.0	14.8	3.2	28.8	44.7	38.8
	E24	24.8	0.5	25	24	28.4	22.8	3.2	28.8	54.8	47.8
	E25	20.8	0.4	21	20	28.4	17.5	4.2	18.1	38.7	38.4
	E26	21.7	0.5	22	21	22.8	18.8	4.2	28.5	52.4	45.4
B	E1	150.8	8.2	172	137	25.8	18.0	2.3	-	28.2	138.2
	E2	147.1	1.7	150	143	27.8	18.8	2.3	-	28.8	134.7
	E3	148.7	1.8	151	145	22.2	18.3	2.4	-	20.7	136.8
	E4	151.7	3.7	158	143	21.4	17.7	2.8	-	20.2	138.2
	E5	137.6	1.5	141	135	27.8	20.3	2.8	-	23.1	122.5
	E6	152.2	1.1	154	150	22.8	17.7	3.0	-	20.8	138.0
	E7	138.8	1.1	143	138	25.1	18.8	3.0	-	22.8	123.8
	E8	148.0	1.5	148	141	34.8	18.8	3.0	-	21.8	128.4
	E9	123.8	2.1	127	120	30.2	22.8	3.1	-	28.0	108.8
A	E10	125.4	1.2	128	124	28.8	22.8	3.7	-	28.3	105.8
	E11	116.2	2.4	124	113	32.7	24.3	3.8	-	28.0	98.7
N	E12	148.3	8.7	157	132	28.8	18.7	1.7	-	28.8	138.8
	E13	158.8	8.8	180	158	15.4	18.5	2.8	-	18.1	144.5
D	E14	157.8	1.3	161	154	17.8	18.8	2.8	-	18.2	143.7
	E15	152.6	4.4	164	145	20.4	17.8	2.8	-	20.2	138.3
A	E16	150.3	1.5	153	148	22.8	18.0	2.8	-	20.8	135.8
	E17	151.4	1.0	153	150	17.8	17.8	2.7	-	20.8	136.8
3	E18	142.8	1.4	144	137	22.8	18.4	2.8	-	22.2	127.8
	E19	150.3	1.8	152	148	17.8	18.0	2.8	-	20.8	134.8
	E20	148.8	1.0	150	147	20.4	18.2	2.8	-	21.1	133.4
	E21	154.4	0.7	155	153	15.3	17.3	2.8	-	20.2	138.3
	E22	143.8	0.8	145	142	23.2	18.2	3.0	-	22.2	127.2
	E23	136.2	0.9	137	134	21.0	20.8	3.2	-	23.8	118.8
	E24	138.8	1.0	133	128	28.4	21.8	3.2	-	24.8	112.8
	E25	151.8	1.0	153	148	28.4	17.8	4.2	-	21.8	128.8
	E26	138.8	0.8	141	138	22.8	18.8	4.2	-	24.1	117.8

Imag.	IVDN of	IVDhor	Obs.
E1	0.14	0.18	Novem
E2	0.20	0.28	
E3	0.17	0.28	
E4	0.14	0.21	Novem
E5	0.14	0.21	
E6	0.10	0.18	
E7	0.10	0.18	
E8	0.08	0.12	
E9	0.12	0.18	
E10	0.07	0.11	
E11	0.11	0.18	
E12	0.10	0.18	Novem
E13	0.08	0.21	
E14	0.08	0.14	
E15	0.08	0.15	
E16	0.11	0.17	
E17	0.08	0.18	
E18	0.10	0.17	
E19	0.08	0.14	
E20	0.07	0.15	
E21	0.08	0.13	
E22	0.08	0.16	
E23	0.08	0.13	
E24	0.08	0.10	
E25	0.13	0.20	
E26	0.18	0.28	

**SUBÁREA 3 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS
IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN**

	Imag.	média	desvio	máxim	mínim	el. solar	Rad.	dist. sol	cor. el. s	Rad. cor	niv. óceano	
							(W/m ²)	-		(W/m ²)		
B	E1	18.0	0.2	18	17	25.8	15.7	38.3	20.7	38.8	28.8	
	E2	17.4	0.8	18	16	27.8	14.7	35.1	16.7	33.8	26.3	
	E3	19.2	0.4	20	19	22.2	18.1	53.0	28.7	50.1	34.8	
	E4	21.0	3.3	31	17	21.4	21.8	63.8	37.8	62.1	40.8	
	E5	18.2	0.4	18	18	27.8	16.1	37.4	18.6	37.4	28.1	
	E6	21.7	0.5	22	21	22.8	23.8	64.1	38.8	62.8	41.2	
	E7	20.0	0.8	20	20	28.1	19.7	48.8	28.7	48.4	34.3	
	E8	20.0	0.0	28	28	34.8	31.5	57.8	23.7	58.3	38.2	
	E9	19.0	0.0	18	18	30.2	17.7	38.0	17.5	38.4	28.8	
	E10	20.8	0.5	21	20	28.8	20.8	48.8	21.0	45.5	32.1	
	E11	19.3	0.5	20	19	32.7	18.3	37.4	15.5	37.8	28.0	
	A	E12	15.8	0.4	16	15	20.8	11.5	34.8	20.7	34.0	26.8
		E13	15.0	0.2	16	15	15.4	8.8	40.3	27.5	40.8	26.3
		E14	16.0	0.0	18	18	17.8	11.8	30.8	28.8	41.1	28.8
		E15	17.4	1.2	23	17	20.4	14.8	43.2	27.1	44.2	31.8
		E16	20.0	0.0	20	20	22.8	18.7	53.4	31.0	53.4	38.4
	1	E17	18.0	0.0	18	16	17.8	11.8	40.8	28.8	41.4	30.8
		E18	18.8	0.5	20	19	22.8	18.7	48.1	28.5	50.8	35.1
