



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-12663-TDI/1006

**ESTUDO DA RECORRÊNCIA DE QUEIMADAS E
PERMANÊNCIAS DE CICATRIZES DO FOGO EM ÁREAS
SELECIONADAS DO CERRADO BRASILEIRO, UTILIZANDO
IMAGENS TM/LANDSAT**

Roberto Javier Rivera Lombardi

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Thelma Krug e João Roberto dos Santos, aprovada
em 23 de maio de 2003.

528.711.7

RIVERA-LOMBARDI, R. J.

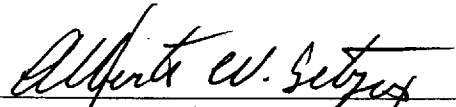
Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat / R. J. Rivera-Lombardi. – São José dos Campos: INPE, 2003.

172p. – (INPE-12663-TDI/1006).

1.Cicatrizes do fogo. 2.Cerrado. 3.Sensoriamento remoto. 4.Recorrência de queimadas. 5.Sistemas de Informação Geográfica (SIG). I. Título.

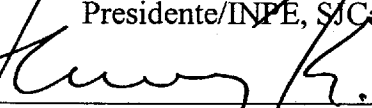
Aprovado pela Banca Examinadora em
cumprimento a requisito exigido para a
obtenção do Título de **Mestre em**
Sensoriamento Remoto.

Dr. Alberto Waingort Setzer



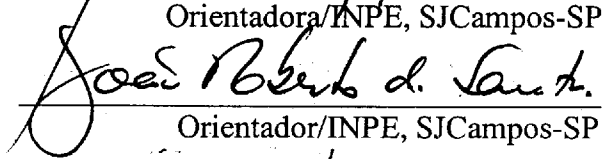
Presidente/INPE, SJCampos-SP

Dr^a Thelma Krug



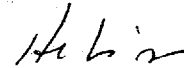
Orientadora/INPE, SJCampos-SP

Dr. João Roberto dos Santos



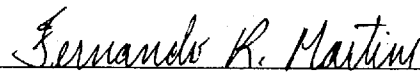
Orientador/INPE, SJCampos-SP

Dr^a Heloísa Sinatora Miranda



Membro da Banca
Convidada UnB, Brasília-DF

Dr. Fernando Roberto Martins



Membro da Banca
Convidado UNICAMP, Campinas-SP

Candidato: Roberto Javier Rivera Lombardi

São José dos Campos, 23 de maio de 2003.

***“... pero que todos sepan que no he muerto;
que hay un establo de oro en mis labios;
que soy el pequeño amigo del viento Oeste;
que soy la sombra inmensa de mis lágrimas...”***

Federico García Lorca

A meus pais, **Edda María** e **Roque Julio**,
a Dona **Lucia Mosca** e **José Estevam Mosca**,
e a minha filha **Beatriz**,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Às Instituições que viabilizaram a realização do curso de Mestrado: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID); Organização dos Estados Americanos (OEA) e Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

À Coordenação de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia e ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) que, através do Projeto *Capacitação do Brasil para Implementação dos Compromissos Assumidos no Âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Projeto BRA/95/G31)* estimularam a continuidade das pesquisas relacionadas ao processo de queima de biomassa vegetal no Cerrado brasileiro.

De maneira muito especial à Dra. Thelma Krug e ao Dr. João Roberto dos Santos, orientadores desta dissertação. Pela amizade, confiança e incentivo à realização desta pesquisa; pela orientação, aprendizado e dedicação nos momentos necessários.

À MSc. Eliana Lima da Fonseca pelas discussões e sugestões que contribuíram com a realização deste trabalho e pela grande amizade e apoio durante o curso de Mestrado.

À Maria Etelvina Renó Dias, pelo carinho e amizade dispensados e pelo apoio incondicional nos momentos de maior dificuldade.

Ao Cláudio Almeida (Nature-Geotecnologias), Alessandra Gomes, Daniela Bitencurti e Guilherme Gregório Silva, pelo apoio técnico durante o processamento e levantamento da informação temática e, principalmente, pela amizade e motivação.

Ao Dr. Flávio Ponzoni pelas sugestões e comentários que contribuíram para a realização desta dissertação.

À Dra. Heloísa Miranda pelo apoio e contribuição na elaboração deste trabalho.

À Maria Lucia Mosca pela valiosa ajuda dispensada na fase final deste trabalho.

A todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram nas diferentes fases desta pesquisa:

Alfredo da Costa Pereira (INPE/DPI); Balbino Evangelista (EMBRAPA/CPAC); Camilo Rennó (DPI/INPE); Celso Monteiro e José Luiz Sor (IBGE/DERN); Helena França (UNITAU); João Pedro Cordeiro (DPI/INPE). A todos os funcionários da Biblioteca e Gráfica do INPE.

Aos Amigos Raúl Silva, Mariana Bressan, Fábio Moreira, Patrícia Genovez, Paulo Graça, Luiz Aragão, Angelucci Rodrigues dos Santos, Mariza Macedo, Luciana Spinelli, Eduardo Negri, Rodrigo Lorena, Rodrigo Rizzi, Silvia Pardi, Brenner Silva, Terezinha dos Santos, entre tantos outros, pelo estímulo e amizade.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estudar o processo de recorrência interanual de queimadas em áreas selecionadas do Cerrado brasileiro, através de análise multitemporal de imagens TM-Landsat 5. Considerou-se um período de cinco anos (1996 a 2000) concentrando a análise no período seco (maio a outubro). Verificou-se ainda o comportamento das recorrências interanuais nos diferentes tipos de fisionomias vegetais do Cerrado. O trabalho abordou também o estudo sobre a permanência das cicatrizes do fogo nas imagens do satélite Landsat 5, derivadas do processo de queima de biomassa vegetal, com vistas a identificar o intervalo máximo de tempo entre imagens TM-Landsat para assegurar a presença de indícios de ocorrência de queimadas nas diferentes fisionomias vegetais do Cerrado. A área de estudo compreendeu duas cenas de satélite (185 km x 185 km, cada), correspondentes às órbitas ponto 221/69 (setor Chapada dos Veadeiros) e 223/67 (setor Araguaia), localizadas na região centro-oeste do país (área “core” do Cerrado brasileiro). Ao todo, foram utilizadas 63 cenas TM-Landsat, em composição colorida das bandas 3 (azul), 4 (vermelho) e 5 (verde). Quantificou-se, também, a extensão da área queimada em cada ano do período de estudo, diferenciando-a por tipo de fisionomia vegetal afetada pelo processo de queima. Verificou-se que existe um decréscimo significativo na área queimada anualmente, entre os anos 1996 e 2000, de aproximadamente 60%; entretanto, as fisionomias mais afetadas se mantiveram inalteradas no período considerado (campo cerrado e parque de cerrado). Observou-se, também, durante o período investigado, a influência de um ano extremamente seco (1998) no número de queimadas e na área afetada por queimadas na área de estudo. Esta última apresentou um incremento, em relação ao ano anterior (1997), de aproximadamente 5.500 km². Com relação à recorrência interanual de queimadas, observou-se que o tipo de recorrência mais comum foi o caracterizado pela ocorrência de apenas duas queimadas (independente do ano de ocorrência das mesmas) no período de 1996-2000 (77% no setor Chapada dos Veadeiros e 62% no setor Araguaia). Da área total afetada por recorrências, aquelas caracterizadas por apenas duas queimadas, espaçadas por dois anos, predominaram nos dois setores da área de estudo (52% no setor Chapada dos Veadeiros e 37% no setor Araguaia). A análise das cicatrizes do fogo nas imagens TM-Landsat indicou uma variação anual significativa na permanência das mesmas, em cada ano e por tipo de fisionomia. Entretanto, observou-se consistência em ambas áreas de estudo, relativo às permanências mais curtas e mais longas, as quais foram respectivamente associadas às fisionomias de campo (campo limpo ou sujo) e campo cerrado.

STUDY OF THE RECURRENCE OF FIRES AND PERMANENCE OF BURNT SCARS IN SELECTED AREAS OF THE BRAZILIAN CERRADO USING TM-LANDSAT IMAGERY

ABSTRACT

The present study aims at studying the interannual recurrence of biomass burning in selected areas of the Brazilian Cerrado, through a multitemporal analysis of TM-Landsat images. A period of five years (from 1996 to 2000) was considered, focusing in the dry period (from May to October). The behaviour of the interannual recurrence in the different types of physiognomies was also assessed. The study also addressed the issue related to the permanence of the burning scars in the TM-Landsat imagery, resulting from biomass burning. The aim was to identify the maximum period of time between TM-Landsat images to ensure that the burning scars are still identifiable, in the different types of physiognomies of the Cerrado. The study area comprised two TM-Landsat scenes (185 km by 185 km each), corresponding to path/row 221/69 (Chapada dos Veadeiros site) and 223/67 (Araguaia site), both located in the core area of the Brazilian Cerrado. A total of 63 TM-Landsat images colour composite of bands 3 (blue), 4 (red) e 5 (green) were analyzed. The extent of the area burned in the study area was also computed by physiognomy type. A decrease of approximately 60% in the annual area burnt, from 1996 to 2000, was noted in both sites; however, wooded savannah (campo cerrado) and savannah park (parque de cerrado) remained consistently as the most affected physiognomies. The choice of the period of study allowed to identify the influence of an extremely dry year (1998) in the number of burns and the area affected by biomass burning in the study area. An increment of the burnt area of approximately 5,500 km² was observed in 1998, with respect to 1997 in the study area. With respect to the interannual recurrence of biomass burning, it was noted that the most common type of recurrence was that characterized by the occurrence of only two burns (regardless of the years affected by the burns) in the period 1996 – 2000 (77% of the recurrences in the Chapada dos Veadeiros site and 62% in the Araguaia site). Of the total area affected by recurring fires, the recurrences characterized by only two burns, spaced by two years, were predominant in both sites of the study area (52% in the Chapada dos Veadeiros site and 37% in the Araguaia site). The analysis of the burnt scars in the TM-Landsat images indicated a large variation in their permanence per year and by physiognomy. However, there was consistency in both sites of the study area regarding the shorter and longer permanence, which were respectively associated with the grassland savannah (campo limpo) and shrub savannah (campo sujo), and the wooded savanna (campo cerrado) physiognomies.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	21
1.1 – Objetivos	25
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1 - A vegetação do Cerrado	27
2.1.1 - Conceito, estrutura e fisionomia	27
2.1.2 - Ocorrência e distribuição	28
2.1.3 - Ocupação do Cerrado	29
2.2 - O fogo na vegetação do Cerrado	31
2.2.1 - Terminologia	31
2.2.2 - Recorrência e permanência de queimadas no Cerrado	31
2.2.3 - Origem e o papel do fogo no Cerrado	32
2.2.4 - Causas do fogo e regime de queima no Cerrado	33
2.3 - Monitoramento de áreas queimadas utilizando dados orbitais	34
2.3.1- Interpretação visual de áreas queimadas	34
2.3.2 - Identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado utilizando dados orbitais	36
2.4 - Propriedades espectrais das áreas queimadas	38
2.4.1 - Região do visível (0,4 - 0,7 μm)	39
2.4.2 - Região do infravermelho próximo (0,7 - 1,3 μm)	40
2.4.3 - Região do infravermelho médio (1,3 - 3,0 μm)	41
CAPÍTULO 3 - ÁREA DE ESTUDO	43
3.1 - Definição da área de estudo	43
3.2 - Localização geográfica	44
3.3 - Cobertura vegetal	45
3.3.1 - Vegetação do Cerrado	45
3.3.2 - Áreas agrícolas e pecuárias	46
3.4 - Aspectos físico-naturais	47
3.4.1 - Setor Chapada dos Veadeiros	47
3.4.2 - Setor Araguaia	49

CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1- Material	51
4.1.1 - Dados orbitais	51
4.1.2 - Material cartográfico	51
4.1.3 - Equipamentos e programas computacionais	52
4.2 - Métodos	52
4.2.1 - Fase 1 - Avaliação, levantamento e processamento da informação básica ..	52
4.2.1.1 - Criação do banco de dados	52
4.2.1.2 - Registro da informação cartográfica e temática	54
4.2.1.2.1 - Registro das cartas topográficas	54
4.2.1.2.2 - Registro das cenas TM/Landsat	54
4.2.1.2.3 - Registro dos mapas de vegetação e uso agropecuário (ano 1980)	55
4.2.2 - Fase 2 - Interpretação da informação temática	55
4.2.2.1 - Interpretação visual das cenas TM/Landsat	55
4.2.2.2 - Edição e atualização dos mapas de vegetação e uso agropecuário	59
4.2.3 - Fase 3 - Álgebra de mapas	60
4.2.3.1 - Área total queimada em cada ano do período de estudo	60
4.2.3.2 - Recorrência interanual de queimadas	62
4.2.3.3 - Permanência das cicatrizes do fogo	63
4.2.3.3.1 - Estimativa da permanência das cicatrizes do fogo	64
4.2.3.3.2 - Permanência mínima e máxima das cicatrizes do fogo	67
4.2.3.3.3 - Permanência média das cicatrizes do fogo	68
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1 - Unidades de vegetação e uso agropecuário	69
5.1.1 - Setor Chapada dos Veadeiros	70
5.1.2 - Setor Araguaia	72
5.2 - Estimativa das áreas queimadas anualmente (1996 - 2000)	73
5.3 - Recorrência interanual de queimadas	76
5.3.1 - Setor Chapada dos Veadeiros	79
5.3.1.1 - Recorrência de queimadas por tipo de fisionomia vegetal - setor Chapada dos Veadeiros	83
5.3.2 - Setor Araguaia	85
5.3.2.1 - Recorrência de queimadas por tipo de fisionomia vegetal – setor Araguaia	86
5.3.3 - Distribuição por classe de tamanho dos polígonos contendo áreas afetadas por recorrência de queimadas	88
5.4 - Permanência média das cicatrizes do fogo para cada tipo de fisionomia do Cerrado	89
5.4.1 - Permanência média das cicatrizes do fogo	94

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
APÊNDICE A - MAPAS DE VEGETAÇÃO E ÁREAS AGROPECUÁRIAS	115
APÊNDICE B - IMAGENS TM/LANDSAT-5, ETM/LANDSAT-7 E OS CORRESPONDENTES POLÍGONOS DE ÁREA QUEIMADA	121
APÊNDICE C - PROGRAMAS LEGAL	133
APÊNDICE D – IMAGENS AGREGADO (1996 – 2000) PARA OS SETORES CHAPADA DOS VEADEIROS E ARAGUAIA..	139
APÊNDICE E – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS DE RECORRÊNCIA INTERANUAL DE QUEIMADAS (1996 - 2000)	151
APÊNDICE F - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA	155
APÊNDICE G – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS..	171

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 Distribuição do Cerrado no Brasil	21
1.2 Tipos fisionômicos do bioma Cerrado	22
3.1 Localização geográfica da área de estudo: (a) setor Araguaia, (b) setor Chapada dos Veadeiros	44
4.1 Fluxograma geral do trabalho	53
4.2 Interpretação visual das cenas TM/Landsat: (a) interpretação da primeira data, (b) critérios para atualização da segunda data e (c) segunda data atualizada	56
4.3 Atualização das cicatrizes do fogo afetadas por nuvens e sombras	58
4.4 Transformação da representação vetorial (PIV) em representação matricial (PIM)	58
4.5 Atualização dos mapas de vegetação e uso agropecuário para cada ano investigado	60
4.6 Álgebra de mapas: (a) área total queimada em cada ano investigado e (b) espacialização das 26 seqüências de recorrência	61
4.7 Permanência das cicatrizes do fogo: (a) PIM's correspondentes aos meses do período seco (ano 1996) e (b) interseção mês a mês dos <i>pixels</i> classificados como "Queimada" ou "Background"	65
5.1 Ilustração da expansão da fronteira agropecuária em uma área do setor Chapada dos Veadeiros, no período de 1996 a 2000: (a) 1996, (b) 1997, (c) 1998, (d) 1999 e (e) 2000	71
5.2 Representação em diagrama de barras das áreas queimadas nas diferentes fisionomias vegetais do Cerrado no setor Chapada dos Veadeiros, durante o período de 1996 a 2000	75
5.3 Representação em diagrama de barras das áreas queimadas nas diferentes fisionomias vegetais do Cerrado no setor Araguaia, durante o período de 1996 a 2000	75
5.4 Diagrama de barras indicando a percentagem da área do Cerrado afetada pelos diferentes tipos de recorrências, para os dois setores da área de estudo	86
5.5 Diagrama de barras apresentando a distribuição anual da área das cicatrizes do fogo, para cada tipo de fisionomia do Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros) .	93
5.6 Diagrama de barras apresentando a distribuição anual da área das cicatrizes do fogo, para cada tipo de fisionomia do Cerrado (setor Araguaia)	94
5.7 Ocorrência de queimadas no estrato inferior da fisionomia de cerradão, preservando o dossel da ação do fogo	101

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
4.1 Disponibilidade de imagens conforme os intervalos de revisita do satélite TM/landsat-5 para o período seco de cada ano investigado (setor Chapada dos Veadeiros)	63
4.2 Disponibilidade de imagens conforme os intervalos de revisita do satélite TM/landsat-5 para o período seco de cada ano investigado (setor Araguaia)...	64
5.1 Áreas totais (em km ²) e correspondes percentuais associados aos diferentes tipos de cobertura terrestre (classes temáticas) presentes no setor Chapada dos Veadeiros, de 1996 a 2000	69
5.2 Áreas totais (em km ²) e correspondes percentuais associados aos diferentes tipos de cobertura terrestre (classes temáticas) presentes no setor Araguaia, de 1996 a 2000	70
5.3 Área total plantada (ha), número de bovinos e correspondentes incrementos percentuais observados no período de 1996 a 2000, no setor chapada dos veadeiros	71
5.4 Área total plantada (ha), número de bovinos e correspondentes incrementos percentuais observados no período de 1996 a 2000, no setor Araguaia	72
5.5 Área total queimada (km ²) e correspondente percentual, no setor Chapada dos Veadeiros, diferenciada por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, em cada ano do período de estudo (1996-2000)	73
5.6 Área total queimada (km ²) e correspondente percentual, no setor Araguaia, diferenciada por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, em cada ano do período de estudo (1996-2000)	74
5.7 Recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000 no setor Chapada dos Veadeiros	77
5.8 Recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000 no setor Araguaia	78
5.9 Sequências de recorrências associadas aos correspondentes intervalos entre queimadas (códigos)	80
5.10 Área afetada por recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000, por tipo de fisionomia vegetal e por tipo de recorrência (setor Chapada dos Veadeiros)	81
5.11 Área afetada por recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000, por tipo de fisionomia vegetal e por tipo de recorrência (setor Araguaia).....	82
5.12 Percentual de área afetada por recorrências simples e duplas nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado (setor Chapada dos Veadeiros).....	84
5.13 Percentual de área afetada por recorrências simples e duplas nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado (setor Araguaia).....	87
5.14 Número de polígonos e área das recorrências distribuídas por classe de tamanho, setor Chapada dos Veadeiros	88

5.15	Número de polígonos e área das recorrências distribuídas por classe de tamanho, setor Araguaia	89
5.16	Área total das cicatrizes do fogo verificadas para cada seqüência de permanência nas diferentes fácies do Cerrado, no setor Chapada dos Veadeiros	91
5.17	Área total das cicatrizes do fogo verificadas para cada seqüência de permanência nas diferentes fácies do Cerrado, no setor Araguaia	92
5.18	Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo para o Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros)	96
5.19	Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo para cada fácies do Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros)	97
5.20	Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo para o Cerrado (setor Araguaia)	98
5.21	Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo para cada fácies do Cerrado (setor Araguaia)	99
5.22	Permanência média das cicatrizes do fogo e número de dias sem chuva.....	100

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Cerrado (*lato sensu*) é considerado um dos biomas com maior superfície e biodiversidade de espécies de flora e fauna do mundo, abrangendo 15 milhões de km². É o segundo maior bioma/domínio morfoclimático do Brasil e da América do Sul, totalizando, neste último, 3.000.000 de km² (Eiten, 1972; Eiten, 1994; Sato e Miranda, 1996). No Brasil, compreende aproximadamente 25% do território (1.800.000 km²), ocorrendo predominantemente na região centro-oeste, onde ocupa cerca de 1.500.000 km². Suas disjunções são encontradas em todas as regiões do país, com maior ou menor intensidade de ocupação. Na região norte, podem ser encontradas em Roraima e nos tabuleiros do Amapá; na região sul, em partes do Planalto Meridional; na região sudeste, no planalto da bacia do Rio Paraná; na região centro-oeste, no Pantanal e, finalmente, no interior e litoral do nordeste (Eiten, 1972; Coutinho, 1990a) (FIGURA 1.1).



FIGURA 1.1 - Distribuição do Cerrado no Brasil.

FONTE: modificada do IBGE (1993).

A vegetação do Cerrado é caracterizada por árvores de até 10 m de altura e arbustos de pequeno e médio portes dispostos em maior ou menor grau de dispersão sobre um estrato herbáceo. No sentido *lato*, reconhecem-se cinco fisionomias distintas, relacionadas a seguir em ordem de conteúdo de biomassa (do menor ao maior): campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão (Goodland, 1972; Coutinho, 1990a) (FIGURA 1.2).

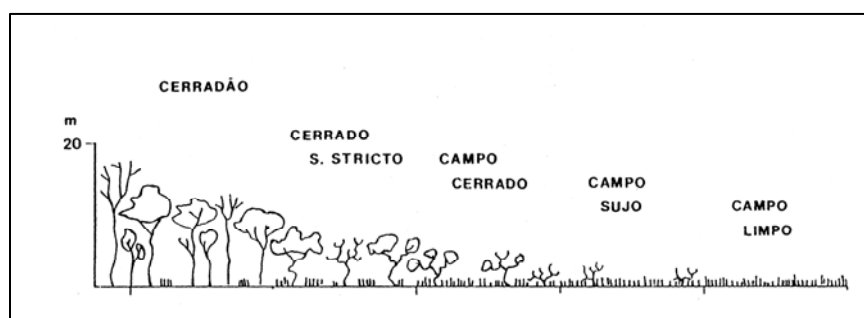


FIGURA 1.2 - Tipos fisionômicos do bioma Cerrado.

FONTE: adaptada de Coutinho (1990a, p. 83).

A partir da década de 50, devido ao excelente potencial do Cerrado para a expansão da fronteira agrícola, teve início o processo de incorporação deste bioma na economia agrícola do país. Na década de 70, grandes projetos governamentais foram implantados na Amazônia, visando a sua integração e a da região centro-oeste na economia nacional. Esses projetos incorporavam novas terras principalmente para a implantação de pecuária extensiva e agricultura, em detrimento da conservação do Cerrado. Como resultado, estima-se que aproximadamente 45% da área nativa do Cerrado tenha sido totalmente transformada, equivalendo a uma área de 900.000 km². Estima-se que mais de 50% do bioma foi submetido a algum tipo de manejo econômico (Klink et al., 1995).

A queima de biomassa vegetal é uma prática freqüente dos agropecuaristas nas zonas tropicais, principalmente para controlar ervas daninhas, remover biomassa morta e limpar terrenos para plantios. Juntamente com o desmatamento e as práticas agrícolas, contribui para o intercâmbio de vários gases entre a atmosfera e a biosfera.

As queimadas em florestas e outros tipos de vegetação têm sido apontadas como importantes fontes de gases de efeito estufa (gases traço), liberando dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), entre outros gases, para a atmosfera. A maior parte das emissões desses gases em queimadas é composta por CO₂ (aproximadamente 90%) e CO (cerca de 10%), com os outros gases constituindo somente 1 a 2% (Levine et al., 1991). Segundo Lashof (1996), o CO é o gás de efeito estufa de maior impacto na elevação da temperatura global, enquanto o CH₄ aparece em segundo lugar.

Estima-se que as queimadas ocorridas nas regiões tropicais sejam responsáveis por cerca de 32% da emissão global de CO para a atmosfera, sendo aquelas ocorridas na vegetação do Cerrado consideradas como uma das mais importantes fontes de gases traço, devido à frequência e a extensão das queimadas (Crutzen e Andreae, 1990; Andreae, 1991; Hao et al., 1990). Os gases traço emitidos durante a queima de biomassa nos Cerrados tropicais também são responsáveis pelo aumento da temperatura e os fluxos do CO₂ no solo, resultando em uma perda de carbono deste bioma para a atmosfera em curto prazo. Estas emissões, principalmente as de CO₂, são responsáveis pelo aumento da absorção da radiação infravermelha pela atmosfera, ocasionando o aquecimento da mesma e, conseqüentemente, do planeta (Kaufman et al., 1994; Klink et al., 1995).

No entanto, o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera devido a queima de biomassa vegetal no Cerrado não é significativo, tendo em vista a sua reincorporação durante a rebrota desta vegetação (Andreae, 1991; Iacobellis et al., 1994). Segundo Miranda e Miranda (2000) e Silva et al., (1996), a re-absorção do carbono liberado em queimadas ocorre após cerca de dois anos na fisionomia de campo sujo, podendo chegar a quatro anos em cerrado *stricto sensu*. Portanto, é importante considerar o efeito do regime de queimas nas diferentes fisionomias da vegetação do Cerrado e as emissões de outros gases traço decorrentes das queimadas (principalmente CO, CH₄ e N₂O).

A preocupação em se avaliar, com maior propriedade, a real contribuição da queima de biomassa vegetal no aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera,

indicou a necessidade de se estimar, de forma regular e sistemática, a extensão das áreas queimadas em todo o planeta. Estas estimativas podem ser geradas a partir de técnicas de sensoriamento remoto, sendo estas particularmente úteis quando há necessidade de observações periódicas de áreas extensas.

Normalmente, as estimativas de áreas afetadas por queimadas na vegetação do Cerrado são derivadas do número de focos de calor detectados pelas bandas termal 3 (3,55-3,93 μm) e 4 (10,5-11,5 μm) do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), do satélite meteorológico da série NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Contudo, o uso desses dados apresenta certas limitações para monitorar fogos ativos ou detectar queimadas, já que o sensor AVHRR foi concebido para realizar observações meteorológicas, provocando incertezas nas estimativas de área queimada e, conseqüentemente, no cálculo das emissões globais de gases traço derivadas das queimadas. NOAA (1985), Kaufman et al. (1990), Robinson (1991), Kidwell (1991), Setzer (1993), Chuvieco (1994) e Setzer e Malingreau (1996) apontaram para as seguintes limitações do sensor AVHRR/NOAA: (a) detecta somente as queimadas ativas no momento da passagem do satélite, podendo não detectar queimadas ocorridas em horários diferentes daqueles das passagens do satélite; (b) frentes do fogo menores do que 50 m ou sob dossel não são detectadas; (c) a radiação solar refletida por corpos d'água ou solos expostos, para ângulos específicos de reflexão, podem apresentar a mesma assinatura espectral dos fogos ativos; e (d) Embora as bandas 3 e 4 possam ser utilizada para identificar a temperatura dos focos de calor, fogos ativos cobrindo apenas parte do *pixel* (0,01 – 0.1%) são suficientes para saturar a banda 3 deste sensor, superestimando as áreas queimadas.

Uma forma de se diminuir a incerteza é calibrar estes dados com estimativas de áreas queimadas mais exatas, obtidas a partir de sensores de média resolução espacial, como o TM/Landsat (30 m) (Pereira, 1988; Arino et al., 2000; Eva, 2000; França, 2000).

Nesse contexto, o presente trabalho visa, entre outros, estimar áreas queimadas com maior exatidão que aquelas estimadas com sensores de baixa resolução espacial como o AVHRR/NOAA. Estes dados são necessários para estimar as emissões dos gases traço

decorrentes da queima antrópica de biomassa vegetal, contribuindo para a elaboração da Comunicação Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal.

Por outro lado, a definição do regime de queimas nas diferentes fisionomias da vegetação do Cerrado é importante para avaliar o papel deste bioma no balanço mundial de carbono, observando, entretanto, que o carbono liberado durante a ocorrência de queimadas em um determinado ano pode ser reincorporado a esta vegetação.

Finalmente, pretende-se estimar o tempo médio transcorrido entre o aparecimento das cicatrizes deixadas pelo fogo e a não discriminação dessas cicatrizes nas imagens TM/Landsat, induzidas pelo processo de rebrota da vegetação, contribuindo, assim, para a definição dos intervalos de aquisição das imagens TM/Landsat necessários para monitorar as queimas de biomassa vegetal no bioma Cerrado.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral estudar a recorrência interanual de queimadas e a permanência das cicatrizes do fogo em áreas do Cerrado brasileiro, utilizando imagens do sensor TM/Landsat, durante um período de 5 anos (1996-2000). A metodologia proposta inclui também a quantificação da superfície queimada na área de estudo e sua distribuição nos diferentes tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado.

Visando o alcance do objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- (a) Atualizar, com base nas informações e dados cartográficos e temáticos existentes, as diferentes fácies da vegetação do Cerrado presentes na área de estudo, de 1996 a 2000;
- (b) Identificar, nas imagens TM/Landsat, as cicatrizes do fogo decorrentes da queima de biomassa vegetal do Cerrado, associando-as aos diferentes tipos de fisionomia vegetal e, quantificar suas correspondentes áreas;
- (c) Estudar, através de uma abordagem multitemporal, a recorrência de queimadas nos diferentes tipos fisionômicos do Cerrado, durante o período 1996 - 2000, fornecendo a

distribuição, por classe de tamanho, dos polígonos contendo as áreas afetadas por essa recorrência, assim como sua distribuição espacial; e

(d) Analisar a permanência das cicatrizes do fogo nos diferentes tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado, para cada ano investigado.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Vegetação Do Cerrado

2.1.1 Conceito, Estrutura e Fisionomia

A Savana (ou Cerrado) pode ser considerada como uma formação vegetal específica das zonas tropical e subtropical que não excedem 1.000-1.200m de altitude, onde o estrato herbáceo é uma parte predominante do bioma, podendo apresentar ou não elementos lenhosos na forma de arbustos ou árvores. Os principais processos energéticos neste bioma (captação da radiação solar, produção de biomassa, entre outros) ocorrem no estrato herbáceo próximo ao solo, sendo este estrato composto principalmente de gramíneas e arbustos esparsos de pequeno porte, de origem tropical (Huber, 1987).

O termo Savana foi empregado pela primeira vez por Oviedo e Valdez (1851) para designar os “Llanos Arbolados da Venezuela” (formação graminóide, em geral coberta por plantas lenhosas) e posteriormente introduzido na África como Savannah pelos naturalistas espanhóis (Tansley, 1935). Vários autores utilizaram outros termos para designar este tipo de vegetação: Humboldt (1806), citado por Veloso et al. (1991), o chamou de “Estepe”, Drude (1897) de “Estepe Tropical” e Schimper (1903) de “Floresta de Savana” (para denotar as formações graminosas arborizadas). No Brasil, Warming (1973) introduziu a terminologia “Campos Cerrados ou Vegetação Xerófila” e, mais recentemente, o Projeto RADAMBRASIL (1973; 1986) adotou o termo “Savana (Cerrado)”. Atualmente, é mais usual referir-se à Savana, sendo o termo Cerrado utilizado como sinônimo regional (Veloso et al., 1991). Neste trabalho, adotou-se a grafia Savana ou Cerrado (em maiúscula) para representar o bioma predominante no Brasil Central, conforme sugerido por Ribeiro e Walter (1998), e a grafia cerrado (em minúscula) para representar um tipo fisionômico deste bioma (*s.s. – stricto sensu*).

O Cerrado apresenta um conjunto variado de habitats e fitofisionomias, segundo a ocorrência de determinado estrato, que inclui: o cerradão (formações florestais com dossel mais ou menos fechado), o cerrado *stricto sensu* (com fisionomia densa de

árvores e arbustos com até 12 m de altura, dominado por um estrato herbáceo-graminoso), o campo cerrado (com fisionomia mais aberta do estrato arbóreo-arbustivo), o campo sujo (composto por áreas de gramíneas com arbustos dispersos) e o campo limpo (formação dominada por gramíneas) (Goodland, 1972; Coutinho, 1990a). Segundo Dias (1992), as formas de campo, cerrado *stricto sensu* e cerradão ocupam 12, 53 e 8% da área total do Cerrado, respectivamente. Os 27 % restantes são ocupados por formas fisionômicas menos representativas, como campo úmido, veredas, mata de galeria, entre outras.

2.1.2 Ocorrência e Distribuição

O Cerrado já foi considerado uma formação vegetal de transição entre formações desérticas áridas e florestas úmidas, aceitando-se a influência do clima como fator determinante na ocorrência deste bioma, o que conduziu à origem do termo “Savana climática”. Contudo, hoje em dia, este conceito é tido como incorreto, visto que as condições climáticas, por si só, não são suficientes para explicar a ocorrência das diferentes fisionomias dos Cerrados no mundo, tanto sob uma óptica geográfica quanto ecológica (Huber, 1987).

Um dos mais importantes avanços científicos relacionado ao Cerrado foi realizado por Arens (1958), quando estudava a ecologia dos Cerrados. Pela primeira vez, reconheceu-se que a deficiência de nutrientes nos solos do Cerrado explicava a ocorrência das diferentes fisionomias deste bioma (oligotrofia), antes atribuída à limitação na disponibilidade de água no solo. Posteriormente, Goodland (1972) demonstrou que existia uma alta correlação entre a deficiência de nutrientes e a toxicidade do alumínio dos solos do Cerrado, com o qual formulou o conceito de escleromorfismo. Contudo, estes conceitos tampouco explicaram satisfatoriamente a distribuição atual dos ecossistemas de Savana no Neotrópico, visto que correlações semelhantes entre oligotrofismo e escleromorfismo foram encontradas em certos tipos de florestas da Amazônia, como a caatinga (Klinge e Medina, 1979).

Folster e Huber (1984), em estudos realizados em mosaicos de Savana/floresta no sul da Venezuela, concluíram que a umidade e os nutrientes do solo, bem como as

características geomorfológicas, determinam o padrão intrínseco das transições abruptas de comunidades de plantas distintas em uma mesma área de estudo. De maneira geral, isto confirma que as condições do solo exercem maior influência no estabelecimento do equilíbrio natural entre as comunidades de Savana e floresta, embora o regime de água do solo também seja importante.

Segundo Haller (1982), as repetidas fases de expansão e de isolamento das formações vegetais de floresta e de Savana, ocorridas como consequência das mudanças climáticas durante o passado geológico recente, podem ter estimulado os processos de adaptabilidade da flora das Savanas preexistentes no Neotrópico. Provavelmente, as terras antigas dos escudos da *Guayana* e do Brasil tenham servido como áreas de especialização de algumas famílias herbáceas como Rapateaceae, Xyridaceae e Ericaulaceae, cuja maioria de gêneros é encontrada no trópico americano. Por outro lado, o campo limpo possivelmente estabeleceu-se mais recentemente e, sem dúvida, adaptou-se melhor ao impacto do fogo, o que poderia ser a razão da sua ampla distribuição atual (Huber, 1987).

2.1.3 Ocupação do Cerrado

Os primeiros assentamentos povoados na região do Cerrado ocorreram a partir do século XVIII, motivados pela exploração mineral de ouro e pedras preciosas. Uma vez esgotado o ouro, a atividade agrícola de subsistência e a pecuária bovina extensiva dominaram a economia desta região até meados do século XX. Durante este período, a prática de queimadas, possivelmente utilizada para limpar terrenos para plantios e manejo de pastagens, foi apontada como o principal agente modificador do meio ambiente; porém, não existem informações suficientes sobre a localização, extensão e frequência das queimadas (Aragão, 1990).

A partir da década de 50, após terem sido ocupadas as terras mais férteis e acessíveis das regiões sul e sudeste do país, teve início a expansão agropecuária da região do Cerrado, face à sua localização e potencial de seus recursos. Dentre os projetos que estimularam a expansão da fronteira agrícola destaca-se o Programa para Desenvolvimento do Cerrado (POLOCENTRO), que, entre 1975 e 1980, incorporou

cerca de 2,4 milhões de hectares à agricultura (Klink et al., 1995). A pecuária, tradicionalmente extensiva, deu lugar à implantação de pastagens com espécies selecionadas, fazendo com que a região do Cerrado despontasse como importante produtora agropecuária, contribuindo com mais de um terço do rebanho e da produção nacional de grãos (Santos e Aguiar, 1985; Coutinho, 1990a).

As principais lavouras da região centro-oeste e do estado de Tocantins, por ordem de área plantada, são soja, milho, arroz, algodão, sorgo, cana de açúcar e feijão. Em 2000, a área plantada nesta região foi de aproximadamente 10.380.902 ha, correspondente a cerca de 20% do total da área plantada no Brasil (IBGE, 2000). Contudo, as áreas de lavoura representavam apenas cerca de 1/8 da área ocupada por pastagens naturais e plantadas. Segundo dados do Censo Agropecuário de 1996 (IBGE, 1998), na região centro-oeste e no estado de Tocantins as áreas de pastagens natural e plantada ocupavam aproximadamente 74 milhões de hectares, equivalente a aproximadamente 41% do total nacional.

Nas últimas décadas, devido à acelerada expansão das atividades agropecuárias e o crescimento urbano, a cobertura vegetal do Cerrado alterou-se sensivelmente. Klink et al., (1995) estimaram que aproximadamente 45% da área nativa do Cerrado, equivalente a 900.000 km², tenha sido substituída por paisagens antrópicas, e mais de 50% do bioma submetido a diferentes intensidades de uso. Isto tem conduzido a extensões de desmatamento superiores às da floresta amazônica, de aproximadamente 587.727 km² entre abril de 1988 e agosto de 2000 (INPE, 2002), e a uma área desmatada quase equivalente à da Mata Atlântica, de aproximadamente 1.196.000 km² (Fundação S.O.S. Mata Atlântica, 2002).

Segundo Dias (1990), 37% da área nativa do Cerrado já foi antropizada enquanto os 63% restantes, ainda cobertos por vegetação natural, estão submetidos a algum tipo de manejo econômico. Mantovani e Pereira (1998) estimaram o grau de integridade da vegetação do Cerrado brasileiro durante o período 1992-93, a partir da análise visual de 164 imagens TM/Landsat, na escala 1:250.000. Concluíram que 35% deste bioma estava fortemente antropizado devido a expansão agropecuária e urbana e a construção

de estradas e reservatórios artificiais de água; 35% encontrava-se medianamente antropizado, principalmente os campos nativos utilizados como pastagens; e os 30% restantes permaneciam inalterados.

2.2 O Fogo na Vegetação do Cerrado

2.2.1 Terminologia

Para fins deste trabalho, se aplicam as seguintes definições sobre ecologia do fogo na vegetação do Cerrado: (a) *queimada*, refere-se ao processo de combustão de fitomassa e/ou subprodutos desta combustão; (b) *área queimada*, refere-se à extensão da superfície afetada por queimadas identificáveis em imagens TM/Landsat, com resolução espacial de 30 m; (c) *cicatriz do fogo*, refere-se ao comportamento espectral das áreas queimadas após o fogo ter consumido, total ou parcialmente, o material combustível; (d) *fogo ativo*, é um termo utilizado para designar o fogo ardendo no momento da passagem do satélite; e (e) *focos de calor*, refere-se às áreas com temperaturas que sensibilizam o sensor termal a bordo do satélite NOAA, no momento de sua passagem. Pode ou não corresponder a uma queimada ou incêndio.

2.2.2 Recorrência e Permanência de Queimadas no Cerrado

A definição adotada neste trabalho para o termo “recorrência de queimadas”, utilizado em estudos dos padrões de recorrência do fogo, segue a proposta por Heinselman (1981), e refere-se especificamente aos intervalos de retorno do fogo a uma mesma área. Similarmente, o termo “permanência de queimadas” refere-se ao tempo transcorrido entre o aparecimento da cicatriz deixada pelo fogo e o desaparecimento das mesmas, resultante do processo de rebrota da vegetação.

Vários aspectos relacionados à ecologia do fogo na vegetação do Cerrado têm sido investigados. Entretanto, a quantidade de estudos científicos sobre recorrência e permanência de queimadas neste bioma é bastante escassa (Coutinho, 1990b). Segundo Schüle (1990), a recorrência do fogo depende da distribuição do material combustível, sua frequência de combustão e conteúdo de umidade. Ressalta, ainda, que nas áreas

caracterizadas por precipitações sazonais, onde se verifica um acúmulo de fitomassa durante o período úmido, a recorrência de queimadas tende a aumentar quando o período seco é suficientemente longo.

Adamoli et al., (1983) analisaram a curva de extinção da resposta espectral apresentada por cicatrizes de queimadas em pastagens nativas do Cerrado, realizando medições em superfícies queimadas com um espectrorradiômetro. Esses autores verificaram, entretanto, que as áreas recentemente queimadas apresentavam níveis densitométricos próximos aos da água dos lagos, ressaltando que a diferenciação entre esses distintos alvos só foi verificada para aquelas cicatrizes de queimadas com permanência entre 30 e 60 dias.

2.2.3 Origem e o Papel do Fogo no Cerrado

De modo quantitativo, é difícil estabelecer, em tempo histórico e geológico, a origem da queima de biomassa, existindo poucas evidências físicas de partículas de carvão vegetal depositadas em sedimentos. As medições destas partículas de carvão vegetal nos núcleos dos sedimentos datados mostraram que existe uma certa correlação entre a quantidade de biomassa queimada e as atividades humanas. É o caso de sedimentos encontrados na Austrália, onde o incremento de carvão vegetal coincide com a ocupação humana (Griffin e Goldberg, 1979; 1983). Iniciadores naturais do fogo, como descargas elétricas (raios) e vulcanismo, também são conhecidos. Como este último encontra-se restrito a certas áreas do planeta, os raios são os principais iniciadores naturais do fogo, existindo registros indiretos em carvão fóssil que indicam a presença do fogo em idades anteriores à existência do homem primitivo (Komarek, 1972). Depósitos de carvão vegetal encontrados em solos da Amazônia demonstram a ocorrência de incêndios de grandes proporções naquela região durante os períodos de seca, em tempos pré-históricos (Sanford et al., 1985).

Estudos antropológicos recentes têm demonstrado que a parte central do Brasil foi habitada pelo homem primitivo há mais de 32.000 anos, e que o mesmo já fazia uso do fogo (Guidon e Delibrias, 1986). No tempo da colonização do Brasil, o fogo era utilizado pelos indígenas em práticas comuns como caça e guerras tribais. Na

atualidade, os índios Kayapós continuam a usar o fogo como prática de manejo em áreas de Cerrado para controlar o crescimento de certas espécies vegetais indesejáveis e para estimular a produção de certas árvores frutíferas nativas (Anderson e Posey, 1987). Berger e Libby (1983), citado por Coutinho (1990a), dataram com C¹⁴ fragmentos de carvão vegetal cobertos por solos do Cerrado nas proximidades de Brasília, estimando idade aproximada de 1.600 anos, indicando a presença do fogo na região central do Brasil bem antes da chegada dos colonizadores portugueses. Coutinho (1981) reportou fragmentos semelhantes datados de 8.600 anos em solos de campo cerrado próximo a Pirassununga (SP), mostrando, com isto, que um número significativo de espécies da flora do Cerrado são tolerantes e dependentes do fogo e evidenciando que o fogo tem sido um fator ecológico antigo e muito importante para este ecossistema.

2.2.4 Causas do Fogo e Regime de Queima no Cerrado

A ocorrência do fogo no Cerrado tem sido atribuída, principalmente, a causas antrópicas. Isto se deve à falta de dados científicos para explicar as causas de origem natural como raios e o vulcanismo (Coutinho, 1990a; Coutinho, 1990b). Em 1996-97 foram obtidos os primeiros registros, *in loco*, de queimadas naturais no Cerrado provocadas por raios (Ramos-Neto, 1997). No entanto, apesar das evidências, existem restrições em se aceitar a ocorrência de queimadas naturais na vegetação do Cerrado, devido a dificuldades para se comprovar este evento natural (IBDF, 1978).

Segundo Coutinho (1990a), a queima da vegetação como prática de manejo para a criação de gado é a principal atividade associada ao fogo nesta região. Ela faz uso de extensas áreas para pastagem natural nas formas de Cerrado mais abertas, como campo limpo e campo sujo. No período seco, que se estende por 3 a 4 meses na região central do Cerrado brasileiro, o gado sofre com a falta de palatabilidade da vegetação, ocorrendo, neste período, perda de peso e redução na produção de leite. Por isto, a queima do Cerrado na segunda metade do período seco (agosto-setembro), constitui-se na prática de manejo mais econômica utilizada pelos fazendeiros, uma vez que, poucos dias após ter sido queimada, a vegetação rebrota, tornando-se mais palatável para os animais, além de rica em proteínas, celulose e sais minerais.

Outra atividade importante para justificar as queimadas está relacionada à expansão da fronteira agrícola, visto que as terras dos Cerrados têm baixo custo e provêm condições favoráveis à produção intensiva de cereais. O emprego de técnicas de irrigação permite que a produtividade agrícola seja duplicada e que duas safras ao ano sejam viáveis. Desta forma, grandes extensões de vegetação do Cerrado são roçadas e queimadas ao final do período seco (agosto-setembro) e convertidas em novas áreas agrícolas (Coutinho, 1990a).

Queimadas também derivam de causas diversas, tais como: controle de arbustos nas pastagens, controle de pragas, descuidos no manejo do fogo, queda de balões durante a realização de festas juninas, entre outros (Coutinho, 1990a).

A ocorrência de queimadas na área “core” do Cerrado se inicia geralmente no mês de maio, coincidindo com o período seco (maio – setembro). Observa-se, tradicionalmente, um aumento no número de queimadas nos meses de junho e julho, com relação aos meses anteriores, atingindo-se o número máximo em agosto. Nos meses de setembro e outubro ocorre uma queda significativa no número de queimadas, devido à chegada das chuvas. Durante o período úmido, que coincide com a primavera e o verão, a ocorrência de queimadas é pouco usual, apesar da vegetação continuar suscetível à ocorrência das mesmas, particularmente após uma seqüência de dias quentes e sem chuva (veranico) e em áreas onde não se observa a presença de fogo durante vários anos. O período de maior risco, quando as condições atmosféricas são particularmente favoráveis à propagação do fogo, inclui todo o mês de agosto, e se estende até o começo de setembro (Coutinho, 1990a). Segundo Eiten (1972) e Menaut (1983), as queimas periódicas ocorrem em intervalos que podem variar entre 1 e 3 anos.

2.3 Monitoramento de Áreas Queimadas Utilizando Dados Orbitais

2.3.1 Interpretação Visual de Áreas Queimadas

O sensoriamento remoto abrange um conjunto de técnicas para coleta, processamento e análise de dados da superfície terrestre, a partir de informações provenientes da interação da radiação eletromagnética com os alvos terrestres, contribuindo

significativamente em etapas como: identificação, descrição ou caracterização de padrões espaciais, avaliação da disponibilidade, qualidade e quantidade dos recursos localizados e o acompanhamento das alterações e condições desses recursos, provocadas pelo seu uso e manejo, ou por acidentes naturais ou culturais (Carvalho et al., 1990).

Estas informações podem ser extraídas através de métodos de análise de dados de sensoriamento remoto, os quais se subdividem em dois grandes conjuntos: análise digital e análise visual de imagens. O método de análise digital de imagens engloba uma série de técnicas de manipulação numérica de dados, como o processamento de imagens digitais, por exemplo. Este inclui o pré-processamento, as técnicas de realce e as técnicas de classificação. Na classificação digital de imagens, procura-se o reconhecimento automático dos objetos presentes na cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza (Novo, 1992). A análise visual, no entanto, depende da experiência do intérprete, utilizando chaves de identificação como matiz, textura, tamanho, localização, forma e contexto espacial, entre outros, para realizar classificações de imagens (Chuvieco, 1996).

Embora a classificação digital proporcione maior rapidez e consistência na discriminação das distintas coberturas terrestres, tais vantagens não são absolutas, e dependem principalmente de fatores como: (a) o sistema sensor (resoluções espacial, espectral e radiométrica, assim como o ângulo de incidência do sensor); (b) a geometria de iluminação (sombra do relevo); (c) o ângulo de elevação solar (diretamente relacionado com a proporção de sombras que o sensor detecta); e (d) as condições ambientais (nuvens com as respectivas sombras e a sazonalidade; mudanças na cobertura terrestre, estiagem e alagamentos), os quais podem influenciar o grau de discriminação dos alvos terrestres que apresentam características espectrais similares ou muito próximos (Chuvieco, 1996).

No caso da identificação de áreas queimadas utilizando dados adquiridos na região do visível e do infravermelho próximo e médio, o resultado da classificação digital pode apresentar baixa exatidão. Isto decorre da dificuldade de se discriminar,

inequivocamente, as áreas queimadas de outros elementos presentes na superfície terrestre, os quais apresentam características espectrais semelhantes, porém são de natureza bastante distinta, como corpos d'água, sombras de nuvens ou de relevos. Nesses casos, requer-se o auxílio da interpretação visual (Chuvieco, 1996).

2.3.2 Identificação e Quantificação de Áreas Queimadas no Cerrado Utilizando Dados Orbitais

A identificação e quantificação de áreas queimadas a partir de dados orbitais pode ser abordada sob dois pontos de vista distintos. O primeiro, visa a observação das queimadas no momento em que estas estão ocorrendo, quando ainda estão ativas, utilizando a informação adquirida na região infravermelho termal; no segundo caso, objetiva-se a observação das áreas após a ocorrência do fogo, mediante a detecção da cicatriz do fogo deixada no terreno, utilizando dados adquiridos principalmente nas regiões visível e infravermelho próximo e médio do espectro eletromagnético.