		E19	18.0	0.0	18	16	17.8	11.8	40.8	28.8	41.4	30.8
		E20	17.0	0.0	17	17	20.4	13.8	41.8	25.7	42.4	30.5
E21		17.0	0.2	17	16	15.3	13.7	58.8	38.2	54.8	38.8	
E22		18.8	0.8	21	18	23.2	16.8	43.8	28.1	48.0	32.5	
E23		17.1	0.3	18	17	21.0	14.0	41.7	24.8	42.1	30.3	
E24		22.0	0.2	22	21	28.4	23.8	58.2	28.4	56.2	37.8	
E25		18.0	0.0	18	16	28.4	11.8	28.4	12.2	28.2	22.8	
E26		15.8	0.5	16	15	22.8	11.1	36.2	17.5	32.8	25.1	
B	E1	24.8	0.4	25	23	25.8	23.3	58.0	30.7	56.3	47.4	
	E2	25.5	1.8	27	19	27.8	24.2	68.4	27.8	64.1	45.8	
	E3	27.0	0.0	27	27	22.2	28.3	75.8	43.3	72.0	58.5	
	E4	27.8	4.2	38	20	21.4	27.2	85.3	47.4	77.0	62.8	
	E5	24.2	0.7	28	23	27.8	22.4	63.3	25.8	61.1	43.5	
	E6	28.0	0.2	27	28	22.8	25.0	71.5	40.8	67.8	55.4	
	E7	24.4	0.5	25	24	25.1	22.7	58.3	30.7	56.4	47.2	
	E8	31.5	0.5	32	31	34.8	32.8	61.8	24.6	60.4	50.5	
	E9	24.4	0.5	25	24	30.2	22.8	48.8	22.3	48.1	41.3	
	E10	24.2	0.8	28	23	28.8	22.4	48.7	22.5	48.8	41.4	
	A	E11	24.5	0.5	25	24	32.7	22.8	48.1	19.3	45.8	38.5
		E12	20.7	0.8	21	18	20.8	17.3	53.8	31.2	60.3	43.1
		E13	18.0	0.0	18	18	15.4	13.5	53.8	37.5	53.8	45.0
		E14	18.2	0.4	19	18	17.8	13.8	28.8	31.3	47.7	40.8
		E15	20.8	1.4	28	18	20.4	17.2	53.8	32.1	51.8	43.8
	2	E16	25.1	0.5	28	24	22.8	23.7	68.0	37.2	63.8	52.4
		E17	18.2	0.4	18	18	17.8	13.8	47.4	31.3	47.7	40.8
		E18	23.8	0.3	24	23	22.8	22.0	58.3	34.8	58.3	48.3
		E19	18.0	0.0	18	18	17.8	13.5	47.2	30.8	47.0	40.2
		E20	18.8	0.5	20	18	20.4	15.8	48.8	28.8	48.3	41.2
E21		18.0	0.2	18	18	15.3	13.8	58.8	37.8	64.4	45.3	
E22		21.8	0.3	22	21	23.2	18.1	61.8	28.4	61.5	43.8	
E23		18.1	0.3	20	18	21.0	15.1	48.2	28.8	45.2	38.8	
E24		25.0	0.3	26	24	28.4	23.4	68.8	29.3	65.8	48.8	
E25		21.0	0.2	21	20	28.4	17.7	31.7	18.4	48.3	35.1	
E26	21.8	0.5	22	21	22.8	18.8	44.7	28.2	62.0	43.4		
B	E1	150.8	1.0	153	148	25.8	17.8	18.8	-	20.2	145.3	
	E2	148.7	2.5	158	144	27.8	18.3	20.5	-	20.8	143.2	
	E3	148.2	0.9	150	147	22.2	18.4	28.7	-	20.8	142.5	
	E4	150.2	8.2	163	128	21.4	18.0	28.3	-	20.5	144.3	
	E5	135.8	2.4	141	130	27.8	20.7	22.8	-	23.5	128.1	
	E6	150.2	1.2	152	148	22.8	18.0	20.4	-	21.0	143.1	
	E7	140.5	1.1	143	138	25.1	18.8	22.4	-	22.8	132.7	
	E8	145.8	1.3	147	140	34.8	19.0	21.5	-	22.0	137.3	
	E9	123.0	1.3	128	120	30.2	23.0	25.3	-	28.2	113.5	
	A	E10	124.5	1.5	127	121	28.8	22.7	25.8	-	28.5	113.3
		E11	115.5	1.8	118	112	32.7	24.4	27.1	-	28.1	103.5
		E12	148.1	2.0	154	147	20.8	18.2	28.1	-	20.0	144.8
		E13	158.5	0.8	161	158	15.4	18.3	18.8	-	18.8	154.0
		E14	158.2	0.8	158	156	17.8	16.6	17.7	-	18.2	152.5
	D	E15	153.0	1.5	157	151	20.4	17.5	20.4	-	20.1	148.8
		E16	150.5	1.0	152	147	22.8	18.0	20.7	-	20.8	144.3
		E17	151.4	0.8	163	150	17.8	17.8	20.4	-	20.5	145.0
		E18	141.8	1.0	144	140	22.8	18.5	22.1	-	22.3	134.8
		E19	150.5	0.8	152	148	17.8	18.0	20.7	-	20.8	143.8
		E20	148.8	0.7	151	148	20.4	18.1	21.1	-	21.0	142.7
E21		154.5	0.7	158	153	15.3	17.2	20.0	-	20.2	147.8	
E22		143.4	0.8	148	141	23.2	19.3	22.2	-	22.3	136.8	
E23		136.1	0.7	137	137	21.0	20.8	23.8	-	23.8	127.4	
E24		131.8	0.8	134	131	26.4	21.4	24.5	-	24.8	122.8	
3	E25	150.8	1.0	152	148	28.4	18.1	25.8	-	22.2	140.1	
	E26	137.8	1.2	140	135	22.8	20.3	28.4	-	24.5	128.8	