Os trabalhos de identificação e mapeamento da cicatriz do fogo, com dados orbitais, tiveram origem com o satélite de recursos naturais Landsat-1, em 1972. Wightman (1973) utilizou a banda 6 (0,7-0,8 μm) do sensor MSS (Multispectral Scanner System) e Deshler (1974) as bandas 6 e 7 (0,8-1,1 μm) do mesmo sensor para monitorar queimadas em Savanas da África, durante o período seco. Ambos indicaram que as imagens adquiridas com o sensor MSS eram adequadas para esses tipos de estudos.

Santos e Aoki (1981), utilizando imagens das bandas 5 (0,6-0,7 μm) e 7 do sensor MSS para análise visual, e as bandas 6 e 7 para a classificação digital, e Ponzoni (1986), utilizando imagens multitemporais do sensor TM/Landsat-5, bandas 4 (0,76-0,90 μm) e 5 (1,55-1,75 μm), tanto na análise visual como na classificação automática, monitoraram as áreas queimadas no Parque Nacional de Brasília, e indicaram a eficiência destas bandas na discriminação entre as áreas queimadas e outros alvos presentes nas imagens. Esses autores concluíram que o uso de imagens adquiridas em diferentes tempos permitiu acompanhar a recomposição da cobertura vegetal nas áreas atingidas pelo fogo.

Recentemente, Krug e Santos (1999), mediante interpretação visual de cenas TM/Landsat, estimaram a área total queimada no Cerrado durante o período de queima (maio a novembro de 1999), discriminando-a por tipo de fisionomia vegetal. Para estimar a área queimada adotaram três abordagens distintas: (a) extrapolação da área queimada identificada em 118 imagens, para todo o Cerrado e para todo o período seco; (b) extrapolação da área queimada identificada em 42 imagens adquiridas nos meses de junho e julho somente, para todo o Cerrado e para todo o período seco; e (c) extrapolação da área queimada identificada em 20 pares de imagens (imagens adquiridas em duas datas distintas sobre uma mesma área), para todo o Cerrado e para todo o período seco. As estimativas da área queimada utilizando os métodos (a), (b) e (c) acima foram, respectivamente, 315.545 km², 187.224 km² e 119.865 km². Os autores indicaram que a estimativa gerada a partir do método (b) era a mais confiável.

O monitoramento diário e o registro sistemático de queimadas ativas ocorridas no Cerrado brasileiro teve início na metade da década de 80 com dados dos satélites meteorológicos da série NOAA, adquiridos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Posteriormente, Pereira (1992), baseado no número de focos de calor detectados pelo sensor AVHRR/NOAA-11 e 12 na estação seca de 1989, testou a metodologia de detecção, localização e estimativa da área queimada no Cerrado, utilizando uma correção obtida a partir de dados TM/Landsat, tendo estimado que cerca de 196.000 km² da superfície deste bioma foi queimada no período de 08 de junho a 12 de setembro de 1988. Indicou, também, que os dados TM/Landsat permitiam avaliações espaciais, tanto da forma das queimadas quanto de suas áreas, sendo essas mais exatas do que aquelas obtidas unicamente a partir dos dados AVHRR/NOAA.

França (2000) utilizou dados TM/Landsat para validar e ajustar o algoritmo de identificação de cicatrizes do fogo, a partir de mosaicos quinzenais das imagens do sensor AVHRR/NOAA-14, na região contínua do Cerrado brasileiro. Estimou que a área queimada no período de 01/maio/98 a 30/abril/99 foi de aproximadamente 429.000 km² (19% da área total estudada). Os dados TM mostraram que 2% da área queimada estava associada a áreas queimadas menores que 0,5 km² enquanto 74% da área total queimada no Cerrado estava associada a áreas queimadas maiores que 10 km².

Tradicionalmente, o uso de sensores de baixa resolução espacial tem demonstrado ser útil para monitorar os padrões espaço-temporais diários da atividade do fogo. Embora o monitoramento do fogo ativo utilizando a faixa do infravermelho termal esteja bastante avançado, a capacidade dos sensores de baixa resolução para mapear, com exatidão e tempo hábil, as cicatrizes do fogo, ainda está sendo demonstrada (Arino et al., 2000). Dentre os sensores de baixa resolução espacial, o mais utilizado para monitorar focos de calor (indicativo de possíveis queimadas), em nível regional (e mesmo global), é o AVHRR/NOAA. Devido a sua resolução radiométrica de 10 bits, seu sensor termal pode estimar a temperatura superficial dos alvos terrestres com maior exatidão na faixa de 3,55 e 11,5 μm (bandas 3 e 4).

No entanto, a baixa resolução espacial deste sensor, de 1,1 km no nadir e de 2,4 km fora do nadir, ao longo do sentido da órbita do satélite, e de 6,9 km ao longo do sentido da varredura do sensor, pode ocasionar estimativas errôneas da área queimada, subestimando o número de focos de calor ao omitir queimadas menores do que à resolução espacial do sensor e, conseqüentemente, subestimando a superfície queimada (Setzer et al., 1994).

2.4 Propriedades Espectrais das Áreas Queimadas

A caracterização espectral de áreas afetadas pelo fogo é considerada como o ponto de partida nas pesquisas sobre queima de biomassa e depende, principalmente, de dois fatores: severidade do fogo e tempo decorrido após a queima (Fuller e Rouse, 1979; Tanaka et al., 1983). Após a queima, observam-se variações na reflectância destas áreas, as quais são tão mais intensas quanto mais severo for o fogo. Flutuações da proporção da vegetação no *pixel*, decorrentes da alteração na estrutura e na quantidade da vegetação são responsáveis por essas variações (Tanaka et al., 1983; Frederiksen, 1990; Robinson, 1991). Segundo Pereira et al. (1997), é importante conhecer o intervalo de tempo entre a ocorrência do fogo e a data de aquisição dos dados espectrais devido às alterações que irão ocorrer na reflectância destas áreas, ocasionadas pela recuperação da vegetação atingida pelo fogo. Esses autores sugerem que para melhor identificar as áreas afetadas pelo fogo é necessário não só conhecer a resposta espectral de áreas

queimadas, mas também a resposta espectral do tipo de vegetação existente na área antes da ação do fogo.

2.4.1 Região do Visível (0,4 - 0,7 μm)

Segundo a revisão feita por Pereira et al. (1997), são poucos os trabalhos que apresentam dados de campo sobre a reflectância de superfícies recentemente queimadas, na faixa visível do espectro eletromagnético. Fuller e Rouse (1979) realizaram medições com espectrorradiômetro sobre superfícies queimadas em uma floresta boreal clímax, após 1, 2 e 25 anos, e observaram um pequeno aumento na reflectância destas áreas, nesta porção do espectro, quando comparadas às áreas não afetadas pelo fogo por 80 anos. Tanaka et al., (1983), queimaram intencionalmente uma pilha de ramos de pinhos, medindo imediatamente a reflectância das pilhas parcialmente queimadas, obtendo um aumento na reflectância de 5 a 8% para os comprimentos de onda inferiores a 0,72 μm . Todos estes dados levantados em campo representam medições da reflectância da superfície, ou seja, das propriedades intrínsecas dos alvos terrestres não afetadas pelos efeitos de absorção e espalhamento atmosférico, nem pelas modificações que o relevo ocasiona nas geometrias de iluminação e de visada. Em princípio, estes dados de campo representam a caracterização mais confiável das propriedades espectrais de superfícies naturais afetadas pelo fogo (Pereira et al., 1997).

Ponzoni et al., (1986), utilizando imagens TM/Landsat compreendendo as diferentes fisionomias do Cerrado brasileiro, observaram que na banda 3 as cicatrizes do fogo com duas semanas de ocorrência apresentaram níveis digitais similares àqueles associados à corpos d'água, e de seis a oito níveis digitais mais baixo do que os apresentados pelo estrato arbóreo/arbustivo.

Outros estudos reportaram resultados em unidades de reflectância, os quais são influenciados por efeitos atmosféricos. Na região do visível, o efeito dominante é o espalhamento atmosférico, ocasionando um aumento da reflectância medida, em relação àquela observada próximo à superfície terrestre (López e Caselles, 1991; Siljeström e Moreno, 1995; Silva, 1996). López e Caselles (1991), analisando áreas com formações

arbórea/arbustiva mediterrâneas, na Espanha, em vários períodos após a ocorrência do fogo, reportaram um aumento nos valores de reflectância de áreas queimadas utilizando as bandas 1, 2 e 3 do sensor TM/Landsat-5, quando comparados àqueles medidos em uma área semelhante antes da queima. Pereira e Setzer (1993) analisaram a cena TM/Landsat 227/067, adquirida sobre a parte norte do estado do Mato Grosso em agosto de 1985, cobrindo uma região recentemente desflorestada, tendo discriminado os seguintes alvos: cicatrizes do fogo, floresta tropical primária, pastagem e capoeiras. Nas bandas 1 e 2, as cicatrizes do fogo apresentaram a menor variação dos valores de níveis de cinza, apresentando comportamento semelhante ao de outras coberturas terrestres, sugerindo que estas bandas não são as mais adequadas para discriminar biomassa queimada.

2.4.2 Região do Infravermelho Próximo (0,7 - 1,3 μm)

As mudanças induzidas pelo fogo nas propriedades espectrais da vegetação são mais evidentes na região do infravermelho próximo (IVP) do que na região do visível, principalmente quando as condições anteriores ao fogo apresentam alto conteúdo de material combustível e os processos de combustão produzem grandes quantidades de resíduos de carvão vegetal. Nas áreas de cobertura vegetal esparsa, típicas de ecossistemas semi-áridos, onde os solos apresentam valores de níveis de cinza mais baixos, a produção de carvão vegetal é menos abundante, a redução de biomassa vegetal é menor e a cicatriz do fogo se diferencia menos da resposta espectral das condições anteriores à queima (Pereira et al., 1997).

Nas medições em campo com um espectrorradiômetro, realizadas por Fuller e Rouse (1979), observou-se um aumento nos valores da reflectância na região do infravermelho do espectro eletromagnético, da mesma forma que para a região do visível. Razafimpanilo et al., (1995), utilizando os dados de Frederiksen et al., (1990) em um modelo de detecção de fogo com o sensor AVHRR, concluíram que existe uma aproximação razoável entre os valores de reflectância obtidos com sensores orbitais e aqueles obtidos na superfície, com sensores em campo.

López e Caselles (1991), utilizando o sensor TM/Landsat, observaram uma diminuição significativa da reflectância na região do infravermelho próximo, ressaltando que a banda 4 deste sensor foi a única onde a reflectância das áreas queimadas diminuiu. Silva (1996), utilizando o mesmo sensor, reportou um valor médio de reflectância na região do infravermelho próximo, para várias queimadas, menor do que aquele obtido em outros tipos de coberturas terrestre (solo exposto, áreas urbanas, áreas agrícolas, floresta), exceto água.

Pereira e Setzer (1993) observaram que os níveis de cinza mais baixos encontrados na banda 4 de uma imagem TM/Landsat correspondiam a queimas recentes. Esta banda resultou ser a mais adequada para discriminar cicatrizes do fogo, sendo que os corpos d'água, os quais apresentaram valores de níveis de cinza mais baixos, não se confundiram com as mesmas.

De uma maneira geral, a resposta espectral na porção do infravermelho próximo, proveniente das áreas afetadas pelo fogo, é mais baixa do que o restante das coberturas terrestres analisadas, excetuando-se a água. A persistência deste padrão espectral observado nestas áreas varia de um ano (em biomas boreais ou temperados), a duas semanas (nas formações herbáceas tropicais) (Pereira et al., 1997). Tal variação deve-se ao alto coeficiente de absorção dos resíduos provenientes da queima nesta porção do espectro, quando comparada com a vegetação verde ou seca (Malingreau, 1990).

2.4.3 Região do Infravermelho Médio (1,3 - 3,0 μm)

As observações da superfície terrestre nesta região do espectro só foram possíveis a partir do lançamento do satélite Landsat-4, que transportava um sensor (também disponível no Landsat-5) com dois canais na região do infravermelho médio (IVM): o TM5 (1,55 – 1,75 μm) e o TM7 (2,08 – 2,35 μm). Os dados de campo obtidos com espectrorradiômetros nesta região do espectro (assim como para as demais regiões), sobre áreas afetadas pelo fogo, são escassos (Pereira et al., 1997).

López e Caselles (1991), estudando as formações arbórea/arbustiva mediterrâneas, encontraram os maiores incrementos da reflectância de áreas queimadas na banda 7

(0,08 anterior à queima para 0,18 após à queima) e na banda 5 (0,17 anterior à queima para 0,22 após à queima) do sensor TM/Landsat. A alta reflectância na banda 7 foi mantida até um ano após a queima, diminuindo a partir do segundo ano e retornando aos valores observados antes da queima após seis anos. Siljeström e Moreno (1995) detectaram os maiores incrementos da reflectância na região do infravermelho médio, em arbustais afetados pelo fogo, na banda 5 (0,40 – 0,90 μm), seguido da banda 7 (0,20 – 0,55 μm).

As cicatrizes do fogo analisadas por Pereira e Setzer (1993) foram corretamente discriminadas na banda 5 do sensor TM/Landsat, tendo sido possível distinguir as diferenças espectrais entre as cicatrizes do fogo recentes e antigas. A banda 7 detectou satisfatoriamente os fogos ativos e as frentes de fogo presentes na imagem, os quais não puderam ser detectados por nenhuma outra banda do sensor TM/Landsat.

As mudanças induzidas pelo fogo nas propriedades espectrais da vegetação, observadas na região do infravermelho médio do espectro, mostraram-se semelhantes àquelas observadas na região do visível. Nas florestas e nos arbustais temperados, as queimadas mais recentes apresentaram maior brilho do que a vegetação em condições anteriores à queima; e as formações herbáceas e as Savanas arbóreas tropicais apresentaram-se mais escuras. A possível explicação sugerida para a região do visível, envolvendo diferenças na estrutura do dossel, e na fenologia da vegetação, provavelmente é válida para esta região do espectro (Pereira et al., 1997).

CAPÍTULO 3

ÁREA DE ESTUDO

3.1 Definição da Área de Estudo

Para a definição da área de estudo foram utilizadas as informações disponíveis na Fundação de Ciência, Tecnologia e Aplicações Espaciais (FUNCATE) sobre a cobertura de imagens TM/Landsat no Cerrado brasileiro, assim como a identificação da área ocupada por este bioma nas imagens e o grau de antropismo correspondente. A FUNCATE (1998) convencionou associar cada imagem a uma de três classes de área, dependendo da área ocupada pelo Cerrado na mesma: (1) $\leq 10.000 \text{ km}^2$; (2) entre 10.000 e 20.000 km^2 ; e (3) $\geq 20.000 \text{ km}^2$. Os graus de antropismo, correspondentes aos graus de alteração da fisionomia vegetal do Cerrado observados na imagem, foram definidos como: (1) menor que 25% (indicando grau de preservação superior a 75%); (2) entre 26 e 50%; (3) entre 51 e 75%; e (4) maior que 75%.

Uma vez avaliada a informação da FUNCATE, o passo seguinte na definição da área de estudo consistiu em verificar a disponibilidade de imagens para compor uma série temporal contínua (igual ou próxima a sua resolução temporal de 16 dias) no decorrer do período seco de cada ano investigado, e que apresentassem condições adequadas para o monitoramento das cicatrizes do fogo (baixa ou nenhuma cobertura de nuvens e/ou ausência de problemas radiométricos na imagem). Do total das cenas que resultaram apropriadas para definir a área de estudo e desenvolver o projeto, deu-se preferência àquelas imagens que correspondiam à área “core” do Cerrado brasileiro, que dispõe de amplo material bibliográfico e cartográfico. Assim, foram selecionadas para compor a área de estudo as imagens de órbita/ponto 221/69, localizada na parte oriental da divisa dos estados de Tocantins e Goiás; e 223/67, localizada na divisa dos estados de Mato Grosso, Pará e Tocantins.

3.2 Localização Geográfica

A área de estudo do presente trabalho corresponde àquela compreendida pela cena TM/Landsat de órbita/ponto 221/69, doravante denominada setor **Chapada dos Veadeiros**, e pela cena TM/Landsat de órbita/ponto 223/67, doravante denominada setor **Araguaia**, ambas localizadas na região central do Cerrado brasileiro (FIGURA 3.1).

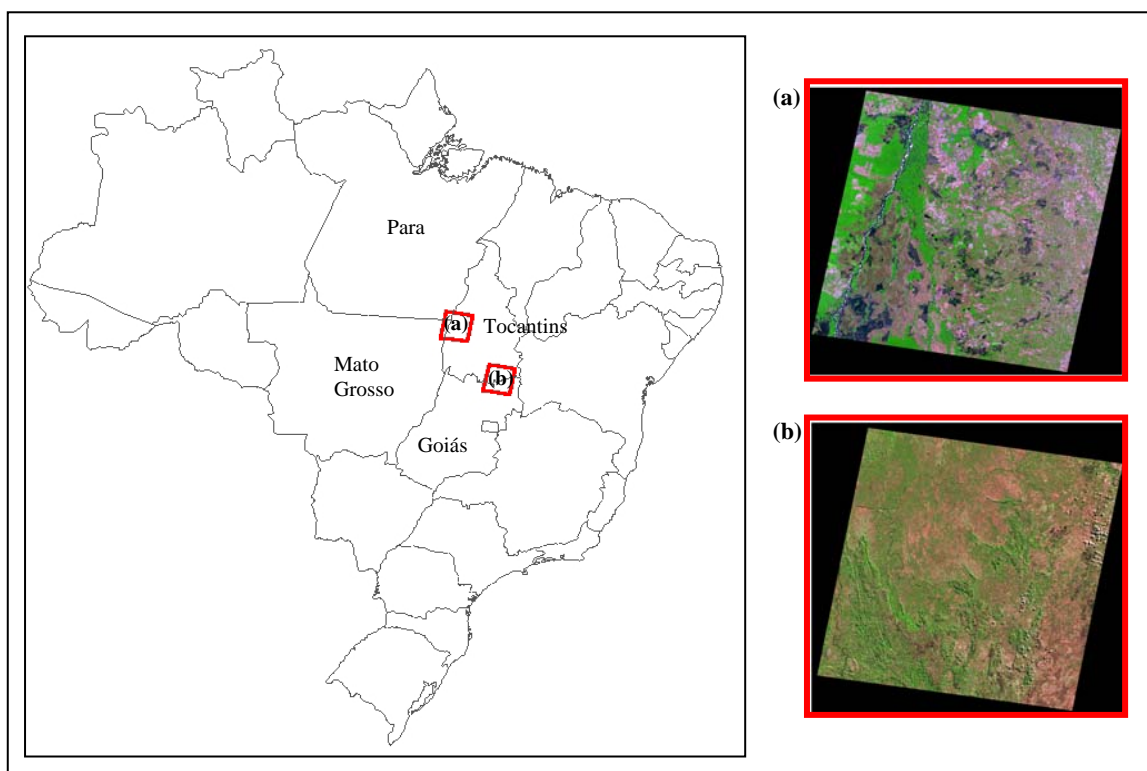


FIGURA 3.1 - Localização geográfica da área de estudo e correspondente imagem TM/Landsat-5: (a) setor Araguaia, (b) setor Chapada dos Veadeiros.

O setor **Chapada dos Veadeiros** localiza-se entre as coordenadas geográficas S 12° 06' 46'' - 13° 54' 28''; e W 46° 21' 55'' - 48° 16' 14''. Está situado na divisa dos estados de Tocantins e Goiás, ao sudeste e nordeste respectivamente, ocupando uma superfície aproximada de 30.360 km². Neste setor, destaca-se a presença do Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, com cerca de 462 km² (19,11% da área total do Parque), representando 1,5% da área do setor. O setor **Araguaia** localiza-se entre as coordenadas

geográficas S 09° 12' 19'' - 10° 59' 25''; e W 48° 48' 52'' - 50° 43' 36''. Está situado, em grande parte, no estado de Tocantins e, em menor parte, na divisa dos estados de Mato Grosso e do Pará, em seus extremos mais ao nordeste e sudeste, respectivamente, cobrindo uma superfície aproximada de 30.577 km². É importante ressaltar a presença, neste setor, de 71,03% da área do Parque Nacional Araguaia e de 98,25% da área do Parque Estadual do Cantão (localizadas no estado de Tocantins), sendo que ambas unidades de proteção integral ocupam uma superfície aproximada de 4.916 km², correspondente a 16,08% da superfície total deste setor da área de estudo.

3.3 Cobertura Vegetal

3.3.1 Vegetação do Cerrado

A área de estudo tem como vegetação dominante a formação de Cerrado, constatando-se a ocorrência dos diferentes tipos fisionômicos deste bioma e de algumas inclusões florestais (a vezes indicado neste trabalho apenas como florestas). Considerando que existe diferença no critério de denominação tipológica da vegetação do Cerrado, adotou-se, neste trabalho, a classificação fisionômico-ecológica utilizada no Projeto RADAMBRASIL (1981), caracterizada pelas seguintes fácies da formação de Cerrado (subgrupos): cerradão, campo cerrado, parque de cerrado e campo. A descrição dessas fácies, definidas a seguir, encontram-se em Veloso et al., (1991).

(a) cerradão: caracterizado por um estrato arbóreo de até 10 m de altura, sendo uma vegetação xeromórfica que apresenta sinúcias lenhosas de micro e nanofanerófitos tortuosos com ramificação irregular, provida de grandes folhas coriáceas perenes ou semidecíduas, com casca corticosa. Não apresenta estrato arbustivo nítido, mas sim uma sinúcia hemicriptofítica, permeada com plantas lenhosas raquíticas e palmeiras anãs. Em algumas comunidades pode haver estrato superior com algumas árvores atingindo até 15 m de altura.

(b) campo cerrado: caracteriza-se por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide contínua, entremeado de árvores gregárias, geralmente raquíticas e muito tortuosas, com cerca de 4-5 m de altura.

(c) parque de cerrado: representa subgrupo constituído essencialmente por um estrato graminóide, integrado por hemiptófitos e geófitos de florística natural e/ou antropizada, intercalada por nanofanerófitos isolados.

(d) campo: caracterizado por extensas áreas dominadas por uma fisionomia hemiptófica graminóide, entremeadas por plantas lenhosas raquílicas, mas sem cobertura arbórea fanerofítica.

O mapa de vegetação e uso agropecuário atualizado para o ano 2000, a partir dos mapas de vegetação do Projeto RADAMBRASIL (1981) (FIGURAS A2 e A4 do Apêndice A, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente), indicam que a fisionomia mais extensa no setor **Chapada dos Veadeiros** é o campo cerrado, ocupando 64,37% da sua superfície. As fisionomias de parque de cerrado, floresta, campo e cerradão ocupam, respectivamente 17,11%, 3,84%, 0,11% e 0,02%. O percentual restante refere-se à área de uso agropecuário e corpos d'água. No setor **Araguaia**, o campo cerrado ocupa a maior extensão, totalizando 33,09% da área total. É seguido pelas fisionomias de parque de cerrado, cerradão e floresta, nas proporções de 28,39%, 8,08% e 7,67%, respectivamente. A fisionomia de campo não foi observada neste setor da área de estudo.

3.3.2 Áreas Agrícolas e Pecuárias

Na área de estudo foram identificadas áreas com agricultura tradicional, praticada em geral por pequenos e médios produtores e também modernizada, praticada principalmente por grandes e médios produtores. Estes empregam técnicas agrícolas avançadas e utilizam todos os insumos necessários, além de assessoramento técnico especializado durante todas as fases do trabalho, até que o produto chegue ao mercado. O termo “agricultura”, no presente trabalho, é definido segundo o IBGE (1999), e refere-se à produção de uma ou mais espécies vegetais em uma determinada área, podendo apresentar níveis de manejo diferenciado, assim como a estrutura da produção.

Outra atividade agrônômica importante praticada na área de estudo refere-se à “pecuária”. Adotou-se, neste trabalho, a definição de pecuária apresentada pelo IBGE

(1999), como a arte e a indústria do tratamento e criação do gado, a qual pode apresentar níveis de manejo e estrutura de produção diferenciadas. Incluem-se, nesta categoria, os diferentes sistemas de criação encontrados na área de estudo: o extensivo, em que o gado é criado solto na vegetação natural; o semi-extensivo, em que o manejo utiliza pasto natural e plantado; e o intensivo, caracterizado pela criação de gado em áreas com pasto plantado, apresentando tipos de manejo mais sofisticados.