Imag.	IVDN ar	IVDNhor	Obs.
E1	0.18	0.24	
E2	0.18	0.28	
E3	0.17	0.25	
E4	0.13	0.20	Nuvem
E5	0.14	0.21	
E6	0.08	0.15	
E7	0.10	0.18	
E8	0.10	0.13	
E9	0.12	0.18	
E10	0.08	0.13	
E11	0.12	0.17	
E12	0.13	0.23	
E13	0.08	0.21	
E14	0.07	0.15	
E15	0.08	0.18	
E16	0.11	0.18	
E17	0.08	0.15	
E18	0.10	0.17	
E19	0.08	0.14	
E20	0.07	0.15	
E21	0.03	0.11	
E22	0.08	0.15	
E23	0.08	0.12	
E24	0.08	0.11	
E25	0.13	0.20	
E26	0.18	0.28	

**SUBÁREA 4 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS
IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN**

	Imag.	média	desvio	máxim	mínim	el.solar	Rad.	dist. (o)	cor. el. s	Rad. cor	niv. cinza
							(W/m2)	-	-	(W/m2)	-
B	E1	25.4	8.1	48	17	25.6	30.2	2.3	30.0	72.4	46.7
	E2	17.0	0.0	17	17	27.9	13.0	2.3	15.7	31.0	26.1
	E3	19.0	0.0	19	19	22.2	17.7	2.4	29.2	40.3	35.0
	E4	19.0	0.0	19	19	21.4	17.7	2.5	30.9	51.1	35.0
	E5	23.9	8.1	45	17	27.0	27.4	2.8	31.7	61.9	41.4
	E6	20.8	0.4	21	20	22.0	21.3	3.0	34.1	69.3	39.9
	E7	19.8	0.4	20	19	26.1	19.3	3.0	28.1	48.4	34.6
	E8	26.6	0.5	27	26	34.0	32.0	3.0	24.5	60.2	40.5
	E9	19.0	0.0	19	19	30.2	17.7	3.1	17.9	38.4	29.8
	E10	20.2	0.5	21	19	29.9	20.0	3.7	20.1	43.8	32.3
	E11	19.1	0.2	20	19	32.7	17.8	3.9	16.2	38.7	28.0
	E12	17.2	0.7	18	18	20.9	14.2	1.7	25.5	41.5	31.0
	E13	15.0	0.0	15	15	19.4	9.0	2.8	27.3	39.7	30.2
	E14	18.3	4.0	30	16	17.9	10.3	2.8	38.0	55.9	38.1
	E15	17.1	0.4	18	16	20.4	13.0	2.8	25.8	42.5	31.5
	E16	19.9	0.3	20	19	22.9	19.5	2.8	30.7	52.9	38.8
	E17	15.8	0.4	16	15	17.8	11.4	2.7	26.0	40.1	30.4
	E18	19.0	0.0	19	19	22.9	17.7	2.9	28.0	48.9	34.6
	E19	16.0	0.0	16	16	17.8	11.8	2.8	28.8	41.4	31.0
	E20	21.1	4.6	32	17	20.4	21.9	2.9	40.8	65.6	43.3
E21	17.4	0.5	18	17	15.3	14.6	2.9	40.8	56.1	39.5	
E22	18.0	0.0	18	18	23.2	15.8	3.0	24.3	43.0	31.8	
E23	17.0	0.2	17	16	21.0	13.7	3.2	24.5	41.4	31.0	
E24	21.0	0.0	21	21	28.4	21.7	3.2	27.1	52.0	36.4	
E25	16.1	0.2	17	16	29.4	11.9	4.2	12.3	28.4	24.4	
E26	15.9	0.3	16	15	22.9	11.6	4.2	10.3	34.1	27.3	
A	E1	31.6	8.9	49	22	25.8	32.8	2.3	43.2	79.3	63.5
	E2	25.9	0.4	26	25	27.0	24.8	2.3	29.0	64.0	47.1
	E3	29.0	0.0	29	29	22.2	24.8	2.4	41.0	69.3	54.5
	E4	26.1	0.3	27	26	21.4	25.1	2.5	43.8	71.2	56.5
	E5	27.8	7.7	48	16	27.8	27.2	2.8	31.4	61.4	51.7
	E6	26.2	0.4	27	26	22.0	25.1	3.0	40.2	68.3	56.6
	E7	24.2	0.4	25	24	25.1	22.4	3.0	30.3	55.6	47.8
	E8	31.2	0.4	32	31	34.8	32.2	3.0	24.2	56.5	50.3
	E9	24.1	0.2	25	24	30.2	22.1	3.1	21.8	47.1	41.9
	E10	24.2	0.4	25	24	29.9	22.3	3.7	22.4	48.5	42.8
	E11	24.4	0.6	26	24	32.7	22.6	3.8	19.2	45.5	40.5
	E12	23.1	0.8	24	22	20.9	20.8	1.7	37.4	59.9	50.6
	E13	18.0	0.0	18	18	15.4	13.5	2.0	37.5	53.6	46.2
	E14	21.3	4.0	33	18	17.9	18.2	2.0	41.1	61.9	52.0
	E15	20.5	0.8	21	16	20.4	17.1	2.0	31.9	51.9	44.8
	E16	24.5	0.5	25	24	22.9	22.7	2.8	35.7	61.1	51.4
	E17	18.5	0.5	19	18	17.8	14.2	2.7	32.2	49.1	43.0
	E18	23.0	0.0	23	23	22.8	20.8	2.8	32.0	56.0	47.8
	E19	18.0	0.0	18	18	17.8	13.5	2.8	30.6	47.0	41.5
	E20	24.2	4.6	36	20	20.4	22.3	2.9	41.8	66.7	55.4
E21	19.1	0.3	20	19	15.3	15.1	2.9	42.1	60.1	50.7	
E22	22.0	0.3	23	21	23.2	19.2	3.0	29.6	51.9	44.9	
E23	19.1	0.3	20	19	21.0	15.1	3.2	27.0	45.3	40.3	
E24	24.7	0.5	25	24	28.4	23.1	3.2	28.8	56.1	47.2	
E25	22.3	0.6	24	22	29.4	19.7	4.2	20.4	44.2	39.5	
E26	22.8	0.7	24	21	22.9	20.0	4.2	31.4	55.8	47.8	
B	E1	153.0	8.9	173	130	25.8	17.5	2.3	-	19.9	140.7
	E2	146.1	1.7	149	143	27.8	18.6	2.3	-	21.1	133.6
	E3	145.3	2.0	150	142	22.2	18.8	2.4	-	21.3	132.4
	E4	163.7	1.1	158	152	21.4	17.4	2.5	-	19.9	140.1
	E5	134.8	7.0	148	110	27.8	20.8	2.8	-	23.6	119.7
	E6	152.7	1.6	155	151	22.8	17.0	3.0	-	20.5	136.5
	E7	140.7	1.0	142	136	25.1	19.8	3.0	-	22.8	124.3
	E8	147.2	1.1	150	146	34.8	18.8	3.0	-	21.6	130.5
	E9	123.2	1.7	128	118	30.2	23.0	3.1	-	26.1	106.1
	E10	130.5	1.8	136	128	28.9	21.6	3.7	-	25.4	110.1
	E11	119.4	1.6	123	117	32.7	23.7	3.8	-	27.4	99.9
	E12	150.3	1.3	154	148	20.8	18.0	1.7	-	19.7	140.8
	E13	159.1	1.4	160	155	15.4	16.8	2.8	-	19.2	144.0
	E14	148.6	4.4	154	138	17.9	18.1	2.8	-	20.7	136.3
	E15	152.5	1.7	158	150	20.4	17.6	2.8	-	20.2	138.2
	E16	149.5	0.7	150	148	22.9	18.2	2.8	-	20.8	135.1
	E17	148.8	1.5	151	145	17.8	18.3	2.7	-	21.0	133.7
	E18	141.2	1.1	143	136	22.8	18.7	2.8	-	22.4	128.2
	E19	148.3	1.1	151	147	17.9	18.2	2.8	-	21.0	133.8
	E20	138.0	1.0	150	147	20.4	20.3	2.9	-	23.1	122.4
E21	153.1	0.9	155	151	15.3	17.5	2.8	-	20.4	137.0	
E22	142.7	0.9	144	141	23.2	19.4	3.0	-	22.4	126.3	
E23	136.2	0.8	138	135	21.0	20.6	3.2	-	23.8	118.7	
E24	131.4	0.8	134	130	26.4	21.5	3.2	-	24.7	113.7	
E25	153.8	1.2	155	148	20.4	17.4	4.2	-	21.8	130.8	
E26	136.5	1.1	143	136	22.9	20.0	4.2	-	24.2	118.7	

Imag.	IVDN of	IVDNcor	Obs.
E1	0.11	0.15	Naum
E2	0.21	0.29	
E3	0.16	0.23	
E4	0.16	0.24	
E5	0.07	0.11	Naum
E6	0.11	0.18	
E7	0.10	0.16	
E8	0.08	0.11	
E9	0.12	0.17	
E10	0.08	0.14	
E11	0.12	0.17	
E12	0.15	0.24	
E13	0.09	0.21	
E14	0.08	0.15	
E15	0.08	0.17	
E16	0.10	0.17	
E17	0.08	0.17	
E18	0.10	0.16	
E19	0.06	0.14	
E20	0.07	0.12	Naum
E21	0.05	0.12	
E22	0.10	0.17	
E23	0.06	0.13	
E24	0.06	0.13	
E25	0.16	0.24	
E26	0.17	0.27	

**SUBÁREA 5 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS
IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN**