3.4 Aspectos Físico-Naturais

3.4.1 Setor Chapada dos Veadeiros

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (1981), o clima deste setor é caracterizado por uma precipitação mensal de alta variação espacial e temporal, sendo que o trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de novembro, dezembro e janeiro, onde os índices pluviométricos variam de 300 a 800 mm; o trimestre mais seco corresponde aos meses de junho, julho e agosto, com uma precipitação total de poucos milímetros, chegando até a ausência total de chuva. A temperatura média anual varia de 19 a 25° C. Segundo a classificação de Köppen, os climas predominantes na região são o sazonal tropical (**Aw**), ocupando a maior superfície deste setor da área de estudo e o sazonal temperado (**Cwbl**), referente a uma pequena ocorrência no extremo sul (Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí). A primeira unidade climática corresponde a um clima quente com estação seca bem acentuada coincidindo com o inverno, apresentando pelo menos um mês com precipitação inferior a 60 mm. A temperatura do mês mais frio é superior a 18° C e a amplitude térmica das médias mensais se mantém abaixo de 5° C; a segunda unidade climática corresponde a um clima temperado úmido. O período seco (maio – setembro) coincide com o inverno, e a precipitação do mês mais úmido de verão é dez vezes superior a do mês mais seco. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18° C e a do mês mais quente abaixo de 22° C. Este tipo de clima é encontrado nas regiões com altitudes acima de 1.000 m, correspondendo, neste setor da área de estudo, ao Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí.

As unidades morfoestruturais dominantes no setor **Chapada dos Veadeiros**, segundo o Projeto RADAMBRASIL (1981), compreendem:

- Pediplano do Tocantins: esta unidade ocupa a parte norte, centro-este e centro-oeste, apresentando as maiores altitudes nas áreas de contato com o Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí, as quais alcançam 800 m de altitude. Os relevos residuais que afloram ao nível topográfico da depressão também apresentam elevações expressivas, com altitudes predominantes entre 400 e 600 m, os quais estão constituídos por inúmeros afloramentos do tipo “inselbergs”, resultantes do processo de pediplanação, e outras formas de relevo residual como os “dorsos de baleia”. Nesta unidade geomorfológica ocorreram grandes extensões de espriamentos, sobre os quais desenvolveram-se solos, em geral, de natureza arenosa na superfície. As principais unidades de solos encontradas neste setor são: Laterita Hidromórfica álica, Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico concrecionário, Litólicos álicos e distróficos (em geral pedregosos), Cambissolos distróficos e álicos concrecionários e, em menor escala, Areias Quartzosas distróficas e Planossolo Solódico e não Solódico. Em áreas de cobertura argilo-arenosas mais espessas são encontrados Latossolos Vermelho-Amarelos álicos e distróficos e Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos; e

- Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí: a unidade é constituída por dois grandes blocos planálticos, limitados por escarpas e serras, localizados ao nordeste e sul deste setor. A altimetria varia de 800 a 1.650 m, as maiores altitudes ocorrendo na Chapada dos Veadeiros. O relevo é caracterizado pela presença de formas estruturais instaladas sobre dobramentos do Grupo Araí, predominando formas residuais que constituem flancos de sinclinais alçadas e de anticlinais escavadas, niveladas por planos topográficos e esfacelados por fraturas e falhas que favorecem a intensa dissecação. Nesta unidade geomorfológica predominam os solos rasos e quase distróficos, representados por solos Litólicos álicos e distróficos, associados a afloramentos de quartzitos.

3.4.2 Setor Araguaia

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (1981), no setor Araguaia a distribuição anual das chuvas é irregular, manifestando-se dois períodos alternados bem definidos: um com grandes excedentes hídricos, concentrados entre os meses de outubro a março, e onde os índices pluviométricos variam de 300 a 800 mm; e outro seco, durante os meses de maio a setembro, podendo atingir 2 meses com ausência de precipitação pluviométrica (Nimer e Brandão, 1989). Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o sazonal tropical (**AW**), descrito anteriormente.

As diferentes unidades morfoestruturais dominantes neste setor da área de estudo, segundo o Projeto RADAMBRASIL (1981), são:

- Patamares do Interflúvio Araguaia-Tocantins: esta unidade dispõe-se em forma alongada no sentido S-N. Limita ao nordeste com o Planalto do Interflúvio Araguaia-Tocantins, ocupando a parte oriental deste setor da área de estudo. Apresenta feições de relevos escalonados correspondentes a uma estrutura subhorizontal de camadas pré-cambrianas do Grupo Estrondo, com níveis altimétricos entre 300 a 450 m. As frentes desses patamares estão voltadas para oeste e constituem escarpas descontínuas pela atuação erosiva. Os reversos inclinam-se para leste e constituem uma superfície contínua bastante dissecada, originando formas tabulares. Sobre esses relevos, desenvolveram-se solos Concrecionários álicos e distróficos e Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos.

- Depressão do Araguaia: esta unidade ocupa a porção ocidental do setor **Araguaia**. Limita-se a leste com a unidade Patamares do Interflúvio Araguaia-Tocantins, constituindo um prolongamento meridional da Depressão Periférica do Sul. Apresenta um relevo suavemente dissecado em formas de topo convexo e formas de topo tabular, com altimetria que variam de 200 a 300 m. Predominam litologias pré-cambrianas do Complexo Xingu e Grupo Tocantins e solos Podzólicos Vermelho-Amarelos distróficos.

- Planície do Bananal: esta área, localizada na parte sudeste deste setor da área de estudo, limita-se a oeste com a unidade Depressão do Araguaia. Constitui uma ampla faixa deposicional relacionada ao curso do rio Araguaia, dominada por uma superfície muito plana. Os depósitos que a constituem apresentam uma distribuição espacial em forma afunilada para o norte com uma parte mais larga voltada para o sul. Apresenta altimetrias que variam de 200 a 220 m. Os solos deste setor são predominantemente Gley Pouco Húmido, nas planícies aluviais e, no restante da unidade, as Lateritas Hidromórficas.

CAPÍTULO 4

MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Dados Orbitais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas 63 imagens em formato digital do satélite TM/Landsat-5 e ETM+/Landsat-7, órbita/ponto 221/69 e 223/67, em composição colorida das bandas 3 (0,63-0,69 μm), 4 (0,76-0,90 μm) e 5 (1,55-1,75 μm), com resolução espacial de 30 m. Selecionou-se pelo menos uma cena de cada mês do período seco (maio-novembro), para cada ano do período de estudo (1996, 1997, 1998, 1999 e 2000), de acordo com a disponibilidade de imagens no acervo da Divisão de Geração de Imagens do INPE, em Cachoeira Paulista-SP, priorizando aquelas cenas com menor ou nenhuma cobertura de nuvens (Apêndice B).

4.1.2 Material Cartográfico

O material cartográfico utilizado como suporte para o levantamento da informação temática e registro das imagens TM/Landsat, está relacionado a seguir:

-Cartas topográficas em papel, na escala 1:250.000, folhas SC-22-X-C, Santana do Araguaia, TO-MT-PA (IBGE, 1987); SC-22-X-D, Miracema do Norte, TO (DSG, 1983); SC-22-Z-A, Santa Terezina, TO-MT (DSG, 1983); SC-22-Z-B, Porto Nacional, TO (DSG, 1986); SD-22-X-B, Alvorada, GO-TO (IBGE, 1984); SD-22-X-D, Porangatu, GO-TO (IBGE, 1984); SD-23-V-A, Arraias, GO-TO (IBGE, 1985); SD-23-V-B, Barreiras, GO-BA (IBGE, 1984); SD-23-V-C, Campos Belos, GO-TO (IBGE, 1985).

-Mapas de vegetação em papel do Projeto RADAMBRASIL (1981), na escala 1:250.000, folhas SC-22-X-C; SC-22-X-D; SC-22-Z-A; SC-22-Z-B; SD-22-X-B; SD-22-X-D; SD-23-V-A; SD-23-V-B; SD-23-V-C.

4.1.3 Equipamentos e Programas Computacionais

Os processamentos, registros e classificações das cenas TM/Landsat e da base cartográfica foram realizados em um microcomputador Pentium IV, 1Ghz, 215 Mb de memória RAM, utilizando o aplicativo SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, versão 3.6 (Câmara et al., 1996). A digitalização das cartas topográficas e mapas de vegetação foi feita a partir do uso de “scanner” de alta resolução (200 dpi).

4.2 Métodos

A metodologia adotada no desenvolvimento deste estudo envolveu quatro fases, indicadas no fluxograma apresentado na FIGURA 4.1 e detalhadas a seguir.

4.2.1 FASE 1 - Avaliação, Levantamento e Processamento da Informação Básica

Esta primeira fase envolveu o levantamento do material bibliográfico e das informações cartográficas e temáticas, estas últimas consistindo das imagens orbitais e mapas de vegetação. A partir deste material, foi feita uma avaliação das informações existentes sobre a área de estudo e ao assunto de interesse, definindo, desta maneira, o escopo do estudo a ser realizado.

4.2.1.1 Criação do Banco de Dados

Utilizando o aplicativo SPRING 3.6 (Câmara et al., 1996), criou-se um banco de dados geográficos para cada um dos setores que compõem a área de estudo. Dentro deste banco foram criados, para cada ano investigado, os projetos contendo as informações cartográficas e temáticas utilizadas neste trabalho.

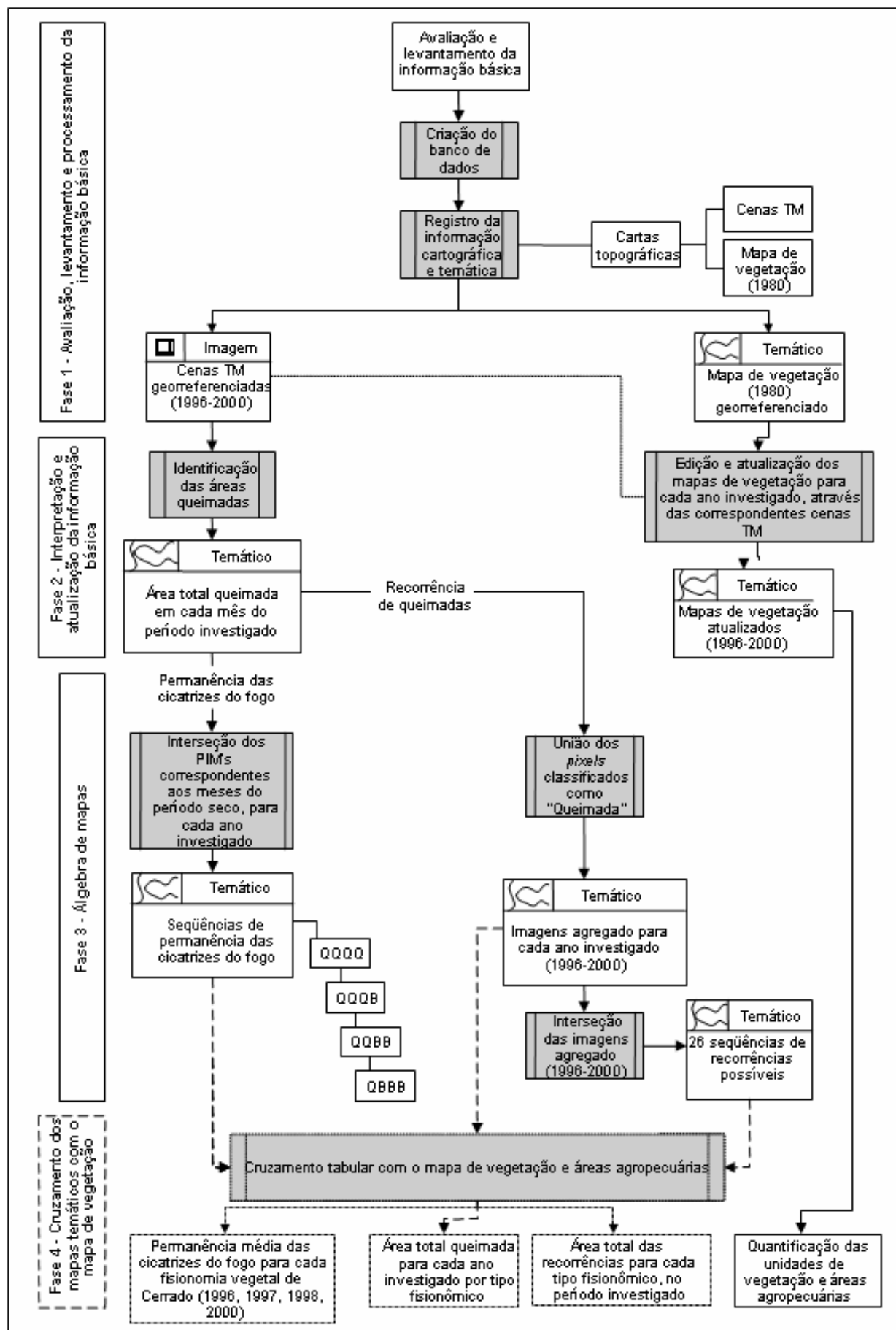


FIGURA. 4.1 - Fluxograma geral do trabalho

4.2.1.2 Registro da Informação Cartográfica e Temática

4.2.1.2.1 Registro das Cartas Topográficas

Nesta etapa do trabalho, foi feito o registro das cartas topográficas, as quais serviram como base cartográfica para o registro das imagens de satélite (procedimento carta-imagem) e para o registro dos mapas de vegetação resultantes pelo Projeto RADAMBRASIL (1981). Cabe ressaltar que apesar do IBGE referir-se a mapas de vegetação, o mesmo inclui, também, categorias de uso agropecuário. Assim, neste trabalho, refere-se a esses mapas como mapas de vegetação ou, alternativamente, mapas de vegetação e uso agropecuário. Para realizar o registro das cartas topográficas selecionaram-se 20 pontos de controle distribuídos homogeneamente na imagem, equivalentes ao cruzamento das quadrículas UTM. Utilizou-se um polinômio de transformação de primeiro grau para relacionar as coordenadas das cartas-imagem (coluna, linha) com as coordenadas geográficas (latitude, longitude), gerando um erro quadrático médio (EQM ou RMS, do inglês *root mean square*) menor que 1,5 *pixel* (33 m). A transferência dos valores digitais dos *pixels* originais para a nova posição corrigida foi realizada utilizando o método bilinear, visando manter as características geométricas originais das cartas topográficas, conforme recomendado por Chuvieco, (1996). Após o registro, as referidas cartas foram integradas ao banco de dados.

4.2.1.2.2 Registro das Cenas Tm/Landsat

O registro das cenas TM/Landsat envolveu duas etapas. A primeira consistiu no registro das cenas correspondentes à primeira data do período de estudo (26/06/96 e 27/05/96, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente), utilizando como base de ajuste as cartas topográficas previamente registradas. Na segunda etapa, realizou-se o registro das cenas TM/Landsat restantes, utilizando como base de ajuste as cenas já registradas, correspondentes à primeira data.

O registro de cada uma das imagens TM/Landsat foi feito a partir da seleção de 32 pontos de controle que tinham como base elementos planimétricos estáveis e de fácil identificação, comuns às imagens TM/Landsat e às cartas imagens.

Para o cálculo das coordenadas das imagens utilizou-se um polinômio de transformação de terceiro grau, gerando um RMS menor que 1,5 *pixel* (45 m). A transferência dos valores digitais dos *pixels* originais para a nova posição corrigida foi realizada adotando o método do vizinho mais próximo, visando preservar os valores radiométricos da imagem original (Chuvieco, 1996).

4.2.1.2.3 Registro dos Mapas de Vegetação (Ano 1980)

Para realizar o registro dos mapas de vegetação, foram selecionados 4 pontos de controle referentes às coordenadas geográficas dos quatro cantos do mapa, tanto nas cartas topográficas registradas quanto nos mapas de vegetação e uso agropecuário relativo ao ano 1980. Cabe destacar que essa data corresponde ao ano de publicação dos referidos mapas pelo Projeto RADAMBRASIL e, representa a informação disponível mais atualizada e detalhada sobre a área de estudo. Para relacionar as coordenadas de ambos produtos foi utilizado um polinômio de transformação de primeiro grau, gerando um RMS menor que 3 *pixels* (66 m). A transferência dos valores digitais dos *pixels* originais para a nova posição corrigida foi realizada pelo método bilinear, visando manter as características geométricas originais dos referidos mapas (Chuvieco, 1996).

4.2.2 FASE 2 - Interpretação da Informação Temática

4.2.2.1 Interpretação Visual das Cenas TM/Landsat

Nesta etapa, foram identificadas as cicatrizes do fogo resultantes da queima de biomassa vegetal através da interpretação visual das cenas TM/Landsat diretamente na tela do computador. A utilização da interpretação visual como procedimento para extrair a informação temática desejada foi considerada a mais adequada, uma vez que os procedimentos de classificação digital geralmente confundem padrões espectrais semelhantes, como os apresentados pelas cicatrizes do fogo e outros elementos contidos nas imagens, tais como corpos d'água e sombras de nuvens ou acidentes orográficos. Essas confusões normalmente geram classificações menos exatas das imagens TM/Landsat do que aquelas resultantes da análise visual. Os procedimentos utilizados nesta seção são ilustrados na FIGURA 4.2.

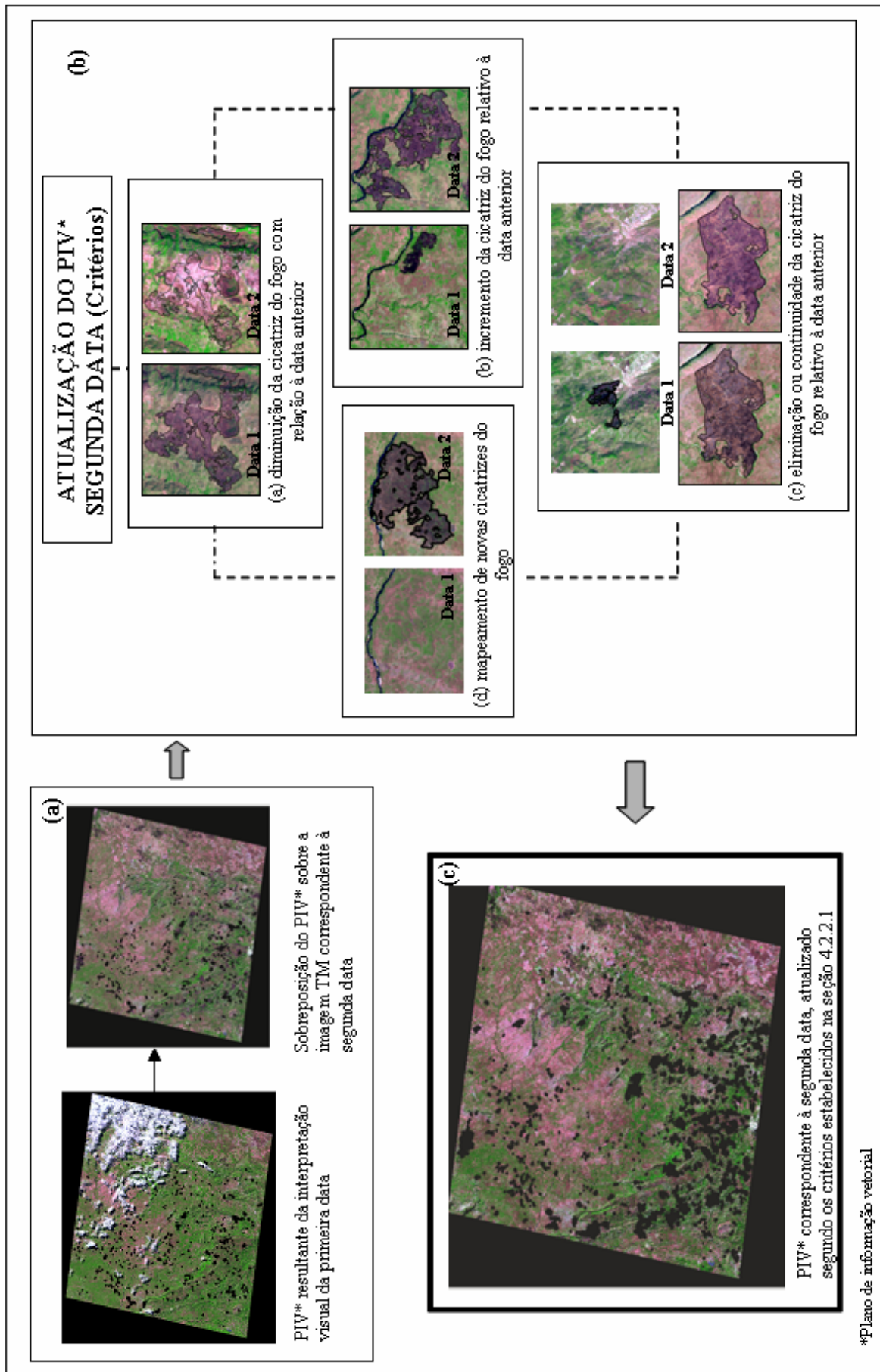


FIGURA 4.2 - Interpretação visual das cenas TM/Landsat: (a) interpretação da primeira data, (b) critérios para atualização da segunda data e (c) segunda data atualizada.

Inicialmente, foi feita a interpretação visual das imagens TM/Landsat referentes à primeira data de cada ano investigado, e mapeadas todas as cicatrizes do fogo que puderam ser discriminadas na escala de 1:50.000 (área mínima de mapeamento igual a 0,02 km²). Foram criados, a partir desses mapeamentos, planos de informação vetorial (PIV's) contendo a delimitação das áreas compreendidas pelas cicatrizes do fogo discriminadas nas imagens correspondentes às primeiras datas de cada ano investigado.

Em seguida, cada PIV assim gerado foi sobreposto à imagem TM/Landsat correspondente à segunda data e, em função das mudanças espectro-texturais observadas nas cicatrizes do fogo procedeu-se à alteração/eliminação dos polígonos de queima extraídos na primeira data, ou a inclusão de novos polígonos, aplicando um dos seguintes critérios: (a) diminuição da área do polígono de queima com relação à data anterior, resultante do processo regenerativo da vegetação natural previamente afetada pela ação do fogo; (b) incremento da área do polígono de queima com relação à data anterior, consequência da ocorrência de novas queimadas contíguas às cicatrizes do fogo já existentes; (c) eliminação do polígono de queima, quando a cicatriz do fogo deixa de ser visível na imagem, devido a recuperação total da vegetação natural previamente afetada pela ação do fogo, ou continuidade do mesmo quando a cicatriz do fogo ainda permanecer visível; e (d) inclusão de novas cicatrizes do fogo não observadas na data anterior. Na eventual ocorrência de nuvens ou suas respectivas sombras sobre cicatrizes do fogo em uma determinada data, impedindo a correta atualização do respectivo PIV, procedeu-se à verificação da permanência das mesmas na data imediatamente ulterior, promovendo a eliminação ou continuidade do polígono de queima (FIGURA 4.3).

Na interpretação visual das datas subsequentes adotou-se procedimento idêntico, considerando sempre como ponto de partida para uma dada interpretação, a informação extraída da imagem correspondente à data imediatamente anterior. Finalmente, como resultado deste procedimento obteve-se uma série de PIV's referentes a cada mês do período seco, para todos os anos investigados.

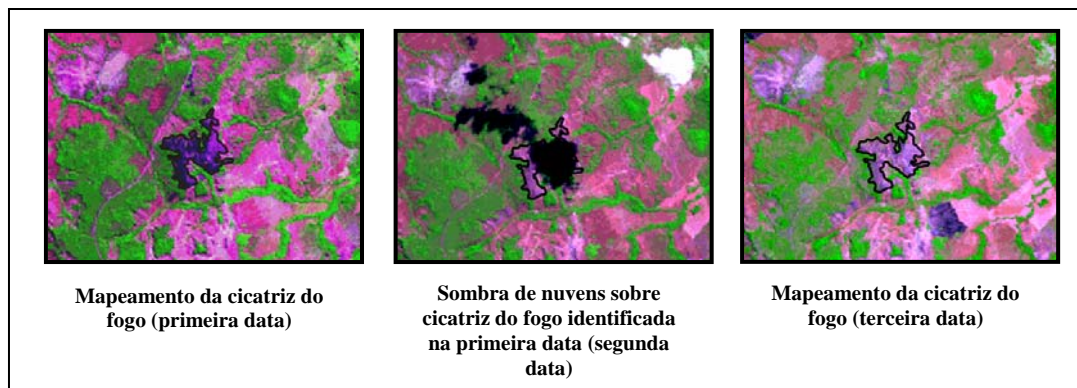


FIGURA 4.3 – Atualização das cicatrizes do fogo afetadas por nuvens e sombras.

Tendo em vista a necessidade de realizar operações algébricas para estimar a recorrência e a permanência de queimadas, assim como estimar a área total queimada em cada ano, as representações vetoriais, ou PIV's, foram transformados em representações matriciais ou planos de informação matricial (PIM). Em seguida, cada célula ou *pixel* referenciado no PIM por índices de linha e coluna contendo o valor do atributo mapeado, foi classificado como “Queimada”, quando relacionado às cicatrizes do fogo, ou como “*Background*”, quando relacionado às áreas não afetadas pelo fogo (FIGURA 4.4).

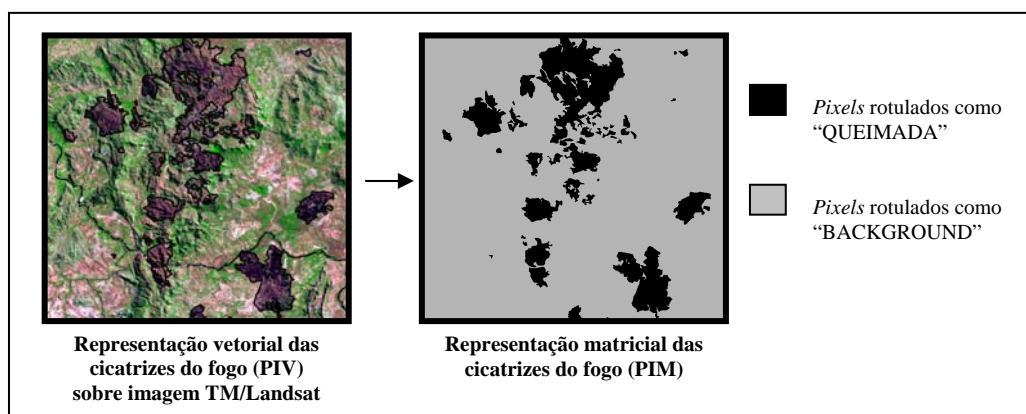


FIGURA 4.4 - Transformação da representação vetorial (PIV) em representação matricial (PIM).

4.2.2.2 Edição e Atualização dos Mapas de Vegetação e Uso Agropecuário

Uma vez registrados os mapas de vegetação e uso agropecuário (Seção 4.2.1.2.3), procedeu-se à digitalização de toda a informação temática associada à área de estudo. Cada polígono digitalizado foi associado a uma das seguintes classes temáticas: floresta, cerradão, parque de cerrado, campo de cerrado, campo ou áreas de uso agropecuário. Posteriormente, o PIV resultante deste procedimento (mapa de vegetação e uso agropecuário, ano 1980) foi transformado em um PIM, de forma a permitir a realização de operações algébricas para associar o tipo de recorrência e a permanência das cicatrizes do fogo a cada fisionomia do Cerrado (Seção 4.2.3).

Uma vez gerada a representação matricial do mapa de vegetação e uso agropecuário da área de estudo para o ano 1980, foi feita uma atualização das áreas agrícolas e pecuárias em cada ano do período investigado, mediante interpretação visual diretamente na tela do computador das cenas TM/Landsat correspondentes à primeira data de cada ano. Tais datas foram selecionadas com o intuito de mapear as áreas de vegetação natural antes que fossem afetadas pela ocorrência de queimadas, e/ou convertidas para implantação de projetos agrícolas ou pecuários no decorrer do período seco. Isso pôde assegurar que os novos polígonos de queima fossem devidamente rotulados naquelas áreas do Cerrado, distintamente daquelas onde a cobertura vegetal natural tivesse sido recentemente eliminada (FIGURA 4.5). As figuras A1 e A2, no Apêndice A, ilustram para o setor **Chapada dos Veadeiros** a atualização dos mapas de vegetação e uso agropecuário para os anos 1996 e 2000, respectivamente. As figuras A3 e A4 no mesmo Apêndice, referem-se ao setor **Araguaia**.

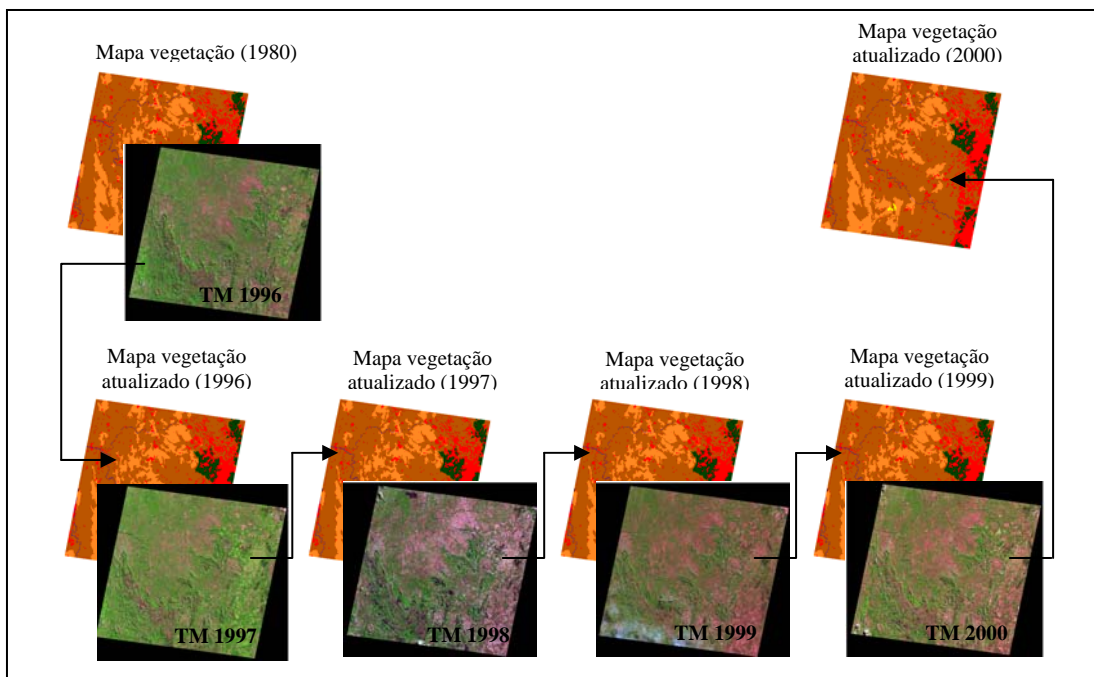


FIGURA 4.5 - Atualização dos mapas de vegetação e uso agropecuário para cada ano investigado.

4.2.3 FASE 3 - Álgebra de Mapas

As operações algébricas (união, interseção) apresentadas nesta seção resultaram de um procedimento conhecido como álgebra de mapas e que utilizou a linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico). Os programas para cálculo de área total queimada, recorrência de queimadas e permanência das cicatrizes do fogo encontram-se no Apêndice C.

4.2.3.1 Área Total Queimada em Cada Ano do Período de Estudo

A área total queimada em cada ano do período de estudo foi estimada agregando em um novo PIM, através de uma operação comutativa (união), todos os *pixels* classificados como “Queimada” nas imagens disponíveis para cada ano (conforme descrito na Seção 4.2.2.1), preservando o restante da área como “*Background*” (FIGURA 4.6). Os novos PIM’s, doravante denominados imagens agregado 1996, 1997, 1998, 1999 e 2000, foram objeto de uma tabulação cruzada com os respectivos mapas de vegetação e uso

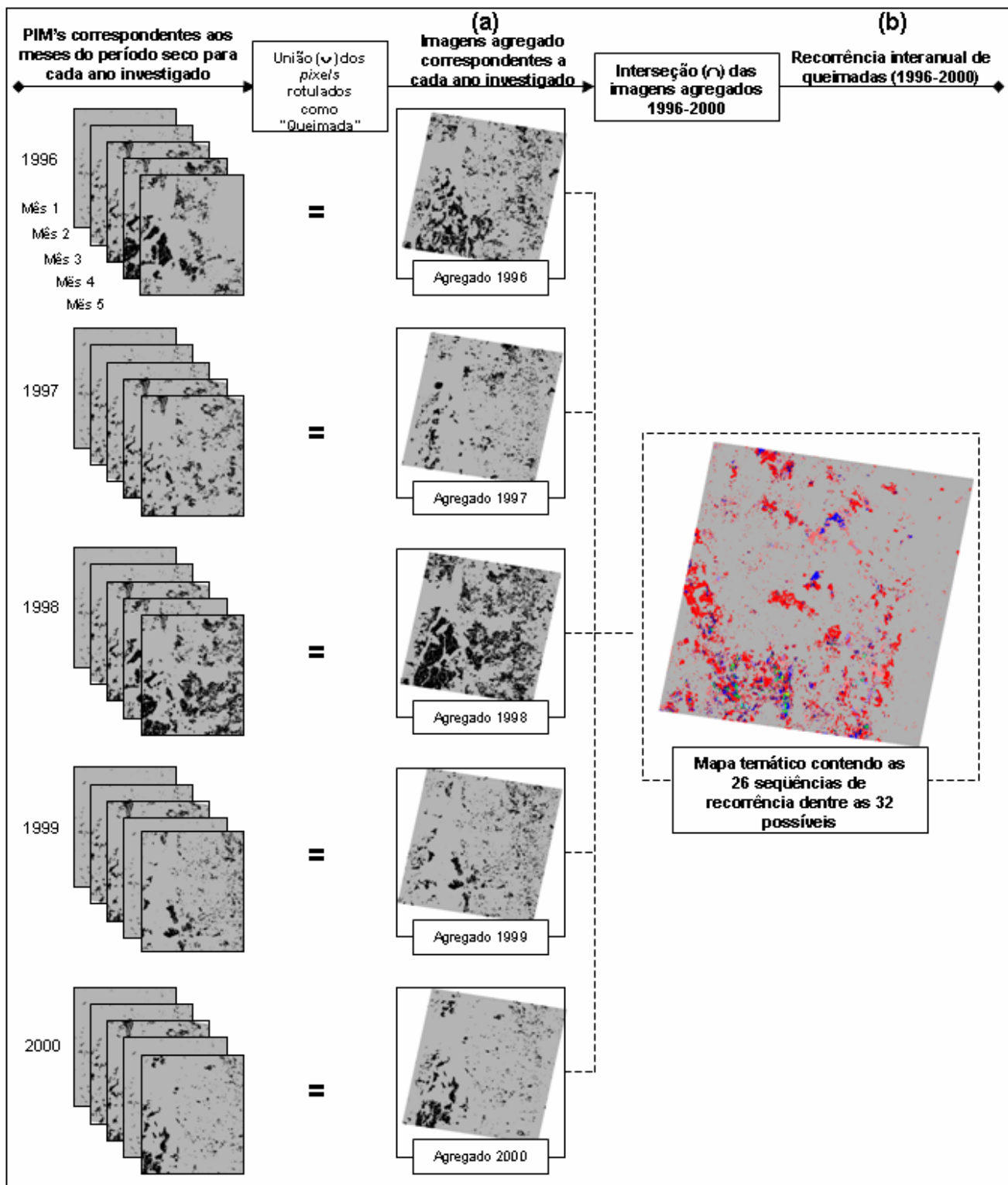


FIGURA 4.6 – Álgebra de mapas: (a) área total queimada em cada ano investigado e (b) espacialização das 26 seqüências de recorrência.

agropecuário, que permitiu identificar, para cada *pixel* da imagem agregado, o tipo de fisionomia vegetal associado. As Figuras D1 a D5, no Apêndice D, apresentam as imagens agregado 1996, 1997, 1998, 1999 e 2000, respectivamente, para o setor **Chapada dos Veadeiros**. As Figuras D6 a D10, no mesmo apêndice, referem-se ao setor **Araguaia**.

4.2.3.2 Recorrência Interanual de Queimadas

A recorrência interanual das áreas queimadas durante o período 1996 - 2000 foi obtida através da interseção, ano a ano, dos *pixels* classificados como “Queimada” ou “*Background*” nas imagens agregado (Seção 4.2.3.1) e espacializadas em um novo PIM (FIGURA 4.6). Para isto, foi produzida uma seqüência binária particular caracterizada pela letra (Q), toda vez que o *pixel* fosse classificado como queimada (“Queimada”), ou (B), quando classificado como não queimada (“*Background*”). Dado que se trata de um período de 5 anos consecutivos (1996-2000), há 32 quintuplas possíveis (2^5) contendo Q ou B, sendo que uma delas não inclui ocorrências de queimadas (seqüência BBBBB); 5 incluem apenas uma ocorrência (QBBBB, BQBBB, BBQBB, BBBQB ou BBBBQ); e as 26 restantes incluem uma ou mais recorrências, e representam o conjunto de interesse neste trabalho (FIGURAS E1 e E2 do Apêndice E). Assim, a seqüência de ocorrência QBBBB implica que um determinado *pixel* foi classificado como “Queimada” em 1996 e “*Background*” em 1997, 1998, 1999 e 2000; e, a seqüência de recorrência QBBBQ implica que um determinado *pixel* foi classificado como “Queimada” em 1996, “*Background*” em 1997, 1998 e 1999, e novamente “Queimada” em 2000.

As 26 seqüências de recorrências foram objeto de uma tabulação cruzada com os respectivos mapas de vegetação e uso agropecuário visando estimar, para cada tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, a área ocupada pelas distintas seqüências de recorrência.

Finalmente, as áreas de recorrência foram agrupadas em classes de tamanho conforme os seguintes intervalos: menor que 0,5 km², entre 0,5 e 1,99 km², entre 2 e 5,99 km², entre 6 e 10 km² e maiores que 10 km².

4.2.3.3 Permanência das Cicatrizes do Fogo

A permanência das cicatrizes de fogo foi definida, *a priori*, em períodos de 16 dias, que representam o tempo de revisita do satélite TM/Landsat-5 a uma mesma órbita/ponto. Cabe ressaltar que o ano 1999 foi desconsiderado desta análise já que parte das imagens disponíveis para este ano correspondem ao satélite ETM/Landsat-7, o qual apresenta 8 dias de diferença no tempo de revisita, em relação à passagem do TM/Landsat-5. Teoricamente, de forma a abranger todo o período seco, deveria-se fazer corresponder, para cada primeira imagem adquirida no tempo t deste período, uma série temporal de imagens adquiridas nos tempos $t+16$, $t+32$, $t+48$, $t+64$, $t+80$, $t+96$, $t+112$, $t+128$, $t+144$ e $t+160$ (em dias). Entretanto, em todos os anos aqui investigados, não foi possível obter uma seqüência contendo todas as imagens correspondentes a cada revisita do satélite. As Tabelas 4.1 e 4.2 indicam, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente, a disponibilidade de imagens para cada ano do período de estudo. Isto ocorreu, em alguns casos, devido à alta incidência de nuvens nas cenas TM/Landsat, ou inexistência de imagens TM/Landsat no acervo da Divisão de Geração de Imagens do INPE, em Cachoeira Paulista, decorrentes de problemas de recepção/gravação das imagens no Centro de Recepção de Imagens, em Cuiabá.

TABELA 4.1 – Disponibilidade de imagens conforme os intervalos de revisita do satélite TM/landsat-5 para o período seco de cada ano investigado (setor Chapada dos Veadeiros).

Anos	Seqüências de revisita (dias)									
	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
1996	X		X			X	X			
1997	X	X		X		X		X		X
1998		X	X		X	X			X	
2000	X		X	X	X		X			

(X): Identifica a disponibilidade da cena TM/Landsat referente à primeira data de aquisição (t).

TABELA 4.2 – Disponibilidade de imagens conforme os intervalos de revisita do satélite TM/landsat-5 para o período seco de cada ano investigado (setor Araguaia).

Anos	Seqüências de revisita (dias)									
	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
1996	X	X		X	X		X			
1997			X		X		X			X
1998	X	X		X	X		X			
2000	X	X	X	X	X			X		

(X): Identifica a disponibilidade da cena TM/Landsat referente à primeira data de aquisição (t).

4.2.3.3.1 Estimativa da Permanência das Cicatrizes do Fogo

A estimativa da permanência das cicatrizes do fogo foi gerada a partir do monitoramento, *pixel a pixel*, da variabilidade espectro-textural apresentada por estas cicatrizes durante o decorrer do período seco de cada ano investigado. Valendo-se da informação levantada na Seção 4.2.2.1, e com um procedimento semelhante ao utilizado na Seção 4.2.3.2, procedeu-se à interseção, mês a mês, dos *pixels* classificados como “Queimada” ou “*Background*”. Os *pixels* resultantes desta operação algébrica foram espacializados em um novo PIM. Aqui, entretanto, a seqüência binária caracterizada pelas letras (Q) e (B) representam as datas de início e fim, respectivamente, quando o intérprete conseguiu discriminar a variabilidade espectro-textural das cicatrizes do fogo durante o período seco de cada ano investigado. Assim, a seqüência QQBBB, por exemplo, indica que as cicatrizes do fogo mantiveram-se espectralmente visíveis por um período de duas datas consecutivas, e espectralmente não visíveis nas três últimas datas (FIGURA 4.7).

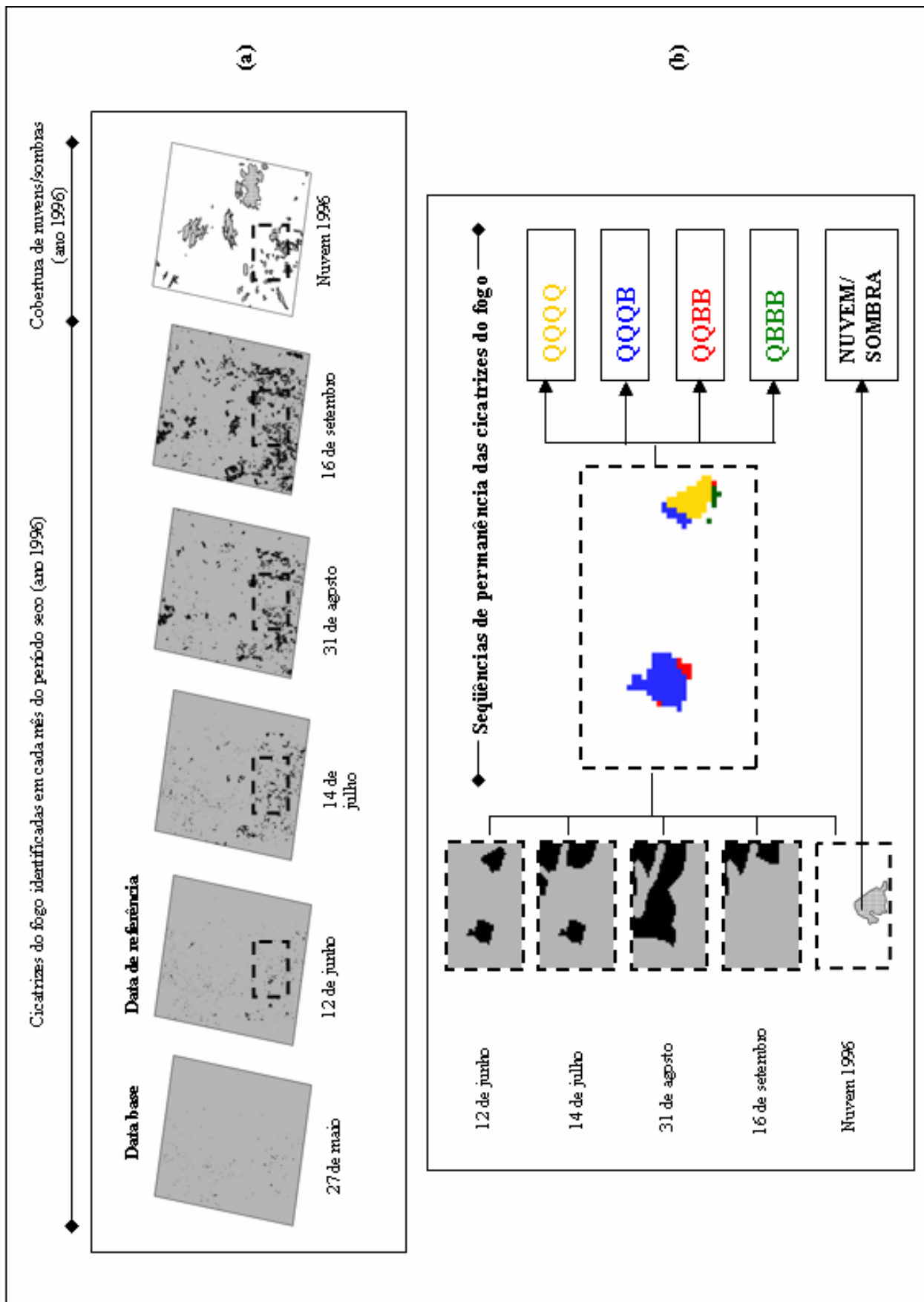


FIGURA 4.7 – Permanência das cicatrizes do fogo: (a) PIM's correspondentes aos meses do período seco (ano 1996) e (b) interseção mês a mês dos pixels classificados como "Queimada" ou "Background".

É importante destacar que no processo de interseção, mês a mês, dos PIM's contendo os *pixels* classificados como “Queimada” ou “*Background*”, foram excluídas de qualquer análise: (1) *as áreas cobertas por nuvens e suas respectivas sombras*, já que poderiam mascarar as áreas de vegetação natural afetadas pelo fogo, influenciando, assim, a exatidão da estimativa da permanência das cicatrizes do fogo. O procedimento adotado para excluir estas áreas consistiu na criação de um novo PIM, para cada ano investigado, que agrupasse todas as áreas cobertas por nuvens e suas sombras, rotulando os respectivos *pixels* como “Nuvem”. Posteriormente, este novo PIM (“Nuvem”) foi incorporado no processo de interseção, mês a mês, adicionalmente aos PIM's que continham os *pixels* classificados como “Queimada” ou “*Background*”. Desta forma, toda vez que a posição (linha, coluna) de qualquer *pixel* classificado como “Queimada” correspondesse a um *pixel* nomeado como “Nuvem”, o *pixel* resultante era rotulado com uma letra distinta a “Q” ou “B”; portanto, automaticamente excluído de qualquer seqüência indicativa da permanência das cicatrizes do fogo e, (2) *as cicatrizes do fogo discriminadas na primeira data de passagem do satélite* (do período seco), doravante denominada “data base”, já que estas poderiam ter ocorrido em um tempo indeterminado de dias anteriores à primeira passagem do satélite, servindo como base para mapear, inequivocamente, as queimadas que ocorreram entre esta data e a segunda data disponível. Convencionou-se, portanto, iniciar a contagem da permanência das cicatrizes do fogo a partir da segunda data disponível para cada ano do período de estudo, doravante denominada “data de referência”.

Como resultado deste procedimento gerou-se, para cada ano investigado, um número determinado de seqüências binárias (“Q” ou “B”) em séries de 6, 5 ou 4 dígitos, definidas segundo o número de datas de passagens do satélite, contado a partir da “data de referência”. Em seguida, selecionaram-se aquelas seqüências onde: (1) foram observadas cicatrizes do fogo somente na data de referência (QBBBB) e, (2) a partir da “data de referência”, as cicatrizes do fogo que puderam ser acompanhadas em datas sucessivas (QQBBB, QQQBB, QQQQB, QQQQQ) descartando, portanto, a possibilidade de seqüências de permanência do tipo QBQQB, QQBQQ, QBBQQ. Esta exclusão decorreu do fato de que o acompanhamento, se feito sobre áreas queimadas

após a primeira data, ficaria restrito a um conjunto ainda menor de dados para caracterizar a permanência das cicatrizes do fogo. Por exemplo, a permanência das cicatrizes observadas em outubro (tempo t) seria limitada à observação das imagens de novembro, somente (ou seja, aos períodos de $t+16$ ou $t+32$). As seqüências selecionadas foram designadas com as respectivas datas de passagem do satélite. Assim, à seqüência QBBB, por exemplo, para o setor **Chapada dos Veadeiros** referente ao ano 1996, correspondem às datas: 12 de junho, 14 de julho, 31 de agosto e 16 de setembro, respectivamente (Apêndice B).

Finalmente, as seqüências de permanência resultantes foram objeto de uma tabulação cruzada com os respectivos mapas de vegetação e uso agropecuário, visando estimar, para cada tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, a permanência das respectivas cicatrizes do fogo.

4.2.3.3.2 Permanência Mínima e Máxima das Cicatrizes do Fogo

Considere-se as cicatrizes do fogo discriminadas em uma determinada data de passagem do satélite TM/Landsat com resolução temporal de 16 dias, conforme mencionado na Seção 4.2.3.3, e o tempo transcorrido entre o aparecimento da cicatriz deixada pelo fogo e o desaparecimento das mesmas induzido pelo processo de rebrota da vegetação. A permanência destas cicatrizes teria que ser expressa, portanto, como um período (e não como um tempo definido), correspondente à permanência mínima e máxima das cicatrizes do fogo.

Tome-se, por exemplo, a seqüência QBBB associada ao ano 1996 do setor **Chapada dos Veadeiros**. Para este ano, cinco imagens foram adquiridas: 27 de maio (“data base”), 12 de junho (“data de referência”), 14 de julho, 31 de agosto e 16 de setembro. As cicatrizes do fogo discriminadas na “data de referência”, a partir da qual iniciou-se a contagem da permanência das cicatrizes do fogo, conforme detalhado em 4.2.3.3.1, poderiam ter ocorrido em qualquer dia entre a “data de referência” e a “data base”, inclusive (uma vez que as queimadas poderiam ter ocorrido ainda neste dia, após a passagem do satélite, aproximadamente às 09:30 da manhã), ou permanecido até um dia anterior à data seguinte à “data de referência” (14 de julho). Isto caracteriza, então, uma

permanência com tempo mínimo de 16 dias (de 27 de maio a 12 de junho) e máximo de 47 dias (de 27 de maio a 13 de julho), caracterizando um período doravante denotado por [16,47]. O acompanhamento dessas cicatrizes na data seguinte à “data de referência” (14 de julho), indica não existir mais cicatrizes associadas às cicatrizes do fogo mapeadas na “data de referência” (referem-se aos B’s na seqüência QBBB).