	img.	média	desvio	máx	mín	el. cor	Rad.	det. sol	cor. ef. s	Rad. cor	nr. cnsa
							(W/m2)	-		(W/m2)	
B	E1	43.4	17.0	82	22	25.6	85.9	2.3	86.7	154.7	86.5
	E2	17.0	0.4	18	18	27.8	13.8	2.3	15.7	31.8	29.1
	E3	19.3	0.5	20	19	22.2	18.4	2.4	30.3	51.0	35.9
	E4	19.0	0.3	20	19	21.4	19.6	2.5	34.1	56.1	38.5
	E5	18.3	1.0	21	17	27.6	18.4	2.8	19.0	38.2	28.4
	E6	21.8	0.6	22	20	22.6	22.9	3.0	36.7	62.8	41.8
	E7	20.0	0.2	20	19	25.1	19.6	3.0	28.6	49.2	35.0
	E8	25.9	0.3	26	25	34.8	31.3	3.1	23.5	57.8	38.3
	E9	19.0	0.0	19	19	30.2	17.7	3.1	17.5	38.4	28.5
	E10	20.0	0.2	21	20	28.9	19.9	3.7	19.9	43.4	32.0
	E11	20.2	0.7	22	19	32.7	20.0	3.8	17.0	40.8	30.7
	E12	18.0	0.6	17	16	20.8	11.9	1.7	21.4	36.0	27.8
	E13	15.0	0.0	15	15	15.4	8.9	2.8	27.3	38.7	30.2
	E14	18.0	0.2	18	18	17.9	11.8	2.9	28.6	40.8	30.7
	E15	17.9	0.3	18	17	20.4	15.5	2.8	28.0	47.1	33.8
	E16	20.0	0.0	20	20	22.9	19.7	2.8	31.0	53.4	37.1
	E17	15.9	0.2	16	15	17.8	11.7	2.7	26.8	41.0	30.8
	E18	19.0	0.0	19	19	22.9	17.7	2.9	28.0	48.5	34.8
	E19	18.0	0.0	18	18	17.8	11.8	2.8	28.0	41.4	31.0
	E20	17.0	0.2	17	16	20.4	13.7	2.8	25.8	42.2	31.4
	E21	17.0	0.2	17	16	15.3	13.7	2.9	38.2	54.9	37.9
	E22	18.0	0.8	18	18	23.2	15.8	3.0	24.3	43.9	31.8
	E23	17.0	0.3	18	16	21.0	13.9	3.2	24.8	41.7	31.1
	E24	21.2	0.4	22	21	28.4	22.1	3.2	27.8	53.0	38.8
	E25	18.0	0.0	18	18	28.4	11.8	4.2	12.2	28.2	24.3
	E26	15.7	0.5	16	15	22.9	11.2	4.2	17.5	32.8	26.7
E1	48.8	14.8	80	30	25.6	54.5	2.3	71.8	128.7	86.0	
E2	25.6	1.0	27	22	27.9	24.3	2.3	27.8	54.2	48.6	
E3	29.9	0.3	27	28	22.2	28.2	2.4	43.0	71.5	58.8	
E4	28.6	0.4	27	26	21.4	28.1	2.5	48.4	73.9	60.5	
E5	23.6	1.9	27	19	27.6	21.5	2.8	24.8	48.0	43.0	
E6	26.0	0.4	27	25	22.8	25.0	3.0	40.0	67.9	56.2	
E7	24.2	0.4	25	24	26.1	22.4	3.0	30.3	56.7	47.7	
E8	30.8	0.8	32	30	34.8	31.9	3.0	24.0	58.8	49.8	
E9	23.8	0.4	24	23	30.2	21.7	3.1	21.4	46.3	41.1	
E10	24.0	0.4	25	23	28.8	22.1	3.7	22.2	48.0	42.3	
E11	24.1	0.8	26	23	32.7	22.2	3.8	18.8	44.8	40.0	
E12	21.5	0.7	24	21	20.9	18.6	1.7	33.4	53.7	46.2	
E13	18.0	0.0	18	18	15.4	13.5	2.8	37.5	53.8	46.2	
E14	18.3	0.4	19	18	17.8	13.9	2.8	31.3	47.8	42.1	
E15	21.1	0.2	22	21	20.4	17.9	2.8	33.4	53.8	46.4	
E16	25.3	0.4	26	25	22.8	23.9	2.6	37.8	64.1	53.5	
E17	18.1	0.3	19	18	17.8	13.7	2.7	31.1	47.5	41.8	
E18	23.9	0.2	24	23	22.8	22.0	2.9	34.7	58.4	50.2	
E19	18.0	0.0	18	18	17.8	13.5	2.9	30.8	47.0	41.5	
E20	20.0	0.2	21	20	20.4	18.4	2.9	30.7	48.8	43.6	
E21	19.0	0.0	19	19	15.3	15.0	2.9	41.7	58.8	50.4	
E22	22.1	0.2	23	22	23.2	18.3	3.0	28.7	52.1	45.1	
E23	19.1	0.2	20	19	21.0	15.1	3.2	28.8	45.2	40.2	
E24	25.0	0.0	25	25	28.4	23.6	3.2	29.3	56.1	47.9	
E25	20.9	0.5	21	20	28.4	17.1	4.2	17.7	38.0	35.0	
E26	21.2	0.5	23	20	22.9	19.1	4.2	28.4	50.7	44.1	
E1	182.2	21.4	206	136	25.6	15.8	2.3	-	18.1	148.8	
E2	148.3	2.8	158	144	27.9	18.4	2.3	-	20.8	135.9	
E3	148.0	1.8	151	144	22.2	18.4	2.4	-	20.8	135.1	
E4	153.4	2.4	157	148	21.4	17.4	2.5	-	19.9	138.8	
E5	136.6	4.8	146	126	27.6	20.7	2.8	-	23.5	120.5	
E6	153.4	2.1	156	148	22.8	17.4	3.0	-	20.4	137.1	
E7	140.1	3.3	144	130	25.1	19.8	3.0	-	22.8	123.7	
E8	148.8	1.3	149	144	34.8	18.8	3.0	-	21.7	130.3	
E9	124.7	4.5	129	113	30.2	22.7	3.1	-	25.8	107.6	
E10	128.3	2.8	132	122	28.8	22.0	3.7	-	25.8	107.9	
E11	120.6	4.3	127	109	32.7	23.4	3.8	-	27.2	100.1	
E12	148.0	1.4	151	145	20.8	18.4	1.7	-	20.2	138.5	
E13	158.1	0.7	160	158	15.4	18.4	2.8	-	19.0	145.0	
E14	155.4	1.8	158	152	17.9	17.1	2.8	-	19.7	141.2	
E15	153.1	1.0	154	150	20.4	17.5	2.8	-	20.1	138.8	
E16	148.7	1.5	153	147	22.8	18.1	2.8	-	20.8	135.3	
E17	151.0	0.8	153	150	17.8	17.9	2.7	-	20.6	138.1	
E18	141.7	1.2	144	138	22.8	18.8	2.8	-	22.3	128.7	
E19	150.2	0.9	152	148	17.8	18.0	2.9	-	20.8	134.7	
E20	148.5	1.0	150	147	20.4	18.3	2.9	-	21.2	132.9	
E21	153.7	0.9	156	152	15.3	17.4	2.9	-	20.3	137.8	
E22	143.2	1.1	145	141	23.2	19.3	3.0	-	22.3	128.8	
E23	137.0	1.3	138	134	21.0	20.4	3.2	-	23.7	118.5	
E24	131.4	0.8	134	130	28.4	21.5	3.2	-	24.7	113.7	
E25	152.3	0.8	154	150	28.4	17.8	4.2	-	21.8	129.5	
E26	138.5	1.0	141	138	22.9	20.2	4.2	-	24.4	115.7	

img.	IVDN ef	IVDNcor	Obe.
E1	0.04	0.06	Novem
E2	0.20	0.28	
E3	0.16	0.24	
E4	0.15	0.22	
E5	0.13	0.19	Novem
E6	0.08	0.15	
E7	0.10	0.15	
E8	0.06	0.12	
E9	0.11	0.16	
E10	0.08	0.14	
E11	0.08	0.13	
E12	0.15	0.26	
E13	0.08	0.21	
E14	0.07	0.16	
E15	0.06	0.16	
E16	0.12	0.18	
E17	0.08	0.15	
E18	0.11	0.18	
E19	0.06	0.14	
E20	0.08	0.16	
E21	0.08	0.14	
E22	0.10	0.17	
E23	0.08	0.13	
E24	0.08	0.13	
E25	0.12	0.18	
E26	0.15	0.25	

**SUBÁREA 6 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS
IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN**