4.2.3.3.3 Permanência Média das Cicatrizes do Fogo

A partir da amplitude do intervalo de permanência mínima e máxima das cicatrizes do fogo, estimou-se a permanência média, tanto para o bioma Cerrado quanto para suas respectivas fisionomias vegetais, para cada ano investigado (1996, 1997, 1998 e 2000).

A partir dos intervalos contendo a permanência mínima e máxima (que podem ser entendidos como classes), calcularam-se algumas estatísticas como a média, a mediana e o desvio padrão. A média fornece uma estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo (em dias). Para o cálculo da média (assim como da mediana), utilizou-se o ponto médio de cada intervalo, o qual foi ponderado pela contribuição relativa (percentual) de cada seqüência na área total afetada pelas cicatrizes do fogo. Este cálculo foi feito para cada ano investigado. Considere-se, por exemplo, o ano de 1996 e o setor **Chapada dos Veadeiros**. As seqüências possíveis foram QBBB, QQBB, QQQB e QQQQ, com respectivos pontos médios iguais a 32, 72, 104 e 139 dias e contribuições relativas (%) na área total iguais a 0,19; 0,57; 0,02; e 0,22, respectivamente (TABELA 5.18). A média ponderada, resultante do produto de cada valor médio e sua correspondente contribuição relativa, totalizou 79 dias, indicando ser essa a permanência média das cicatrizes do fogo neste setor da área de estudo, para o ano de 1996.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Unidades de Vegetação e Uso Agropecuário

A delimitação dos diferentes tipos de vegetação e das áreas de uso agropecuário foi inicialmente feita a partir do mapa de vegetação e uso agropecuário do Projeto RADAMBRASIL (1980), e subseqüentemente atualizada, para cada ano do período de estudo, mediante a interpretação visual das cenas TM/Landsat, conforme detalhado na Seção 4.2.2.2. O resultado desta interpretação é apresentado em forma tabular (TABELA 5.1 para o setor **Chapada dos Veadeiros** e TABELA 5.2 para o setor **Araguaia**), indicando as áreas (em km²) ocupadas pelos diferentes tipos fisionômicos da vegetação de Cerrado (cerradão, campo cerrado, parque de cerrado e campo) e inclusões florestais, para cada ano investigado. As tabelas incluem também as áreas de uso agropecuário (áreas agrícolas e pecuárias) e aquelas relativas aos corpos d'água. Para cada ano são apresentados os percentuais indicando a contribuição relativa de cada um desses tipos de cobertura terrestre na área total do correspondente setor da área de estudo. Observa-se, nos dois setores, que as coberturas vegetais predominantes são o campo cerrado e o parque de cerrado, seguidas das áreas de uso agropecuário.

TABELA 5.1 - Áreas totais (em km²) e correspondentes percentuais associados aos diferentes tipos de cobertura terrestre (classes temáticas) presentes no setor Chapada dos Veadeiros, de 1996 a 2000.

CLASSE TEMÁTICA	ANO									
	1996		1997		1998		1999		2000	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Floresta	1.253,37	4,13	1.222,88	4,03	1.212,11	3,99	1.191,55	3,93	1.166,20	3,84
Cerradão	6,98	0,02	6,98	0,02	6,98	0,02	6,94	0,02	6,94	0,02
Campo cerrado	19.968,51	65,75	19.833,96	65,36	19.785,23	65,20	19.640,76	64,73	19.530,33	64,36
Parque de cerrado	5.249,30	17,29	5.227,69	17,23	5.222,92	17,21	5.206,37	17,16	5.190,06	17,10
Campo	34,82	0,11	34,82	0,11	34,82	0,11	34,82	0,11	34,82	0,11
Áreas agrícolas e pecuárias	3.714,75	12,31	3.901,24	12,86	3.965,37	13,07	4.147,19	13,66	4.299,75	14,17
Corpos d'água	116,91	0,38	116,85	0,38	116,79	0,38	116,78	0,38	116,69	0,38
Área total	30.344,63	100	30.344,42	100	30.344,23	100	30.344,40	100	30.344,78	100

TABELA 5.2 - Áreas totais (em km²) e correspondentes percentuais associados aos diferentes tipos de cobertura terrestre (classes temáticas) presentes no setor Araguaia, de 1996 a 2000.

CLASSE TEMÁTICA	ANO									
	1996		1997		1998		1999		2000	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Floresta	2.445,72	8,00	2.413,56	7,90	2.401,15	7,86	2.375,65	7,77	2.345,87	7,67
Cerradão	2.493,76	8,16	2.488,44	8,14	2.479,58	8,11	2.475,67	8,10	2.471,16	8,08
Campo cerrado	10.677,92	34,93	10.512,13	34,39	10.371,64	33,93	10.237,00	33,49	10.113,74	33,09
Parque de cerrado	8.859,12	28,98	8.812,73	28,83	8.774,18	28,70	8.721,70	28,53	8.678,40	28,39
Áreas agrícolas e pecuárias	5.767,75	18,87	6.017,50	19,69	6.217,85	20,34	6.434,44	21,05	6.635,45	21,71
Corpos d'água	323,66	1,06	323,66	1,06	323,66	1,06	323,66	1,06	323,66	1,06
Área total	30.567,92	100	30.568,03	100	30.568,06	100	30.568,12	100	30.568,27	100

5.1.1 Setor Chapada dos Veadeiros

Neste setor da área de estudo, as áreas de uso agropecuário encontram-se distribuídas no extremo leste (FIGURA A1 do Apêndice A), na forma de uma extensa mancha homogênea sobre áreas anteriormente ocupadas por campo cerrado e por inclusões florestais. Encontram-se, também, em menor proporção, ao longo dos rios Paranã, Palma e São Félix, e na região próxima ao Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (e no interior deste). A análise da Tabela 5.1 indica um incremento progressivo da área de uso agropecuário entre 1996 e 2000, totalizando 585 km². As fisionomias do Cerrado mais afetadas por este incremento foram o campo cerrado (438 km²) e o parque de cerrado (59 km²), além das áreas de inclusões florestais (87 km²). As áreas ocupadas pelas fisionomias restantes (cerradão e campo) permaneceram praticamente inalteradas.

O crescimento da fronteira agropecuária neste setor da área de estudo é também consubstanciado pelos dados apresentados na Tabela 5.3. Os dados apresentados na tabela foram obtidos a partir dos dados da produção agrícola e pecuária dos municípios que abrangem total ou predominantemente este setor da área de estudo.

A atualização anual das áreas ocupadas pelas diversas classes temáticas permitiu também identificar que o incremento da fronteira agropecuária ocorreu, em grande parte, em áreas de vegetação natural contíguas à áreas previamente utilizadas para o desenvolvimento de atividades agrícolas ou pecuárias (FIGURA 5.1).

TABELA 5.3 - Área total plantada (ha), número de bovinos e correspondentes incrementos percentuais observados no período de 1996 a 2000, no setor Chapada dos Veadeiros.

ATIVIDADE AGROPECUÁRIA	ANO					Incremento (%) 1996-2000
	1996	1997	1998	1999	2000	
Agricultura temporária (área plantada em ha)	12.918	14.920	15.347	14.882	17.920	38,72
Bovinos (No. de cabeças)	456.040	478.400	517.950	537.957	543.427	19,16

FONTE: Adaptado de IBGE Produção Agrícola e Pecuária Municipal (2000).

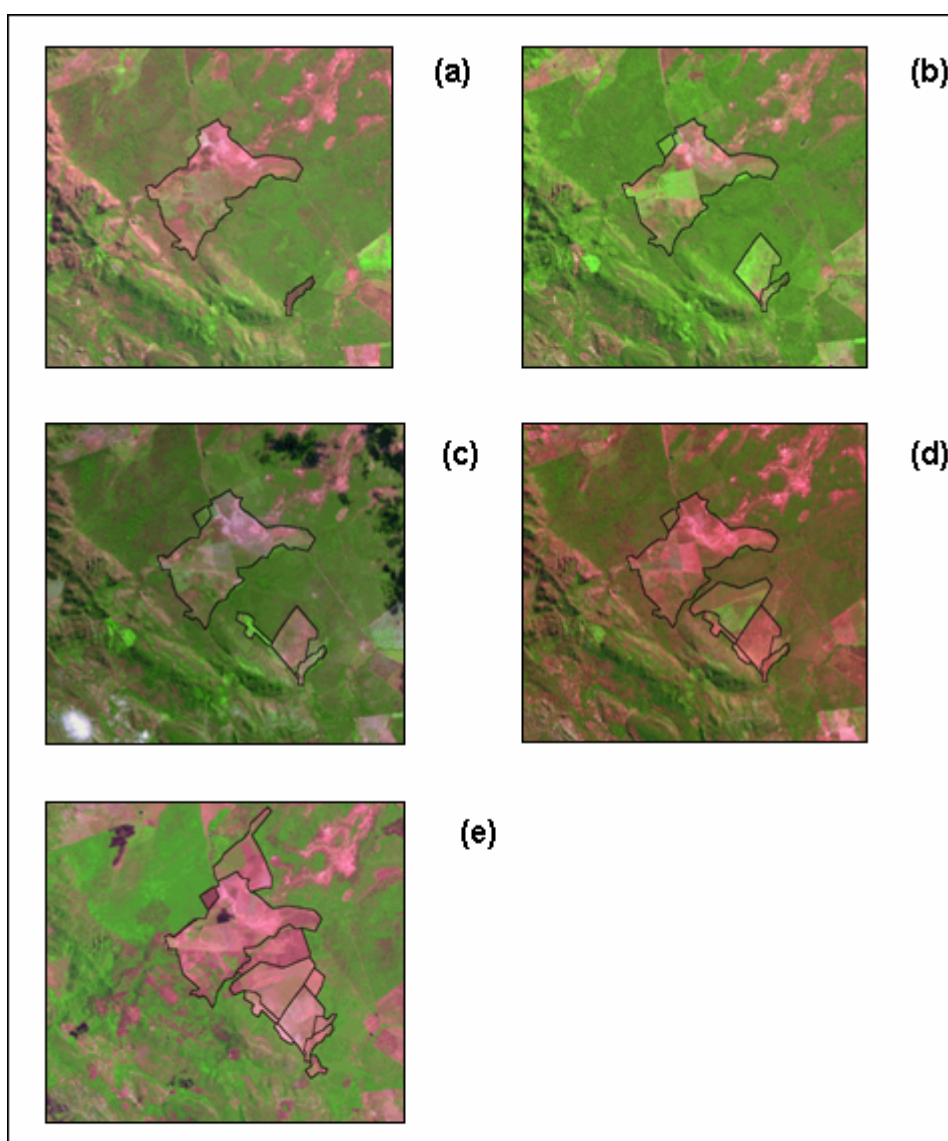


FIGURA - 5.1 Ilustração da expansão da fronteira agropecuária em uma área do setor Chapada dos Veadeiros, no período de 1996 a 2000: (a) 1996, (b) 1997, (c) 1998, (d) 1999 e (e) 2000.

5.1.2 Setor Araguaia

Com exceção das áreas ocupadas pelo Parque Nacional Araguaia e pelo Parque Estadual do Cantão, as atividades agrícolas e pecuárias distribuem-se amplamente por todo este setor da área de estudo, principalmente em áreas anteriormente ocupadas por campo cerrado e inclusões florestais (FIGURA A2 do Apêndice A).

O incremento das áreas voltadas para o desenvolvimento de atividades agrícolas e pecuárias de 1996 a 2000 foi de aproximadamente de 868 km², e afetou todos os tipos de coberturas vegetais presentes no setor **Araguaia** (TABELA 5.2). A fisionomia mais afetada foi o campo cerrado, apresentando uma redução de área, relativa a 1996, de aproximadamente 564 km², seguida pelo parque de cerrado (redução de cerca de 181 km²) e o cerradão (redução de cerca de 23 km²). Uma área de 99 km², anteriormente ocupada por inclusões florestais, também foi afetada. É importante ressaltar que neste setor não se verificou a presença da fisionomia de campo. A Tabela 5.4, adaptada de IBGE (2000), apresenta o incremento anual, de 1996 a 2000, da área ocupada por culturas temporárias e do número de bovinos neste setor da área de estudo, representando percentuais de aumento da ordem de 19% e 28%, respectivamente. De maneira semelhante ao setor **Chapada dos Veadeiros**, o crescimento da fronteira agrícola no setor **Araguaia** ocorreu predominantemente em áreas próximas (ou contíguas) à áreas agrícolas e pecuárias previamente estabelecidas.

TABELA 5.4 - Área total plantada (ha), número de bovinos e correspondentes incrementos percentuais observados no período de 1996 a 2000, no setor Araguaia.

ATIVIDADE AGROPECUÁRIA	ANO					Incremento (%) 1996-2000
	1996	1997	1998	1999	2000	
Agricultura temporária (área plantada em ha)	41.340	36.861	37.732	46.606	52.868	18,60
Bovinos (No. de cabeças)	741.436	724.994	722.019	713.019	879.308	27,90

FONTE: Adaptada de IBGE Produção Agrícola e Pecuária Municipal (2000).

5.2 Estimativa das Áreas Queimadas Anualmente (1996-2000)

Nesta seção apresentam-se, para cada um dos setores da área de estudo, as estimativas da área total queimada nas fisionomias vegetais do Cerrado e nas inclusões florestais em cada ano do período investigado. Essas estimativas resultaram do cruzamento tabular das imagens agregado com os mapas de vegetação e de uso agropecuário atualizados anualmente, conforme metodologia descrita na Seção 4.2.3.1. Os resultados deste procedimento são apresentados nas Tabelas 5.5 e 5.6, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente.

A análise das Tabelas 5.5 e 5.6 indica que ambos setores da área de estudo apresentaram um decréscimo da área queimada entre os anos 1996 e 2000, correspondente a aproximadamente 68% e 55% para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente. O decréscimo foi sistemático, ano a ano, nos dois setores, à exceção do ano 1998, que apresentou incrementos de aproximadamente 214% e 246% com relação aos valores de 1997, na **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente.

TABELA 5.5 - Área total queimada (km²) e correspondente percentual, no setor Chapada dos Veadeiros, diferenciada por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, em cada ano do período de estudo (1996-2000).

FISIONOMIA VEGETAL	ANO									
	1996		1997		1998		1999		2000	
	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%
Floresta	37,50	0,90	29,38	1,13	197,12	2,41	46,67	2,00	0,24	0,02
Cerradão	1,55	0,04	0,00	0,00	1,04	0,01	1,03	0,04	0,00	0,00
Campo Cerrado	3.132,55	74,84	1.647,39	63,31	5.831,44	71,42	1.478,84	63,43	824,36	62,14
Parque de Cerrado	1.003,08	23,96	907,64	34,88	2.106,28	25,80	788,55	33,82	486,35	36,66
Campo	11,25	0,27	17,64	0,68	29,54	0,36	16,34	0,70	15,76	1,19
TOTAL	4.185,94	100	2.602,05	100	8.165,42	100	2.331,43	100	1.326,71	100

Área Q. = área queimada.

% = razão entre a área queimada no tipo de fisionomia vegetal do Cerrado e a área total queimada nas fisionomias do Cerrado.

TABELA 5.6 - Área total queimada (km²) e correspondente percentual, no setor Araguaia, diferenciada por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, em cada ano do período de estudo (1996-2000).

FISIONOMIA VEGETAL	ANO									
	1996		1997		1998		1999		2000	
	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%	Área Q. (km ²)	%
Floresta	86,42	1,82	29,47	1,33	123,04	1,60	48,00	1,98	36,94	1,73
Cerradão	113,14	2,38	74,14	3,34	170,24	2,21	57,97	2,40	19,05	0,89
Campo Cerrado	1.415,29	29,79	870,47	39,21	3.031,98	39,45	906,53	37,45	422,38	19,75
Parque de Cerrado	3.136,79	66,01	1.245,75	56,12	4.360,66	56,74	1.408,04	58,15	1.660,27	77,63
TOTAL	4.751,64	100	2.219,83	100	7.685,92	100	2.420,54	100	2.138,63	100

Área Q. = área queimada.

% = razão entre a área queimada no tipo de fisionomia vegetal do Cerrado e a área total queimada nas fisionomias do Cerrado.

Esta variação significativa observada entre 1997 e 1998 pode estar associada ao fato de que, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Albritton e Meira Filho, 2001), a década de 90 foi a mais quente do passado milênio, tendo sido 1998 o ano mais quente. Segundo o CPTEC (1998), anomalias positivas de temperatura, na área de estudo, atingiram valores entre +1 e +3 °C acima da normal climatológica durante todo o período seco de 1998. A menor umidade do solo e a menor quantidade de água na vegetação favorecem a ocorrência das queimadas, e podem ser responsáveis pelo aumento da área queimada neste ano, relativo aos outros anos do período de estudo.

Analisando a ocorrência de queimadas nos diferentes tipos fisionômicos do setor **Chapada dos Veadeiros** (FIGURA 5.2) observou-se que, durante o período 1996-2000, tal atividade teve maior incidência nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado (que correspondem a cerca de 81% da área deste setor) seguida, em menor proporção, pelas fisionomias de campo e inclusões florestais. Já a análise da Figura 5.3 (equivalente à FIGURA 5.2 para o setor **Araguaia**), indica que a ocorrência de queimadas no setor **Araguaia** afetou principalmente as fisionomias de parque de cerrado e campo cerrado (equivalente a aproximadamente 61% da área deste setor) e, em menor escala, o cerradão e as inclusões florestais. Em ambos setores da área de estudo, mais de 95% da área afetada por queimadas correspondem às fisionomias de campo cerrado e parque de

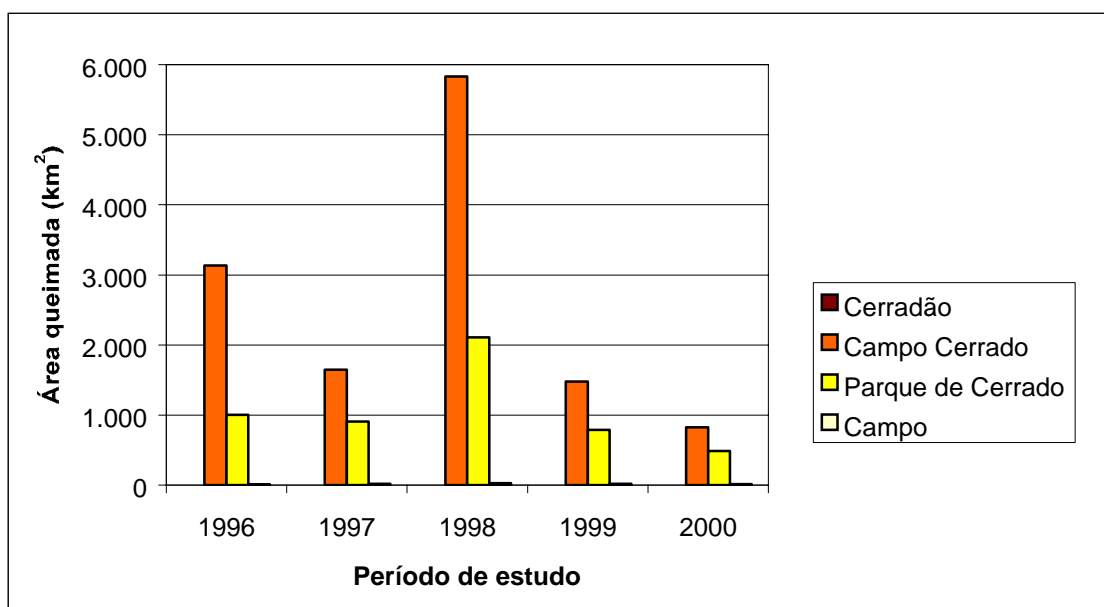


FIGURA 5.2 - Representação em diagrama de barras das áreas queimadas nas diferentes fisionomias vegetais do Cerrado no setor Chapada dos Veadeiros, durante o período de 1996 a 2000.

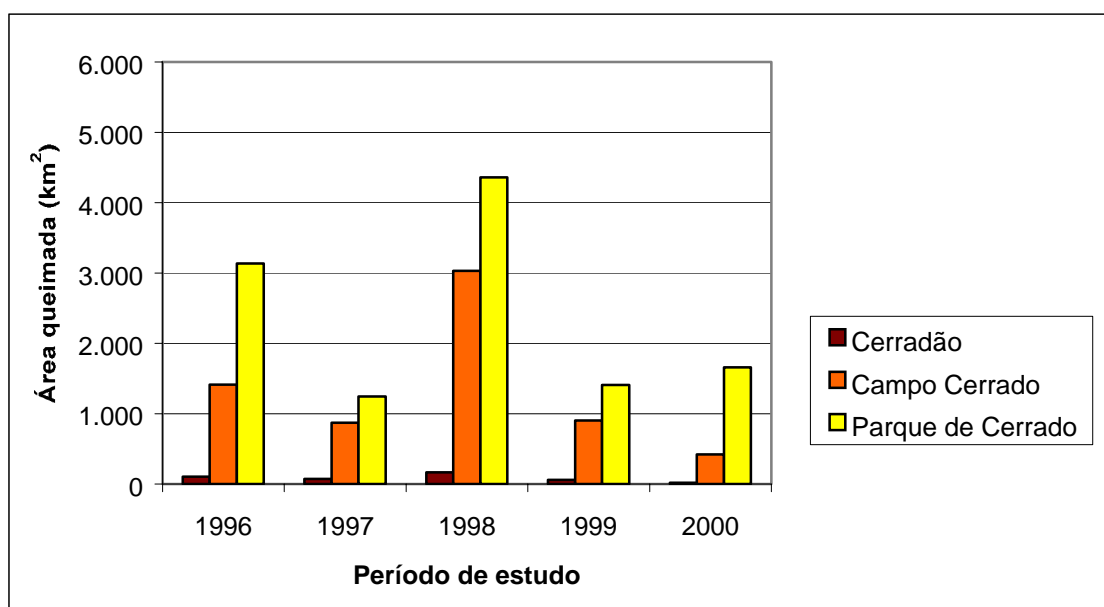


FIGURA 5.3 - Representação em diagrama de barras das áreas queimadas nas diferentes fisionomias vegetais do Cerrado no setor Araguaia, durante o período de 1996 a 2000.

cerrado, consistentemente em cada ano do período 1996 – 2000.

5.3 Recorrência Interanual de Queimadas

Esta seção apresenta os resultados sobre a recorrência interanual de queimadas verificadas no período de 1996 a 2000, aplicando a metodologia apresentada na Seção 4.2.3.2. As Tabelas 5.7 e 5.8 apresentam as 26 seqüências possíveis de recorrência de queimadas para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente e, para cada uma delas, a correspondente quantificação das áreas queimadas por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, nas áreas de uso agropecuário e nas inclusões florestais. Incluem, também, a área total queimada de 1996 a 2000 nessas classes temáticas, para cada seqüência de recorrência (identificadas nas tabelas sob “Área Q.”) e as áreas totais queimadas somente nas fisionomias vegetais do Cerrado (identificadas nas tabelas sob “Área Q. Cerrado”).

De forma a simplificar a análise dos dados apresentados nas Tabelas 5.7 e 5.8, esses foram agrupados segundo o intervalo de tempo (em número de anos) transcorrido entre uma queimada e a próxima. Esta simplificação se baseou no fato de que, para o estudo da recorrência interanual, não é importante a identificação do ano específico de ocorrência da queimada, mas sim o tempo (em anos) entre uma queimada e a próxima. Desta forma, as seqüências QQBBB, BQQBB, BBQQB e BBBQQ foram consideradas semelhantes, por apresentar o mesmo número de anos entre a observação de uma queimada e a próxima (neste caso, 1 ano). Assim, convencionou-se associar, a cada uma dessas seqüências, o código 1, que denota o número de anos transcorridos entre uma queimada e a outra. Nas seqüências onde duas recorrências foram observadas (como, por exemplo, na seqüência QQBQB), a codificação adotada envolveu 2 dígitos: um para representar o intervalo de tempo transcorrido entre a primeira e a segunda queimada (primeira recorrência), e outro para indicar o tempo transcorrido entre a segunda e a terceira queimada (segunda recorrência). Assim, a seqüência QQBQB foi codificada como 1-2. Procedimento semelhante foi adotado para seqüências que apresentaram mais do que duas recorrências, a exemplo da seqüência QQBQQ, codificada como 1-2-1, e a seqüência QQQQQ, codificada como 1-1-1-1.

TABELA 5.7 - Recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000 no setor Chapada dos Veadeiros.