	Imag.	média	desvio	máxim	mínim	al.sect	Rad.	dist. sat	cor. el. s	Rad. cor	niv. obsz
							(W/m2)	-	(W/m2)	(W/m2)	
B	E1	17.2	1.2	19	15	25.6	14.2	2.3	18.7	36.1	27.8
	E2	17.0	0.0	17	17	27.8	13.8	2.3	15.7	31.8	26.1
	E3	18.1	0.2	20	18	22.2	17.6	2.4	20.4	48.6	35.2
	E4	21.2	3.7	30	17	21.4	22.1	2.9	38.4	62.9	41.9
	E5	19.0	1.9	25	18	27.9	17.7	2.8	20.5	41.0	30.8
	E6	22.0	0.0	22	22	22.8	23.9	3.0	37.9	64.8	42.7
	E7	20.0	0.0	20	20	25.1	19.7	3.0	26.7	49.4	35.1
	E8	28.0	0.0	28	28	34.8	31.5	3.0	23.7	56.3	38.8
	E9	18.0	0.0	19	19	30.2	17.7	3.1	17.5	38.4	28.5
	E10	20.4	0.5	21	20	28.9	20.6	3.7	20.7	45.0	32.8
	E11	20.8	0.5	22	20	32.7	21.3	3.8	18.1	43.2	31.8
	E12	16.0	0.0	18	16	28.9	11.9	1.7	21.3	34.8	27.7
	E13	15.0	0.0	19	15	15.4	8.9	2.8	27.3	38.7	30.2
	E14	15.9	0.4	16	15	17.9	11.5	2.9	25.8	38.8	30.2
	E15	17.1	0.4	18	18	20.4	13.9	2.6	28.0	42.5	31.8
	E16	20.0	0.0	20	20	22.9	19.7	2.6	31.0	53.4	37.1
	E17	15.3	0.5	16	15	17.8	10.5	2.7	23.8	37.0	28.8
	E18	18.0	0.0	19	19	22.8	17.7	2.8	28.0	48.5	34.8
	E19	15.9	0.2	16	15	17.8	11.7	2.8	28.5	41.0	30.8
	E20	17.0	0.0	17	17	20.4	13.8	2.9	25.7	42.4	31.5
	E21	17.0	0.0	17	17	15.3	13.8	2.9	38.4	55.2	38.0
	E22	18.0	0.0	18	18	23.2	15.8	3.0	24.3	43.0	31.8
	E23	17.0	0.0	17	17	21.0	13.8	3.2	24.6	41.7	31.1
	E24	21.2	0.4	22	21	28.4	22.0	3.2	27.5	52.8	38.8
	E25	16.0	0.0	16	16	29.4	11.9	4.2	12.2	28.2	24.3
	E26	16.3	0.4	16	15	22.8	10.3	4.2	16.3	30.8	25.6
B	E1	21.9	3.9	27	18	25.6	18.1	2.3	25.2	48.0	41.3
	E2	28.6	0.5	27	28	27.9	25.7	2.3	29.2	57.2	48.7
	E3	27.1	0.5	28	26	22.2	28.5	2.4	43.8	72.5	59.5
	E4	27.4	5.1	38	20	21.4	27.0	2.5	47.0	78.4	62.2
	E5	25.3	2.1	32	24	27.8	23.8	2.8	27.8	54.2	46.8
	E6	28.8	0.5	27	28	22.8	28.8	3.0	41.3	70.1	57.9
	E7	25.0	0.0	25	25	25.1	23.5	3.0	31.8	58.3	49.5
	E8	31.8	0.4	32	31	34.9	33.1	3.0	34.9	61.0	51.4
	E9	24.5	0.8	25	23	30.2	22.8	3.1	22.5	48.4	42.5
	E10	24.4	0.5	25	24	28.9	22.7	3.7	22.9	48.3	43.1
	E11	22.1	0.2	23	22	32.7	18.3	3.8	16.4	38.8	36.2
	E12	22.8	0.4	23	22	28.8	20.4	1.7	38.7	58.8	49.8
	E13	18.8	0.4	18	18	15.4	14.8	2.6	40.5	57.8	48.0
	E14	19.0	0.0	19	19	17.0	15.0	2.8	33.7	51.2	44.9
	E15	21.9	0.7	23	20	20.4	18.1	2.8	36.7	57.5	48.0
	E16	26.8	0.4	27	26	22.8	26.0	2.8	40.8	68.5	57.4
	E17	19.0	0.0	19	19	17.8	15.0	2.7	34.0	51.7	44.8
	E18	25.1	0.4	26	24	22.8	23.8	2.8	37.2	63.5	53.1
	E19	18.8	0.5	19	18	17.9	14.4	2.8	32.7	48.9	43.6
	E20	21.0	0.0	21	21	20.4	17.8	2.8	33.2	53.9	48.4
	E21	19.4	0.5	20	18	15.3	15.8	2.9	43.4	61.9	52.0
	E22	23.6	0.5	24	23	23.2	21.4	3.0	33.0	57.5	48.9
	E23	20.0	0.0	20	20	21.0	18.4	3.2	28.3	48.0	42.8
	E24	28.4	0.5	27	28	28.4	25.4	3.2	31.8	60.8	51.0
	E25	21.8	0.4	22	21	29.4	18.9	4.2	18.5	42.8	38.4
	E26	22.1	0.2	23	22	22.8	19.3	4.2	30.3	53.8	46.3
B	E1	158.8	5.7	186	148	26.8	17.0	2.3	-	19.3	143.4
	E2	148.1	0.8	150	148	27.9	18.2	2.3	-	20.5	138.8
	E3	148.3	0.8	149	147	22.2	18.4	2.4	-	20.7	138.4
	E4	154.7	7.8	186	138	21.4	17.2	2.5	-	19.7	141.1
	E5	134.8	8.0	138	117	27.8	20.9	2.8	-	23.8	119.8
	E6	152.8	0.8	154	151	22.8	17.8	3.0	-	20.5	138.8
	E7	142.2	0.8	143	141	25.1	18.5	3.0	-	22.5	125.9
	E8	147.0	0.7	148	146	34.8	18.8	3.0	-	21.7	130.3
	E9	124.8	1.8	128	121	30.2	22.7	3.1	-	25.8	107.8
	E10	80.1	2.2	88	77	29.9	30.8	3.7	-	34.8	58.7
	E11	87.5	1.9	71	86	32.7	33.2	3.8	-	38.8	47.0
	E12	148.8	1.1	150	148	20.9	18.3	1.7	-	20.0	138.4
	E13	158.8	0.9	161	151	15.4	18.5	2.8	-	19.0	144.8
	E14	158.8	1.0	180	157	17.8	18.5	2.8	-	18.1	144.5
	E15	154.0	1.7	158	151	20.4	17.3	2.8	-	19.8	138.7
	E16	152.3	0.8	153	151	22.8	17.8	2.8	-	20.3	137.8
	E17	153.1	0.8	154	151	17.8	17.8	2.7	-	20.2	138.2
	E18	143.8	0.7	145	142	22.8	19.2	2.8	-	21.8	128.8
	E19	150.3	1.3	152	147	17.8	18.0	2.8	-	20.9	134.7
	E20	150.4	0.8	152	148	20.4	18.0	2.9	-	20.9	134.8
	E21	159.3	0.4	158	155	15.3	17.1	2.9	-	20.0	138.2
	E22	144.6	1.1	146	143	23.2	18.1	3.0	-	22.1	128.2
	E23	136.6	1.1	138	134	21.0	20.5	3.2	-	23.7	118.2
	E24	132.7	1.4	135	131	26.4	21.2	3.2	-	24.5	115.0
	E25	150.8	0.7	152	150	29.4	17.8	4.2	-	22.1	128.2
	E26	138.0	0.8	138	137	22.8	20.3	4.2	-	24.4	115.2

Imag.	IVDN at	IVDNcor	Obs.
E1	0.12	0.18	Novem
E2	0.22	0.30	
E3	0.17	0.28	
E4	0.13	0.19	Novem
E5	0.14	0.20	Novem
E6	0.10	0.15	
E7	0.11	0.17	
E8	0.10	0.13	
E9	0.13	0.18	
E10	0.08	0.14	
E11	0.03	0.08	
E12	0.18	0.29	
E13	0.11	0.24	
E14	0.08	0.19	
E15	0.13	0.22	
E16	0.14	0.21	
E17	0.11	0.22	
E18	0.14	0.21	
E19	0.08	0.17	
E20	0.11	0.18	
E21	0.07	0.18	
E22	0.13	0.21	
E23	0.08	0.18	
E24	0.11	0.18	
E25	0.15	0.22	
E26	0.18	0.28	

SUBÁREA 7 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN

	Imag.	média	desvio	máxim	mínim	el.eolar	Rad.	dist.eol	cor. el. s	Rad. cor	shv.otan
							(W/m ²)	-		(W/m ²)	
	E1	25.2	0.3	51	18	25.6	29.9	2.3	39.3	71.8	46.3
	E2	17.1	0.2	18	17	27.9	13.9	2.3	15.9	32.0	26.2
	E3	19.1	0.2	20	19	22.2	17.8	2.4	29.3	49.5	35.1
	E4	19.9	0.4	20	19	21.4	19.2	2.5	53.5	55.2	38.0
	E5	19.7	2.6	26	16	27.8	19.1	2.8	22.1	44.0	32.3
	E6	21.7	0.5	22	21	22.8	23.0	3.0	36.8	62.7	41.8
	E7	20.0	0.0	20	20	25.1	19.7	3.0	26.7	49.4	35.1
	E8	26.0	0.0	26	26	34.8	31.5	3.0	23.7	58.3	39.8
	E9	19.0	0.0	19	19	30.2	17.7	3.1	17.5	36.4	29.5
	E10	20.0	0.0	20	20	26.9	19.7	3.7	18.9	43.3	32.0
	E11	19.9	0.5	21	19	32.7	19.4	3.8	18.9	36.7	30.1
	E12	16.0	0.2	16	16	20.8	11.7	1.7	21.1	34.8	27.8
	E13	15.0	0.0	15	15	15.4	9.9	2.6	27.3	36.7	30.2
	E14	15.9	0.4	16	16	17.9	11.3	2.6	25.5	39.4	30.0
	E15	17.0	0.0	17	17	20.4	13.8	2.6	25.8	42.2	31.4
	E16	20.0	0.0	20	20	22.9	19.7	2.6	31.0	53.4	37.1
	E17	15.2	0.4	16	15	17.8	10.1	2.7	23.1	35.8	28.2
	E18	19.0	0.0	19	19	22.8	17.7	2.8	28.0	48.9	34.8
	E19	16.0	0.0	16	16	17.8	11.8	2.8	26.8	41.4	31.0
	E20	17.0	0.0	17	17	20.4	13.8	2.9	25.7	42.4	31.5
	E21	17.0	0.0	17	17	15.3	13.8	2.9	38.4	55.2	38.0
	E22	18.0	0.0	18	18	23.2	15.8	3.0	24.3	43.0	31.9
	E23	16.9	0.4	17	16	21.0	13.3	3.2	23.8	40.3	30.4
	E24	21.3	0.5	22	21	26.4	22.3	3.2	27.8	53.3	37.1
	E25	15.0	0.0	15	15	29.4	11.8	4.2	12.2	28.2	24.3
	E26	15.0	0.0	15	15	22.9	9.8	4.2	15.5	29.5	25.0
	E1	33.2	8.9	57	26	25.6	35.1	2.3	48.2	83.6	67.2
	E2	27.0	0.2	27	26	27.9	26.3	2.3	29.9	58.4	49.5
	E3	27.0	0.0	27	27	22.2	26.3	2.4	43.3	72.0	59.1
	E4	26.8	0.9	29	24	21.4	28.0	2.5	45.3	73.7	60.3
	E5	26.0	3.0	31	20	27.8	23.5	2.8	27.2	53.4	46.0
	E6	26.5	0.5	27	26	22.8	25.6	3.0	41.0	66.6	57.4
	E7	25.0	0.2	25	24	25.1	23.4	3.0	31.7	56.1	49.3
	E8	32.0	0.0	32	32	34.8	33.4	3.0	25.1	61.6	51.8
	E9	24.5	0.5	25	24	30.2	22.8	3.1	22.5	48.4	42.5
	E10	24.7	0.6	26	24	29.9	23.0	3.7	23.2	49.9	43.6
	E11	21.3	0.4	22	21	32.7	19.2	3.8	15.4	37.3	34.7
	E12	22.3	0.6	23	21	20.9	19.7	1.7	36.4	56.9	48.4
	E13	18.1	0.3	19	18	15.4	13.7	2.6	37.9	54.2	46.6
	E14	19.0	0.2	19	18	17.9	14.9	2.6	33.5	51.0	44.4
	E15	21.8	0.3	22	21	20.4	19.1	2.6	35.8	57.3	48.8
	E16	27.0	0.0	27	27	22.9	28.3	2.8	41.5	70.4	58.0
	E17	19.9	0.2	19	18	17.9	14.9	2.7	33.8	51.4	44.6
	E18	25.3	0.5	26	24	22.9	23.8	2.9	37.6	64.2	53.6
	E19	18.1	0.3	19	18	17.9	13.7	2.9	31.0	47.5	41.9
	E20	20.8	0.4	21	20	20.4	17.4	2.9	32.6	52.9	45.7
	E21	19.8	0.4	20	19	19.3	19.0	2.9	44.8	63.6	53.2
	E22	23.7	0.5	24	23	23.2	21.6	3.0	33.3	56.6	49.2
	E23	20.0	0.2	20	19	21.0	16.3	3.2	29.1	48.7	42.7
	E24	26.4	0.5	27	26	26.4	25.4	3.2	31.7	60.4	50.9
	E25	22.0	0.0	22	22	29.4	19.2	4.2	19.8	43.3	38.9
	E26	22.2	0.5	23	21	22.9	19.4	4.2	30.5	54.2	46.6
	E1	147.9	8.7	164	134	25.8	19.5	2.3	-	20.7	136.4
	E2	149.0	1.7	152	145	27.8	18.2	2.3	-	20.5	136.6
	E3	150.7	1.4	163	148	22.2	17.9	2.4	-	20.3	137.7
	E4	156.7	1.8	161	159	21.4	17.0	2.5	-	19.8	142.1
	E5	138.1	7.5	152	119	27.8	20.3	2.8	-	23.0	122.9
	E6	153.8	1.0	158	152	22.6	17.4	3.0	-	20.4	137.5
	E7	141.4	1.4	144	138	25.1	18.8	3.0	-	22.6	125.1
	E8	147.3	0.4	148	147	34.8	18.6	3.0	-	21.6	130.6
	E9	125.0	1.9	128	122	30.2	22.6	3.1	-	25.9	107.9
	E10	79.8	2.8	85	75	29.8	30.9	3.7	-	34.6	59.8
	E11	86.3	4.3	90	80	32.7	33.4	3.8	-	37.1	65.9
	E12	147.7	1.1	149	145	20.9	18.5	1.7	-	20.2	138.2
	E13	158.8	1.2	161	156	15.4	16.5	2.6	-	19.0	144.6
	E14	158.6	1.0	161	157	17.9	16.5	2.6	-	19.1	144.3
	E15	153.8	0.9	158	152	20.4	17.4	2.6	-	20.0	139.5
	E16	151.5	0.9	152	150	22.9	17.8	2.8	-	20.4	137.1
	E17	151.7	0.9	153	150	17.8	17.8	2.7	-	20.5	136.8
	E18	143.4	0.9	145	142	22.8	19.3	2.9	-	22.0	128.4
	E19	149.1	0.7	150	147	17.8	19.2	2.9	-	21.1	133.5
	E20	149.8	0.7	151	149	20.4	18.1	2.9	-	21.0	134.0
	E21	154.8	0.7	156	153	18.3	17.2	2.9	-	20.2	136.5
	E22	142.7	0.8	145	142	23.2	19.4	3.0	-	22.4	128.4
	E23	136.4	1.2	138	134	21.0	20.6	3.2	-	23.8	118.8
	E24	131.2	1.5	133	129	26.4	21.5	3.2	-	24.9	113.5
	E25	151.4	1.0	153	150	29.4	17.8	4.2	-	22.0	128.6
	E26	136.0	1.0	141	137	22.9	20.1	4.2	-	24.3	116.2