Sequências de recorrências	Vegetação Natural										TOTAL					
	Floresta (km²)	%	Cerrado (km²)	%	Campo C. (km²)	%	Parque de C. (km²)	%	Campo (km²)	%	Agr e Pec. (km²)	%	Área Q. (km²)	%	Área Q. Cerrado	%
QQQQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	6,36	0,20	8,90	0,58	1,35	4,72	0,01	0,01	16,62	0,34	16,61	0,36
QQQQB	0,00	0,00	0,00	0,00	29,97	0,95	19,77	1,30	0,13	0,45	0,83	0,65	50,70	1,04	49,87	1,06
QQQBQ	0,00	0,00	0,00	0,00	24,62	0,78	22,90	1,50	0,82	2,86	0,16	0,13	48,50	1,00	48,34	1,03
QQBQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	0,05	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42	0,05	2,42	0,05
QBQQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	11,32	0,36	13,77	0,90	0,84	2,93	0,11	0,09	26,04	0,54	25,93	0,55
BQQQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	0,11	16,00	1,05	3,57	12,47	0,10	0,08	23,20	0,48	23,10	0,49
QQQBQ	0,20	0,89	0,00	0,00	109,52	3,48	52,38	3,43	0,05	0,17	5,24	4,12	167,39	3,45	161,95	3,44
QQBQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	10,02	0,32	9,67	0,63	0,00	0,00	0,11	0,09	19,80	0,41	19,69	0,42
QBQQB	0,00	0,00	0,00	0,00	14,72	0,47	7,00	0,46	0,02	0,07	0,29	0,23	22,03	0,45	21,74	0,46
BQQBQ	0,00	0,00	0,00	0,00	157,48	5,00	86,19	5,65	3,78	13,20	1,66	1,30	249,11	5,13	247,46	5,26
QBQQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	3,81	0,12	3,18	0,21	0,01	0,03	0,13	0,10	7,13	0,15	7,00	0,15
BQQQB	0,42	1,88	0,00	0,00	111,85	3,55	58,54	3,84	0,19	0,66	6,00	4,72	177,00	3,65	170,58	3,63
BQQBQ	0,00	0,00	0,00	0,00	17,61	0,56	33,66	2,21	1,00	3,49	0,47	0,37	52,74	1,09	52,27	1,11
BQQBB	0,01	0,04	0,00	0,00	53,75	1,71	78,61	5,15	6,88	24,03	2,12	1,67	141,37	2,91	139,24	2,96
BQQBQ	0,00	0,00	0,00	0,00	34,17	1,09	30,88	2,02	1,32	4,61	0,65	0,51	67,02	1,38	66,37	1,41
BQBQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	0,18	7,74	0,51	0,06	0,21	0,09	0,07	13,69	0,28	13,60	0,29
QBQQB	0,11	0,49	0,00	0,00	55,27	1,76	43,27	2,84	0,00	0,00	10,03	7,88	108,68	2,24	98,54	2,10
QBQQB	0,00	0,00	0,00	0,00	44,97	1,43	22,36	1,47	0,45	1,57	1,55	1,22	69,33	1,43	67,78	1,44
QBQQB	0,63	2,81	0,00	0,00	174,50	5,54	40,47	2,65	0,15	0,52	4,73	3,72	220,48	4,54	215,12	4,57
QBQQB	6,50	29,03	0,14	15,05	1,372,28	43,59	406,48	26,64	2,69	9,40	27,24	21,41	1,815,33	37,41	1,781,59	37,88
BBQQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	33,82	1,07	26,26	1,72	0,05	0,17	0,72	0,57	60,85	1,25	60,13	1,28
BQQBB	7,26	32,43	0,00	0,00	232,94	7,40	174,17	11,41	1,42	4,96	33,42	26,27	449,21	9,26	408,53	8,69
BQBQB	1,08	4,82	0,00	0,00	222,29	7,05	129,41	8,48	0,84	2,93	6,15	4,83	359,77	7,41	352,54	7,50
BBQQB	6,16	27,51	0,79	84,95	128,74	4,09	105,13	6,89	0,67	2,34	11,39	8,95	252,88	5,21	235,33	5,00
BQBQQ	0,00	0,00	0,00	0,00	53,94	1,71	30,48	2,00	0,14	0,49	3,28	2,58	87,84	1,81	84,56	1,80
BBQQB	0,02	0,09	0,00	0,00	233,19	7,41	97,82	6,41	2,20	7,68	10,73	8,43	343,96	7,09	333,21	7,08
TOTAL	22,39	100	0,93	100	3.147,94	100	1.525,99	100	28,63	100	127,21	100	4.853,09	100	4.703,49	100

Campo de C. = Campo de cerrado

Parque de C. = Parque de cerrado

Agr e Pec. = Agricultura e pecuária

% = Razão entre a área queimada em cada sequência e a área total queimada

Área Q. = Área total (km²) afetada por recorrência de queimadas nas fitonômias vegetais do cerrado, áreas de uso agropecuário e inclusões florestais

Área Q. Cerrado = Área total (km²) afetada exclusivamente por recorrência de queimadas nas fitonômias vegetais de Cerrado

TABELA 5.8 - Recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000 no setor Araguaia.

Sequências de recorrências	Fisionomia Vegetal					Agr e Pec. (km²)	%	TOTAL						
	Floresta (km²)	%	Cerrado (km²)	%	Campo C. (km²)			%	Parque de C. (km²)	%	Área Q. (km²)	%	Área Q. Cerrado	%
QQQQQ	0,23	0,34	0,24	0,23	15,67	1,04	26,78	0,71	3,77	0,42	46,69	0,74	42,69	0,79
QQQQB	0,07	0,10	2,39	2,34	56,66	3,75	40,16	1,07	18,46	2,06	99,20	1,86	99,20	1,86
QQQBQ	1,35	1,97	0,16	0,16	19,79	1,31	89,23	2,37	7,40	0,83	117,93	1,86	109,18	2,03
QQBQQ	0,06	0,09	0,01	0,01	1,11	0,07	9,63	0,26	1,25	0,14	12,06	0,19	10,75	0,20
QBQQQ	0,71	1,04	1,25	1,22	12,51	0,83	60,40	1,61	5,99	0,67	80,86	1,28	74,16	1,38
BQQQQ	0,45	0,66	0,19	0,19	11,51	0,76	32,48	0,86	5,04	0,56	49,62	0,78	44,13	0,82
QQQBQ	1,35	1,97	2,32	2,27	79,36	5,26	133,42	3,55	55,33	6,17	271,78	4,29	215,10	4,00
QQBBQ	0,08	0,12	0,01	0,01	2,15	0,14	7,89	0,21	0,81	0,09	10,94	0,17	10,06	0,19
QBQBQ	0,12	0,18	0,97	0,95	18,64	1,23	35,10	0,93	6,34	0,71	61,17	0,97	54,71	1,02
QBQBQ	6,87	10,03	3,62	3,54	58,49	3,87	593,23	15,77	18,45	2,06	690,66	10,74	655,34	12,20
QBQBQ	0,47	0,69	0,31	0,30	5,10	0,34	27,52	0,73	2,29	0,26	35,69	0,56	32,93	0,61
QBQBQ	2,22	3,24	6,87	6,72	85,02	5,63	251,97	6,70	53,80	6,00	399,88	6,31	343,86	6,40
BQQQQ	1,59	2,32	0,69	0,67	18,55	1,23	49,12	1,31	9,29	1,04	79,24	1,25	68,36	1,27
BQQQB	0,93	1,36	3,69	3,61	40,63	2,69	57,84	1,54	28,78	3,21	131,87	2,08	102,16	1,90
BQBQQ	1,65	2,41	1,45	1,42	31,04	2,06	106,71	2,84	9,41	1,05	150,26	2,37	139,20	2,59
BQBQQ	0,89	1,30	0,10	0,10	5,06	0,34	34,31	0,91	1,39	0,16	41,75	0,66	39,47	0,73
QBQQB	0,25	0,37	1,24	1,21	35,81	2,37	40,99	1,09	34,79	3,88	113,08	1,78	78,04	1,45
QBQQB	2,59	3,78	2,67	2,61	19,83	1,31	89,79	2,39	11,37	1,27	126,25	1,99	112,29	2,09
QBQQB	7,53	11,00	3,73	3,65	73,02	4,84	218,16	5,80	53,86	6,01	356,30	5,62	294,91	5,49
QBQBQ	20,17	29,45	40,28	39,39	435,12	28,81	961,08	25,55	240,63	26,85	1.697,28	26,78	1.436,48	26,73
BBQQQ	0,73	1,07	0,11	0,11	12,24	0,81	62,46	1,66	8,99	1,00	84,53	1,33	74,81	1,39
BQBQB	3,34	4,88	8,86	8,67	169,90	11,25	282,93	7,52	104,93	11,71	569,96	8,99	461,69	8,59
BQBQB	1,81	2,64	4,33	4,23	64,28	4,26	54,70	1,45	44,94	5,01	170,06	2,68	123,31	2,29
BBQQB	5,80	8,47	10,85	10,61	112,43	7,45	168,63	4,48	116,27	12,97	413,98	6,53	291,91	5,43
BQBQQ	1,77	2,58	1,07	1,05	17,82	1,18	21,49	0,57	7,60	0,85	49,75	0,78	40,38	0,75
BBQBQ	5,45	7,96	4,84	4,73	108,36	7,18	305,02	8,11	46,00	5,02	468,67	7,39	418,22	7,78
TOTAL	68,48	100	102,25	100	1.510,09	100	3.760,99	100	896,18	100	6.337,99	100	5.373,33	100

Campo de C. = Campo de cerrado

Parque de C. = Parque de cerrado

Agr e Pec. = Agricultura e pecuária

% = Razão entre a área queimada em cada sequência e a área total queimada

Área Q. = Área total (km²) afetada por recorrência de queimadas nas fisionomias vegetais do cerrado, áreas de uso agropecuário e inclusões florestais

Área Q. Cerrado = Área total (km²) afetada exclusivamente por recorrência de queimadas nas fisionomias vegetais de Cerrado

A Tabela 5.9 apresenta, para cada seqüência de recorrência, a correspondente codificação, identificando também, as seqüências de recorrências simples, duplas, triplas e quádruplas, terminologia esta a ser amplamente utilizada nas seções que seguem.

As Tabelas 5.10 e 5.11 apresentam, para cada fisionomia vegetal do Cerrado e cada seqüência de recorrência, a área total queimada nos setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente. As tabelas apresentam também sub-totais para cada tipo de recorrência (simples, duplas, triplas e quádruplas), assim como para o Cerrado e as correspondentes fisionomias vegetais.

5.3.1 Setor Chapada dos Veadeiros

Os dados da Tabela 5.7 indicam que aproximadamente 16% (4.703 km²) da área total do Cerrado neste setor, foi afetada por recorrências de queimadas no período considerado (1996 a 2000). Recorrências foram também verificadas em áreas de uso agropecuário, assim como em áreas de inclusões florestais, mas de forma menos significativa (127 km² e 22 km², respectivamente).

Os dados apresentados na Tabela 5.10 indicam que durante o período investigado, grande parte (77%) das recorrências observadas neste setor foi do tipo simples, representadas pelos códigos de apenas um dígito: 1, 2, 3 ou 4. As recorrências de codificação dupla, do tipo 1-1 (intervalos sucessivos), 1-2, 1-3, 2-1 e 3-1 (intervalos alternados) e 2-2 (intervalos intercalados), corresponderam a 19% do total de recorrências observadas. Em síntese, 96% das recorrências observadas no Cerrado, neste setor, compreendeu seqüências de uma ou duas recorrências com intervalos de 1 até 4 anos entre a ocorrência de uma queimada e a próxima.

No conjunto de recorrências simples, somente, aproximadamente 22% equivaleu a recorrência após 1 ano da observação da primeira queimada (código 1), 68% equivaleu a recorrência após 2 anos (código 2), 8% a recorrência após 3 anos (código 3) e, finalmente, 2% a recorrência após 4 anos (código 4).

TABELA 5.9 - Sequências de recorrências associadas aos correspondentes intervalos entre queimadas (códigos).

Sequências de recorrências simples	BQQBB	Código 1 Recorrências com intervalo de 1 ano
	BBQQB	
	QQBBB	
	BBBQQ	
	QBQBB	Código 2 Recorrências com intervalo de 2 anos
	BQBQB	
	BBQBQ	
	QBBQB	Código 3 Recorrências com intervalo de 3 anos
	BQBQQ	
	QBBBQ	Código 4 Recorrências com intervalo de 4 anos
Sequências de recorrências duplas	QQQBB	Código 1-1 Recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano
	BQQQB	
	BBQQQ	
	BQQBQ	Código 1-2 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos
	QQBQB	
	QQBBQ	Código 1-3 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 3 anos
	QBQQB	Código 2-1 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos
	BQBQQ	
	QBQBQ	Código 2-2 Recorrências com intervalos intercalados de 2 anos
	QBBQQ	Código 3-1 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 3 anos
Sequências de recorrências triplas	BQQQQ	Dígito 1-1-1 Recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano
	QQQQB	
	QQQBQ	Código 1-1-2 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos
	QQBQQ	Código 1-2-1 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos
	QBQQQ	Código 2-1-1 Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos
Sequência quádrupla	QQQQQ	Dígito 1-1-1-1 Recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano

TABELA 5.10 – Área afetada por recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000, por tipo de fisionomia vegetal e por tipo de recorrência (setor Chapada dos Veadeiros).

		FISIONOMIA DE CERRADO						
Código	Seqüência de recorrências	Cerrado (km ²)	Campo Cerrado (km ²)	Parque de Cerrado (km ²)	Campo (km ²)	Total (km ²)	%	
Seqüências de recorrências simples	1	BQQBB	0,00	232,94	174,17	1,42	802,53	17,06
		BBQQB	0,79	128,74	105,13	0,67		
		QQBBB	0,00	55,27	43,27	0,00		
		BBBQQ	0,00	33,82	26,26	0,05		
	2	QBQBB	0,14	1.372,28	406,48	2,69	2.467,34	52,46
		BQBQB	0,00	222,29	129,41	0,84		
		BBQBQ	0,00	233,19	97,82	2,20		
	3	QBBQB	0,00	174,50	40,47	0,15	299,68	6,37
		BQBBQ	0,00	53,94	30,48	0,14		
	4	QBBBQ	0,00	44,97	22,36	0,45	67,78	1,44
	Total		0,93	2.551,94	1.075,85	8,61	3.637,33	77,33
	%		100,00	81,07	70,50	30,21		
Seqüências de recorrências duplas	1-1	QQQBB	0,00	109,52	52,38	0,05	353,46	7,52
		BQQQB	0,00	53,75	78,61	6,88		
		BBQQQ	0,00	17,61	33,66	1,00		
	1-2	BQQBQ	0,00	34,17	30,88	1,32	88,11	1,87
		QQBQB	0,00	14,72	7,00	0,02		
	1-3	QQBBQ	0,00	10,02	9,67	0,00	19,69	0,15
	2-1	QBQQB	0,00	111,85	58,54	0,19	184,18	3,92
		BQBQQ	0,00	5,80	7,74	0,06		
	2-2	QBQBQ	0,00	157,48	86,19	3,78	247,45	5,26
	3-1	QBBQQ	0,00	3,81	3,18	0,01	7,00	0,42
	Total		0,00	518,73	367,85	13,31	899,89	19,13
	%		0,00	16,48	24,11	46,70		
Seqüências de recorrências triplas	1-1-1	BQQQQ	0,00	3,53	16,00	3,57	72,84	1,55
		QQQQB	0,00	29,97	19,77			
	1-1-2	QQQBQ	0,00	24,62	22,90	0,82	48,34	1,03
	1-2-1	QQBQQ	0,00	1,47	0,95	0,00	2,42	0,05
	2-1-1	QBQQQ	0,00	11,32	13,77	0,84	25,93	0,55
Total		0,00	70,91	73,39	5,23	149,53	3,18	
%		0,00	2,20	4,59	18,35			
Seqüência quádrupla	1-1-1-1	QQQQQ	0,00	6,36	8,90	1,35	16,61	0,35
%		0,00	0,20	0,58	4,74			
Total		0,93	3.147,94	1.525,99	28,50	4.703,36	100,00	
%		0,02	66,93	32,44	0,61			

TABELA 5.11 – Área afetada por recorrência de queimadas no período de 1996 a 2000, por tipo de fisionomia vegetal e por tipo de recorrência (setor Araguaia).

		FISIONOMIA DE CERRADO					
Código	Sequência de recorrências	Cerrado (km ²)	Campo Cerrado (km ²)	Parque de Cerrado (km ²)	Total (km ²)	%	
Sequências de recorrências simples	1	BQQBB	8,86	169,90	282,93		
		BBQQB	10,85	112,43	168,63		
		QQBBB	1,24	35,81	40,99		
		BBBQQ	0,11	12,24	62,46	906,45	16,87
	2	QBQBB	40,28	435,12	961,08		
		BQBQB	4,33	64,28	54,70		
		BBQBQ	4,84	108,36	305,02	1.978,01	36,81
	3	QBBQB	3,73	73,02	218,16		
		BQBQQ	1,07	17,82	21,49	335,29	6,24
	4	QBBBQ	2,67	19,83	89,79	112,29	2,09
	Total		77,98	1.048,81	2.205,25	3.332,04	62,01
	%		76,26	69,45	58,63		
Sequências de recorrências duplas	1-1	QQQBB	2,32	79,36	133,42		
		BQQQB	3,69	40,63	57,84		
		BBQQQ	0,69	18,55	49,12	385,62	7,18
	1-2	BQQBQ	1,45	31,04	106,71		
		QQBQB	0,97	18,64	35,10	193,91	3,61
	1-3	QQBBQ	0,01	2,15	7,89	10,05	0,19
	2-1	QBQQB	6,87	85,02	251,97		
		BQBQQ	0,10	5,06	34,31	383,33	7,13
	2-2	QBQBQ	3,62	58,49	593,23	655,34	12,20
	3-1	QBBQQ	0,31	5,10	27,52	32,93	0,61
	Total		20,03	344,04	1.297,11	1.661,18	30,92
	%		19,59	22,78	34,49		
Sequências de recorrências triplas	1-1-1	BQQQQ	0,19	11,51	32,43		
		QQQQB	2,39	56,65	40,16	143,33	2,67
	1-1-2	QQQBQ	0,16	19,79	89,23	109,18	2,03
	1-2-1	QQBQQ	0,01	1,11	9,63	10,75	0,20
	2-1-1	QBQQQ	1,25	12,51	60,40	74,16	1,38
Total		4,00	101,57	231,85	337,42	6,28	
%		3,91	6,73	6,16			
Sequência quadrupla	1-1-1-1	QQQQQ	0,24	15,67	26,78	42,69	0,79
%		0,23	1,04	0,71			
Total		102,25	1.510,09	3.760,99	5.373,33	100,00	
%		1,90	28,10	70,00			

Nas seqüências de recorrências duplas, 39% referiu-se a recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano (código 1-1), enquanto 27% referiu-se a recorrências com intervalos intercalados de 2 anos (código 2-2) e 30% a recorrências com intervalos alternados de 1 ou 2 anos (códigos 2-1 e 1-2). Os restantes 4% foram distribuídos nos outros tipos de seqüências de recorrência dupla.

5.3.1.1 Recorrência de Queimadas por Tipo de Fisionomia Vegetal - Setor Chapada Dos Veadeiros

A Tabela 5.10 apresenta a distribuição da área afetada por recorrência de queimadas por tipo de fisionomia vegetal de Cerrado. Aproximadamente 99% da área total afetada por recorrências foram observadas nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado, nas proporções de 67% e 32%, respectivamente. Recorrências em áreas de cerradão representaram apenas 1%.

Dentre as recorrências observadas, respectivamente nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado, 81% e 70% da área correspondeu a recorrências simples. Recorrências duplas representaram aproximadamente 16% da área do campo de cerrado e 24% da área do parque de cerrado. Essas recorrências compreenderam intervalos sucessivos, alternados ou intercalados de 1, 2 ou 3 anos. Em síntese, cerca de 97% da área de campo cerrado e 94% da área de parque de cerrado foram afetadas por seqüências representadas por códigos simples ou duplos (TABELA 5.10).

Dentre as recorrências simples (códigos 1, 2, 3 ou 4) observadas nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado, respectivamente, 18 e 32% da área compreendeu recorrências após 1 ano da primeira ocorrência de queimada observada; 71 e 59% compreenderam recorrências com intervalos de 2 anos; 9 e 7% intervalos de 3 anos e, finalmente, 2 e 2% intervalos de 4 anos (TABELA 5.12).

Focalizando, novamente, nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado, nesta ordem, e considerando as recorrências associadas à codificação dupla, observou-se que 35 e 45% da área das recorrências correspondeu a intervalos sucessivos (código 1-1); 30

e 23% intercalados (código 2-2) e, 32 e 28% equivaleram a recorrências com intervalos alternados (código 2-1 ou 1-2) (TABELA 5.12).

A recorrência simples com intervalo de 2 anos (código 2) foi a que compreendeu maior área dentre o total de área do setor afetado por recorrências de queimadas. Para o Cerrado, esta recorrência compreendeu aproximadamente 52% da área afetada por recorrências, enquanto nas áreas de campo cerrado e parque de cerrado, este percentual correspondeu a aproximadamente 58% e 42%, respectivamente. Isto indica a predominância deste tipo de regime de queima no setor Chapada dos Veadeiros (TABELA 5.10).

TABELA 5.12 – Percentual de área afetada por recorrências simples e duplas nas fisionomias de Campo Cerrado e Parque de Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros).

	Código	Fisionomia	
		Campo Cerrado Área (%)	Parque de Cerrado Área (%)
SEQUÊNCIAS DE RECORRÊNCIAS SIMPLES			
Recorrências com intervalo de 1 ano	1	17,66	32,42
Recorrências com intervalo de 2 anos	2	71,63	58,91
Recorrências com intervalo de 3 anos	3	8,95	6,59
Recorrências com intervalo de 4 anos	4	1,76	2,08
Total		100	100
SEQUÊNCIAS DE RECORRÊNCIAS DUPLAS			
Recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano	1-1	34,87	44,76
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos	1-2	9,42	10,3
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 3 anos	1-3	1,93	2,63
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos	2-1	22,68	18,02
Recorrências com intervalos intercalados 2 anos	2-2	30,36	23,43
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 3 anos	3-1	0,74	0,86
Total		100	100

5.3.2 Setor Araguaia

Os dados da Tabela 5.8 indicam que aproximadamente 18% (5.373 km²) da área total do Cerrado deste setor foi afetada por recorrência de queimadas. Recorrências em áreas de uso agropecuário e em florestas foram também verificadas, afetando, no entanto, áreas menos significativas (896 km² e 68 km², respectivamente).

Os dados da Tabela 5.11 indicam que neste setor da área de estudo a recorrência com maior área foi a do tipo simples (62%), enquanto que as recorrências duplas foram responsáveis por 31% da área total afetada por recorrências no Cerrado. Em síntese, 93% da área total afetada por recorrências no Cerrado compreendeu seqüências com uma ou duas recorrências, com intervalos de 1 até 4 anos entre a ocorrência de uma queimada e a próxima.

Dentre as recorrências simples, aproximadamente 27% equivaleu a recorrências após 1 ano da observação da primeira queimada (código 1), 59% equivaleu a recorrências após 2 anos (código 2), 10% a recorrências após 3 anos (código 3) e, finalmente, 4% a recorrências após 4 anos (código 4).

Nas seqüências associadas a codificação dupla, 39% referiu-se a recorrências com intervalos intercalados de 2 anos (código 2-2), 35% a recorrências com intervalos alternados de 1 ou 2 anos (códigos 2-1 e 1-2), 23% a recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano (código 1-1) e os 3% restantes a recorrências com intervalos intercalados (códigos 1-3 e 3-1).

Finalmente, os dados das Tabelas 5.10 e 5.11, representados em termos percentuais na Figura 5.4, indicam que 77% e 62% (respectivamente para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**) da área de Cerrado que apresentou recorrência de queimadas, nos setores investigados, corresponderam a recorrências simples, 19% e 31% a recorrências duplas, 3% e 6% a recorrências triplas, e menos do que 1% e 1% a recorrências quádrupla (FIGURAS E1 e E2 do Apêndice E).