Imag.	IVDN or	IVDNcor	Obs.
E1	0.14	0.18	Nuvem
E2	0.23	0.31	
E3	0.17	0.25	
E4	0.15	0.23	
E5	0.12	0.18	Nuvem
E6	0.10	0.18	
E7	0.11	0.17	
E8	0.10	0.13	
E9	0.13	0.19	
E10	0.10	0.15	
E11	0.05	0.07	
E12	0.17	0.27	
E13	0.09	0.21	
E14	0.09	0.19	
E15	0.13	0.22	
E16	0.15	0.22	
E17	0.11	0.23	
E18	0.14	0.22	
E19	0.09	0.16	
E20	0.10	0.19	
E21	0.07	0.17	
E22	0.14	0.21	
E23	0.09	0.17	
E24	0.11	0.16	
E25	0.16	0.23	
E26	0.19	0.30	

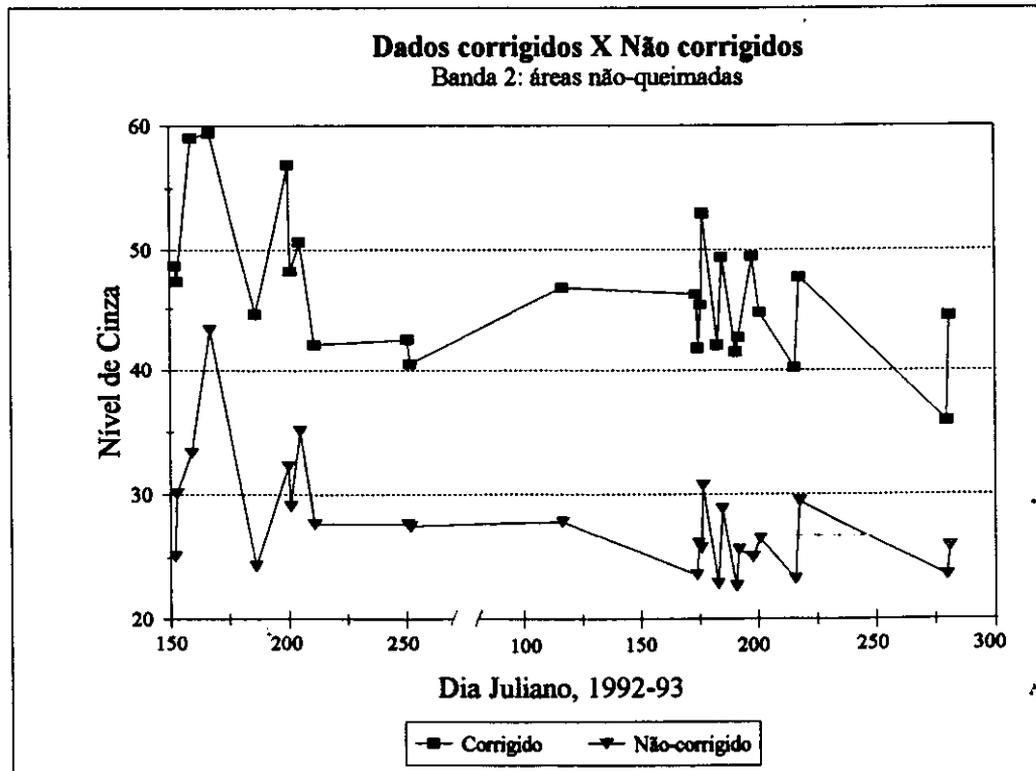
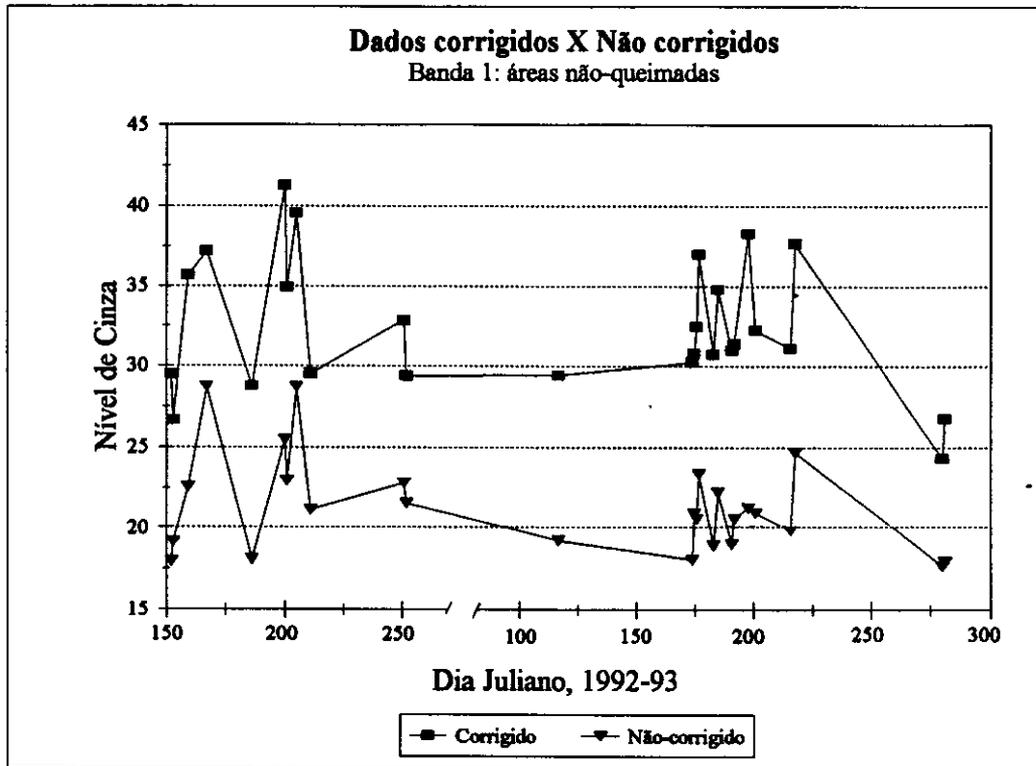
**SUBÁREA 8 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CORREÇÕES DAS
IMAGENS AVHRR/NOAA-11, BANDAS 1, 2, 3 E IVDN**

	Imag.	média	desvio	máxim	mínim	el.eclar	Rad.	dist.ecl	cor. el. s	Rad. cor	nv. orim	
							(W/m2)			(W/m2)		
B	E1	22.0	7.9	38	16	25.6	23.0	2.3	31.2	57.1	36.0	
	E2	19.8	2.3	28	18	27.9	19.2	2.3	21.8	43.3	32.0	
	E3	19.8	0.2	20	19	22.2	19.6	2.4	32.2	54.2	37.5	
	E4	22.4	2.9	28	19	21.4	24.4	2.5	42.5	69.4	45.2	
	E5	32.3	11.3	47	17	27.5	43.8	2.8	50.7	87.3	59.4	
	E6	21.1	0.3	22	21	22.6	21.8	3.0	35.1	60.0	40.5	
	E7	20.8	0.0	20	20	25.1	19.7	3.0	28.7	48.4	35.1	
	E8	27.0	0.8	29	26	34.9	33.5	3.0	25.2	61.7	41.3	
	E9	18.1	0.2	20	18	30.2	17.8	3.1	17.8	38.6	28.8	
	E10	20.8	1.8	28	19	26.9	20.8	3.7	21.0	45.5	33.1	
A	E11	19.0	0.0	19	19	32.7	17.7	3.0	15.1	36.6	26.6	
	E12	15.1	0.3	17	16	20.8	12.1	1.7	21.7	35.8	28.0	
	E13	15.0	0.0	15	15	15.4	9.9	2.8	27.3	38.7	30.2	
	E14	16.3	3.1	26	14	17.8	12.3	2.9	27.7	42.7	31.8	
	E15	16.6	1.5	23	19	20.4	17.2	2.8	32.2	52.1	36.4	
	E16	20.0	0.0	20	20	22.9	19.7	2.8	31.0	53.4	37.1	
	E17	16.0	0.0	16	16	17.9	11.8	2.7	28.8	41.4	31.0	
	E18	19.0	0.0	19	19	22.9	17.7	2.8	28.0	48.5	34.8	
	E19	16.0	0.0	16	16	17.8	11.8	2.9	28.8	41.4	31.0	
	E20	17.0	0.0	17	17	20.4	13.8	2.9	25.7	42.4	31.5	
D	E21	17.0	0.0	17	17	15.3	13.8	2.9	38.4	55.2	38.0	
	E22	18.2	0.4	19	18	23.2	16.1	3.0	24.9	44.0	32.3	
	E23	17.1	0.3	18	17	21.0	14.1	3.2	25.1	42.4	31.5	
	E24	21.3	0.5	22	21	26.4	22.3	3.2	27.8	53.4	37.1	
	E25	16.4	0.8	18	16	28.4	12.7	4.2	13.1	30.0	25.2	
	E26	15.7	0.5	18	15	22.9	11.2	4.2	17.8	33.0	26.8	
	A	E1	23.9	8.5	41	17	25.6	21.8	2.3	28.7	52.8	45.6
		E2	28.1	2.4	32	23	27.9	25.0	2.3	28.4	56.7	47.8
		E3	24.9	0.5	25	23	22.2	23.3	2.4	38.4	64.1	53.5
		E4	27.6	2.9	34	23	21.4	27.1	2.5	47.3	78.9	62.5
E5		35.8	11.4	50	19	27.8	38.8	2.8	44.8	88.4	69.2	
E6		24.0	0.0	24	24	22.6	22.1	3.0	35.3	60.4	50.8	
E7		23.0	0.0	23	23	26.1	20.6	3.0	28.0	61.8	44.8	
E8		29.4	0.8	31	29	34.8	28.7	3.0	22.3	56.1	47.2	
E9		22.9	0.6	24	22	30.2	26.6	3.1	20.2	43.8	38.3	
E10		23.0	0.4	24	22	29.9	20.8	3.7	20.8	45.2	40.2	
B	E11	20.8	0.5	21	20	32.7	17.2	3.0	14.8	35.5	33.5	
	E12	23.3	0.7	25	22	20.9	21.8	1.7	37.8	60.9	51.0	
	E13	18.1	0.2	20	18	15.4	15.0	2.6	41.7	58.3	50.2	
	E14	17.6	3.6	27	14	17.9	12.9	2.6	29.1	44.6	38.8	
	E15	23.9	1.7	28	22	20.4	21.8	2.6	40.7	65.1	54.3	
	E16	27.3	0.5	29	27	22.9	28.8	2.6	42.2	71.8	58.9	
	E17	19.8	0.5	20	19	17.8	13.9	2.7	38.8	54.6	48.9	
	E18	25.9	0.4	27	25	22.8	24.8	2.8	38.2	68.7	55.4	
	E19	18.4	0.5	20	19	17.8	13.5	2.8	36.1	53.4	48.1	
	E20	21.1	0.2	22	21	20.4	17.9	2.9	33.4	54.1	48.5	
A	E21	20.0	0.0	20	20	15.3	18.4	2.9	45.8	64.9	54.1	
	E22	24.1	0.2	25	24	23.2	22.2	3.0	34.1	58.3	50.1	
	E23	20.8	0.4	21	20	21.0	17.4	3.2	31.2	51.8	44.8	
	E24	27.1	0.7	18	28	26.4	28.4	3.2	33.0	62.6	52.5	
	E25	22.9	0.3	23	22	28.4	28.5	4.2	21.2	45.8	40.7	
	E26	23.2	0.5	24	22	22.8	20.9	4.2	32.8	58.0	49.2	
	B	E1	152.3	6.7	161	135	25.8	17.7	2.3	-	18.9	138.8
		E2	138.9	2.8	145	134	27.8	29.1	2.3	-	22.4	126.5
		E3	141.9	1.8	147	139	22.2	18.5	2.4	-	21.9	128.0
		E4	143.6	6.3	151	128	21.4	19.2	2.5	-	21.7	130.0
E5		128.2	10.8	148	113	27.8	22.1	2.8	-	24.8	113.1	
E6		148.3	0.9	150	147	22.8	18.2	3.0	-	21.2	133.1	
E7		138.8	1.4	142	138	28.1	20.0	3.0	-	23.0	123.3	
E8		144.4	1.9	147	141	34.8	19.1	3.0	-	22.1	127.7	
E9		125.2	1.8	128	122	30.2	22.6	3.1	-	25.7	108.0	
E10		78.6	4.5	90	71	28.9	31.1	3.7	-	34.8	58.2	
A	E11	83.0	3.0	89	59	32.7	34.0	3.8	-	37.7	42.5	
	E12	148.8	1.8	152	145	20.8	18.3	1.7	-	20.1	138.1	
	E13	158.1	0.8	161	158	15.4	16.4	2.6	-	19.0	144.9	
	E14	158.2	8.3	168	143	17.9	16.6	2.6	-	19.2	144.0	
	E15	148.9	4.8	154	139	20.4	19.1	2.6	-	20.7	135.8	
	E16	151.9	0.8	153	151	22.8	17.7	2.8	-	20.3	137.8	
	E17	150.6	0.8	152	148	17.8	18.0	2.7	-	20.7	135.7	
	E18	144.1	0.8	148	142	22.8	18.1	2.8	-	21.9	129.1	
	E19	148.9	0.8	152	148	17.8	18.1	2.8	-	20.9	134.4	
	E20	150.8	1.4	153	147	20.4	17.9	2.9	-	20.8	135.2	
D	E21	183.4	1.7	188	159	15.3	17.4	2.8	-	20.4	137.4	
	E22	143.4	1.6	148	141	23.2	18.3	3.0	-	22.3	127.1	
	E23	135.5	1.7	138	131	21.0	29.7	3.2	-	23.8	118.0	
	E24	131.2	1.0	133	130	28.4	21.5	3.2	-	24.9	113.5	
	E25	150.1	5.0	153	139	28.4	18.1	4.2	-	22.2	127.3	
	E26	138.3	0.9	140	137	22.9	20.2	4.2	-	24.4	115.4	

Imag.	IVDN s/	IVDN cor	Obs.
E1	0.04	0.08	Nuvem
E2	0.14	0.20	
E3	0.11	0.18	
E4	0.10	0.18	Nuvem
E5	0.05	0.08	Nuvem
E6	0.08	0.11	
E7	0.07	0.12	
E8	0.04	0.07	
E9	0.08	0.14	
E10	0.08	0.10	
E11	0.04	0.08	
E12	0.18	0.28	Nuvem
E13	0.12	0.25	
E14	0.04	0.11	Nuvem
E15	0.12	0.20	
E16	0.15	0.23	
E17	0.10	0.20	
E18	0.15	0.23	
E19	0.10	0.19	
E20	0.11	0.19	
E21	0.08	0.18	
E22	0.14	0.22	
E23	0.10	0.18	
E24	0.12	0.17	
E25	0.16	0.23	
E26	0.19	0.30	

APÊNDICE 2

COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS AVHRR/NOAA-11 CORRIGIDOS E NÃO-CORRIGIDOS: BANDAS 1 E 2



COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS AVHRR/NOAA-11 CORRIGIDOS E NÃO CORRIGIDOS: BANDA 3