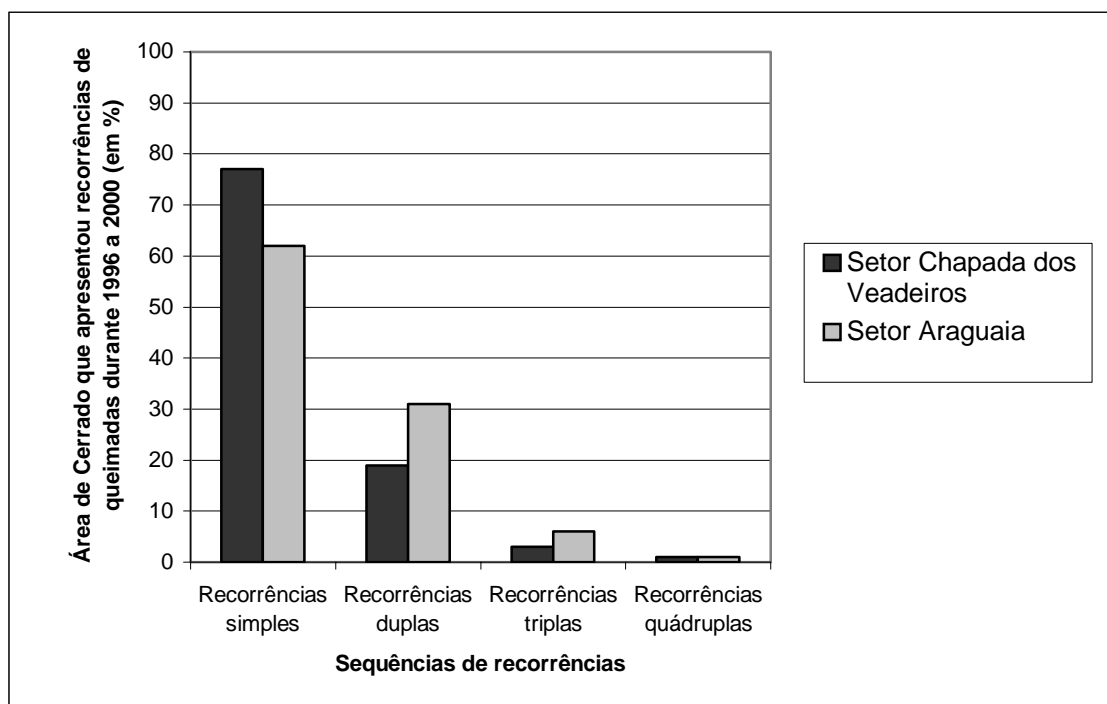


FIGURA 5.4 - Diagrama de barras indicando a percentagem da área do Cerrado afetada pelos diferentes tipos de recorrências, para os dois setores da área de estudo.

5.3.2.1 Recorrência de Queimadas por Tipo de Fisionomia Vegetal - Setor Araguaia

No setor **Araguaia** da área de estudo, a recorrência de queimadas por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado é apresentado na Tabela 5.11. Aproximadamente 98% das recorrências foram verificadas nas fisionomias de campo cerrado (28%) e parque de cerrado (70%). Os 2% restantes referem-se às recorrências observadas no cerradão.

Dentre as recorrências observadas nas áreas de campo cerrado e parque de cerrado, 69% e 59% delas corresponderam às recorrências simples, respectivamente. Recorrências duplas representaram aproximadamente 23% das recorrências observadas em áreas de campo de cerrado e 34% em áreas de parque de cerrado, envolvendo intervalos sucessivos, alternados ou intercalados. Em síntese, cerca de 92% da área de campo

cerrado e 93% da área de parque de cerrado foram afetadas por seqüências representadas por códigos simples ou duplos (TABELA 5.11).

Dentre as recorrências simples observadas nas fisionomias de campo cerrado e parque de cerrado, respectivamente, 32% e 25% da área compreendeu recorrências após 1 ano da primeira ocorrência de queimada observada (código 1), respectivamente. As recorrências com intervalos de 2 anos representaram 58% e 60% (código 2), enquanto as recorrências com intervalos de 3 anos totalizaram 7% e 9% (código 3), Finalmente, as recorrências com intervalos de 4 anos (código 4) equivaleram a 2% e 4%, respectivamente, para as fisionomias campo cerrado e parque de cerrado (TABELA 5.13).

TABELA 5.13 - Percentual de área afetada por recorrências simples e duplas nas fisionomias de Campo Cerrado e Parque de Cerrado (setor Araguaia).

	Código	Fisionomia	
		Campo Cerrado	Parque de Cerrado
		Área (%)	Área (%)
Recorrências com codificação simples			
Recorrências com intervalo de 1 ano	1	31,5	25,17
Recorrências com intervalo de 2 anos	2	57,95	59,89
Recorrências com intervalo de 3 anos	3	8,66	10,87
Recorrências com intervalo de 4 anos	4	1,89	4,07
Total		100	100
Recorrências com codificação em duplas			
Recorrências com intervalos sucessivos de 1 ano	1-1	40,27	18,53
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos	1-2	14,44	10,93
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 3 anos	1-3	0,62	0,61
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 2 anos	2-1	26,18	22,07
Recorrências com intervalos intercalados 2 anos	2-2	17	45,73
Recorrências com intervalos alternados de 1 e 3 anos	3-1	1,48	2,12
Total		100	100

Nas recorrências duplas em campo cerrado e parque de cerrado, observou-se, nesta ordem, que 40% e 19% da área das recorrências corresponderam a intervalos sucessivos

de 1 ano (código 1-1); 17% e 46% a intervalos intercalados (código 2-2) e 41% e 33% equivaleram a recorrências com intervalos alternados (código 2-1 ou 1-2) (TABELA 5.13).

Finalmente, a recorrência simples com intervalo de 2 anos (código 2) foi a que compreendeu maior área dentre o total de área do setor afetado por recorrências de queimadas. Para o Cerrado, esta recorrência compreendeu aproximadamente 37% da área afetada por recorrências, enquanto nas áreas de campo cerrado e parque de cerrado, este percentual correspondeu a aproximadamente 40% e 35%, respectivamente. Isto indica, de maneira semelhante ao setor **Chapada dos Veadeiros**, a predominância deste tipo de regime de queima no setor **Araguaia** (TABELA 5.11).

5.3.3 Distribuição por Classe de Tamanho dos Polígonos Contendo Áreas Afetadas por Recorrência de Queimadas

As 26 seqüências possíveis de recorrência de queimadas apresentadas nas Tabelas 5.7 e 5.8, foram distribuídas em classes de tamanho dos polígonos contendo as áreas afetadas por recorrências de queimadas nos diferentes tipos de fisionomia vegetal do Cerrado, nas áreas agropecuárias e nas inclusões florestais. O resultado é apresentado nas Tabelas 5.14 e 5.15, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente, apontando o número de polígonos observados em cada classe e o correspondente percentual relativo a área das 26 seqüências de recorrências.

TABELA 5.14 - Número de polígonos e área das recorrências distribuídas por classe de tamanho, setor Chapada dos Veadeiros.

Classes de tamanho (km ²)	Nº de polígonos	(%)	Área das recorrências (km ²)	(%)
< 0,5	42.562	96,75	1.408,44	29,01
0,5 a 1,99	1.060	2,41	992,90	20,45
2 a 5,99	276	0,63	903,67	18,61
6 a 10	47	0,11	370,62	7,63
> 10	45	0,10	1.179,17	24,29
Total	43.990	100	4.854,80	100

TABELA 5.15 - Número de polígonos e área das recorrências distribuídas por classe de tamanho, setor Araguaia.

Classes de tamanho (km ²)	Nº de polígonos	(%)	Área das recorrências (km ²)	(%)
< 0,5	50.076	96,33	1.665,99	26,35
0,5 a 1,99	1.405	2,70	1.324,29	20,95
2 a 5,99	377	0,73	1.240,73	19,62
6 a 10	57	0,11	442,42	7,00
> 10	70	0,13	1.648,91	26,08
Total	51.985	100	6.322,34	100

Em ambos setores da área de estudo as recorrências de queimadas envolvendo polígonos menores que 0,5 km² foram as mais numerosas, respondendo por mais de 96% do número total de polígonos. Esses polígonos foram responsáveis por cerca de 29% e 26% da área total das recorrências, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente.

Recorrências compreendendo área entre 0,5 e 10 km², representam cerca de 3% do número total de polígonos, em ambos setores investigados; no entanto, são responsáveis por aproximadamente 47% da área total das recorrências.

Recorrências de dimensões grandes, maiores que 10 km², apresentaram número de polígonos menos significativos, com valores inferiores a 1%; no entanto, são responsáveis por cerca de 24% e 26% da área total das recorrências, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente.

5.4 Permanência das Cicatrizes do Fogo para cada Tipo de Fisionomia do Cerrado

Conforme mencionado na Seção 4.2.3.3.1, esta estimativa foi gerada a partir do monitoramento das cicatrizes do fogo identificadas nas cenas TM/Landsat-5 correspondentes à primeira data de aquisição e nas cenas subsequentes, em cada ano investigado e para cada setor da área de estudo (em ordem crescente de data).

A Tabela 5.16 apresenta, para o setor **Chapada dos Veadeiros**, a área (em km²) associada a cada seqüência de permanência. Assim, a área de 78,38 km² associada à seqüência QQBB, na fisionomia de campo de cerrado em 1996, implica que dentre as cicatrizes do fogo identificadas na “data de referência”, em 12/06, uma área correspondente a 78,38 km² permaneceu visível somente até a data da próxima imagem (14/07). A tabela fornece a distribuição das áreas por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado e para o Cerrado como um todo, identificando, em cada caso, os correspondentes valores percentuais relativos às áreas totais. A Tabela 5.17 apresenta informação semelhante, para o setor **Araguaia**.

As áreas indicadas no cruzamento “Total Cerrado” e “Total fisionomias” (TABELA 5.16) de aproximadamente 219, 28, 421 e 147 km² para os anos 1996, 1997, 1998 e 2000, respectivamente, mostram a área total associada às cicatrizes do fogo nas “datas de referência” de cada ano. Esses totais mostram uma variação anual significativa, que, para 1998 pode estar associada ao fato deste ter sido o ano mais seco da década de 90, conforme mencionado anteriormente. Infere-se também, por esses dados, que as diferenças anuais observadas na área mapeada na “data de referência” não podem ser atribuídas somente às datas de aquisição das imagens, visto que essas são praticamente iguais em 1997 e 1998 (12/06 e 15/06, respectivamente).

A TABELA 5.16 indica também a seguinte distribuição anual (em percentual de área afetada por cicatrizes do fogo) das cicatrizes do fogo por tipo de fisionomia vegetal de Cerrado (os dados são fornecidos na seguinte ordem: 1996, 1997, 1998 e 2000):

- Campo cerrado: 61%; 65%; 61%; 54%;
- Parque de cerrado: 39%; 35%; 38%; 38%;
- Campo: 1%; não observado; 1%; 8%.

Não foram observadas cicatrizes do fogo no cerradão na data de referência (15 de junho), neste setor da área de estudo.

TABELA 5.16 – Área total das cicatrizes do fogo verificadas para cada seqüência de permanência nas diferentes fácies do Cerrado, no setor Chapada dos Veadeiros.

	Seqüências*	Datas de passagem do satélite	Cerradão (km ²)	Campo Cerrado (km ³)	Parque de Cerrado (km ³)	Campo (km ³)	Total Cerrado (km ³)	(%)
Ano 1996	QBBB	12/jun	N/O	29,42	11,46	0,00	40,88	18,62
	QQBB	12/jun - 14/jul	N/O	78,38	47,31	0,00	125,69	57,25
	QQQB	12/jun - 31/ago	N/O	2,87	2,62	0,00	5,49	2,50
	QQQQ	12/jun - 16/set	N/O	22,38	23,77	1,32	47,47	21,62
Total fisnomias				133,05	85,16	1,32	219,53	
(%)				60,61	38,79	0,60		
Ano 1997	QBBBBB	15/jun	N/O	5,11	3,87	N/O	8,98	32,30
	QQBBBB	15/jun - 01/jul	N/O	5,50	3,77	N/O	9,27	33,35
	QQQBBB	15/jun - 02/ago	N/O	5,43	1,47	N/O	6,90	24,82
	QQQQBB	15/jun - 03/set	N/O	1,47	0,65	N/O	2,12	7,63
	QQQQQB	15/jun - 05/out	N/O	0,47	0,06	N/O	0,53	1,91
	QQQQQQ	15/jun - 06/nov	N/O	0,00	0,00	N/O	0,00	0,00
Total fisnomias				17,98	9,82	N/O	27,80	
(%)				64,68	35,32			
Ano 1998	QBBBB	4/jul	N/O	8,48	36,72	0,00	45,20	10,73
	QQBBB	04/jul - 20/jul	N/O	58,06	20,21	0,09	78,36	18,60
	QQQBB	04/jul - 21/ago	N/O	92,53	5,82	0,00	98,35	23,35
	QQQQB	04/jul - 06/set	N/O	48,28	20,10	0,30	68,68	16,31
	QQQQQ	04/jul - 24/out	N/O	49,27	76,68	4,68	130,63	31,01
Total fisnomias				256,62	159,53	5,07	421,22	
(%)				60,92	37,87	1,20		
Ano 2000	QBBBB	9/jul	N/O	47,41	32,53	0,03	79,97	54,38
	QQBBB	09/jul - 10/ago	N/O	16,62	12,52	0,04	29,18	19,84
	QQQBB	09/jul - 26/ago	N/O	15,31	10,58	12,03	37,92	25,78
	QQQQB	09/jul - 11/set	N/O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	QQQQQ	09/jul - 13/out	N/O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total fisnomias				79,34	55,63	12,10	147,07	
(%)				53,95	37,83	8,23		

* Seqüências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo

N/O= não observado

TABELA 5.17 – Área total das cicatrizes do fogo verificadas para cada seqüência de permanência nas diferentes fácies do Cerrado, no setor Araguaia.

	Seqüências*	Datas de passagem do satélite	Cerradão (km ²)	Campo Cerrado (km ²)	Parque de Cerrado (km ²)	Total Cerrado (km ²)	(%)
Ano 1996	QBBBB	12/jul	5,58	20,36	10,94	36,88	21,03
	QQBBB	12/jul - 28/jul	0,30	17,75	46,18	64,23	36,62
	QQQBB	12/jul - 29/ago	2,03	1,67	10,39	14,09	8,03
	QQQQB	12/jul - 14/set	0,28	2,34	37,01	39,63	22,59
	QQQQQ	12/jul - 16/out	0,00	0,00	20,57	20,57	11,73
Total fisionomias			8,19	42,12	125,09	175,40	
(%)			4,67	24,01	71,32		
Ano 1997	QBBB	15/jul	0,75	27,45	47,67	75,87	24,32
	QQBB	15/jul - 16/ago	3,54	43,19	125,76	172,49	55,30
	QQQB	15/jul - 17/set	0,44	5,06	53,93	59,43	19,05
	QQQQ	15/jul - 04/nov	0,00	0,00	4,15	4,15	1,33
Total fisionomias			4,73	75,70	231,51	311,94	
(%)			1,54	24,60	73,87		
Ano 1998	QBBBB	2/jul	2,90	23,16	14,82	40,88	13,13
	QQBBB	02/jul - 18/jul	2,02	13,41	7,44	22,87	7,35
	QQQBB	02/jul - 19/ago	8,48	15,13	34,36	57,97	18,65
	QQQQB	02/jul - 04/set	5,29	22,13	110,26	137,68	44,23
	QQQQQ	02/jul - 06/out	1,41	2,82	47,67	51,90	16,67
Total fisionomias			20,10	76,65	214,55	311,30	
(%)			6,46	24,62	68,92		
Ano 2000	QBBBBB	21/jun	0,04	17,33	53,80	71,17	41,37
	QQBBBB	21/jun - 07/jul	0,21	4,67	10,10	14,98	8,71
	QQQBBB	21/jun - 23/jul	0,23	1,10	3,71	5,04	2,93
	QQQQBB	21/jun - 08/ago	0,36	9,80	23,57	33,73	19,61
	QQQQQB	21/jun - 24/ago	0,38	8,51	38,23	47,12	27,39
	QQQQQQ	21/jun - 11/out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total fisionomias			1,22	41,41	129,41	172,04	
(%)			0,71	24,07	75,22		

* Seqüências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo

Os dados correspondentes ao setor **Araguaia**, apresentados na Tabela 5.17, indicam que a distribuição anual (em percentual de área afetada por cicatrizes do fogo) das cicatrizes do fogo na vegetação de Cerrado foi de aproximadamente 175 km² em 1996, 312 km² em 1997, 311 km² em 1998 e, finalmente, 172 km² em 2000. Os resultados, por tipo de fisionomia vegetal de Cerrado, apresentados na ordem 1996, 1997, 1998 e 2000 são os seguintes:

- Cerradão: 5%; 2%; 6%; 1%;
- Campo cerrado: 24%; 25%; 25%; 24%;
- Parque de cerrado: 71%; 74%; 69%; 75%.

As Figuras 5.5 e 5.6 ilustram os percentuais apresentados nas Tabelas 5.16 e 5.17, respectivamente para as fisionomias vegetais do Cerrado. É importante ressaltar que muito embora haja diferenças anuais nos totais de área associadas às cicatrizes do fogo, a contribuição (em termos percentuais) de cada fisionomia vegetal na área total anual associada às cicatrizes se mantém relativamente estável.

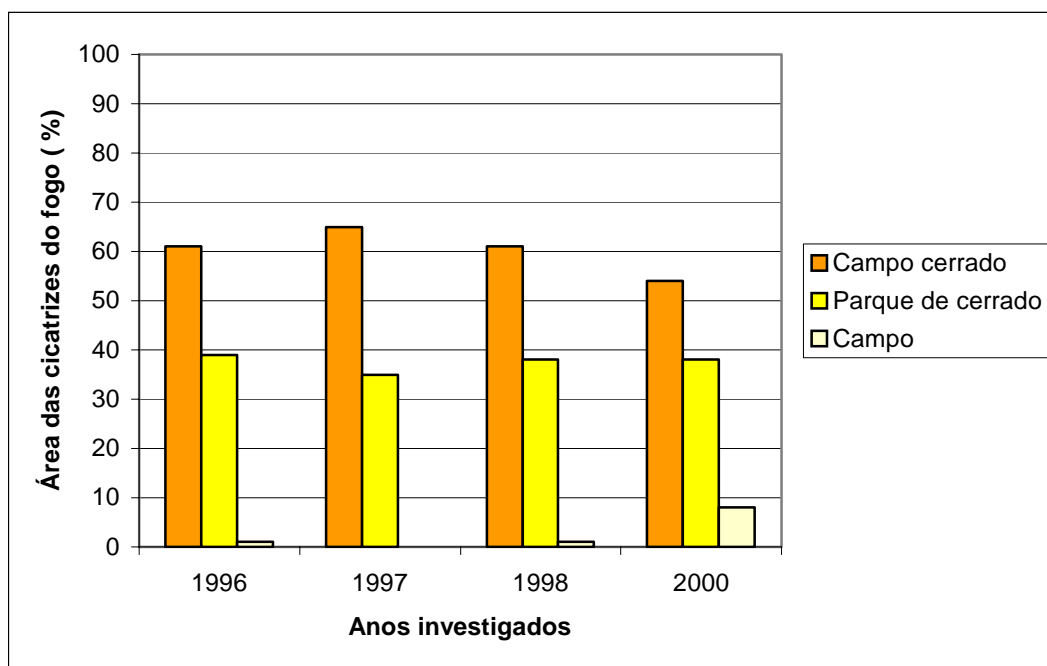


FIGURA 5.5 - Diagrama de barras apresentando a distribuição anual da área das cicatrizes do fogo, para cada tipo de fisionomia do Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros).

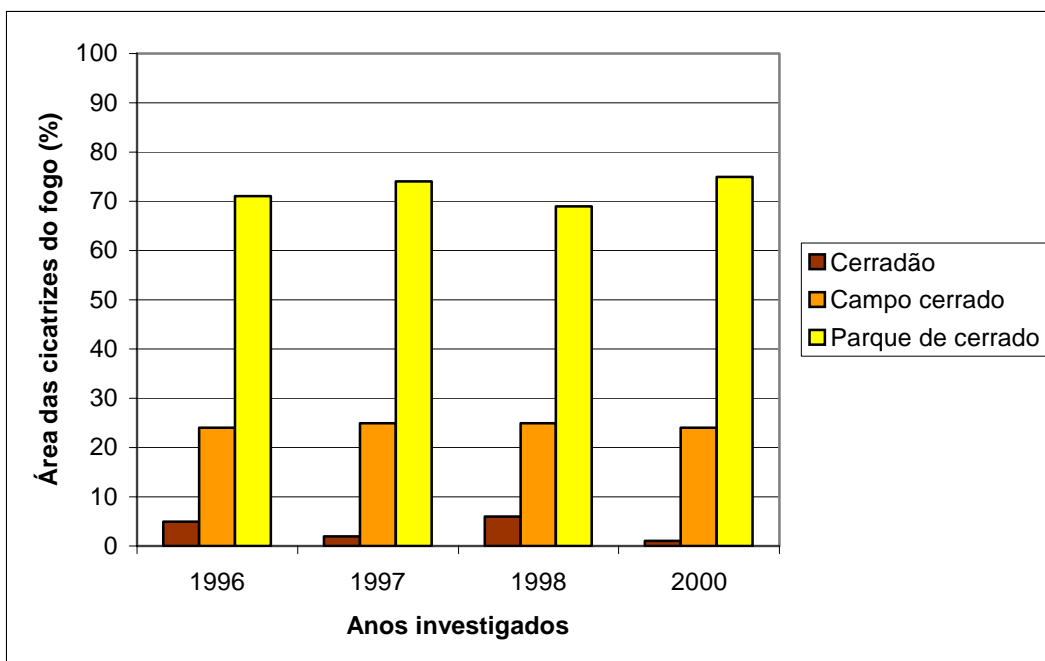


FIGURA 5.5 - Diagrama de barras apresentando a distribuição anual da área das cicatrizes do fogo, para cada tipo de fisionomia do Cerrado (setor Araguaia).

5.4.1 Permanência Média das Cicatrizes do Fogo

As Tabelas 5.18 e 5.19 apresentam, para o setor **Chapada dos Veadeiros**, as seqüências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo para cada ano considerado, a permanência mínima e máxima para cada seqüência, os intervalos de classe, a contribuição relativa (percentual) de cada seqüência na área total afetada por cicatrizes do fogo e, finalmente, a permanência média estimada e outras estatísticas. Semelhantemente, as Tabelas 5.20 e 5.21 apresentam os dados para o setor **Araguaia**.

A análise das tabelas indica que a permanência média das cicatrizes do fogo apresenta flutuações anuais significativas, a exemplo do setor **Chapada dos Veadeiros**, onde as permanências médias na vegetação do Cerrado, para os anos 1996, 1997, 1998 e 2000, são iguais a 79, 55, 102 e 47 dias, respectivamente.

De forma a explorar possíveis explicações para essas variações anuais, relacionou-se as permanências médias das cicatrizes do fogo com o número de dias sem chuva, estimados para cada ano investigado (TABELA 5.22) (Apêndice F). Considerou-se, como hipótese, que os eventos vegetativos e reprodutivos das plantas, na camada herbácea-subarbusciva, são dependentes da disponibilidade de água no solo.

Neste processo, algumas limitações relacionadas com os dados pluviométricos foram encontradas: (1) as observações feitas junto à rede de postos pluviométricos e pluviográficos, utilizados para gerar a estimativa da precipitação média diária e, por conseqüência, o número de dias sem chuva, foram insuficientes para cobrir toda a área de estudo (Apêndice G); (2) a precipitação média associada a uma determinada área é uma estimativa abstrata, uma vez que a chuva real obedece a distribuições espaciais e temporais variáveis; e (3) devido a falta de dados pluviométricos, a associação entre a permanência média e o número de dias sem chuva ficou limitada aos anos 1996, 1997 e 1998. Entende-se que a permanência das cicatrizes do fogo não é somente relacionada ao número de dias sem chuva, mas também à distribuição temporal e espacial das mesmas e à variáveis sócio-ambientais (tais como velocidade do vento, tipo de fisionomia vegetal afetada pelo fogo, superfície queimada; intensidade do fogo; práticas tradicionais de queimas pela população local; entre outros).

A análise ano a ano (1996, 1997 e 1998) da Tabela 5.22 sugere que existe uma relação entre a permanência média das cicatrizes do fogo e o número de dias sem chuva, em ambos setores da área de estudo. As variações anuais observadas no número de dias sem chuva foram seguidas, na mesma proporção, pela permanência média das cicatrizes do fogo, tanto para o bioma Cerrado quanto para cada uma das fisionomias vegetais estudadas. Cabe ressaltar o caráter exploratório deste tipo de análise, lembrando a necessidade de estabelecer mecanismos de comparação mais adequados, que levem em consideração um número maior de estações pluviométricas e um período de estudo mais amplo, que permita explicar o tipo de relação existente entre a permanência média das cicatrizes do fogo e a variabilidade espaço-temporal da chuva.

TABELA 5.18 – Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo e outras estatísticas para o Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros).

	Sequências	Tempo mínimo	Tempo máximo	Intervalos Classes (dias)	Cerrado (%) do total de cada ano C.R.	Permanência média (dias em inteiros)
Ano 1996 (data base: 27/05) (data referência: 12/06)	QBBB	27/m ai-12/jun	27/m ai-13/jul	[16;47]	0,19	32
	QQBB	27/m ai-14/jul	27/m ai-30/ago	[48;95]	0,57	72
	QQQB	27/m ai-31/ago	27/m ai-15/set	[96;111]	0,02	104
	QQQQ	27/m ai-16/set	27/m ai-09/nov	[112;166]	0,22	139
Média ponderada						79
Desvio padrão						36
Mediana						72
Ano 1997 (data base: 30/05) (data referência: 15/06)	QBBBBB	30/m ai-15/jun	30/m ai-30/jun	[16;31]	0,32	24
	QQBBBB	30/m ai-01/jul	30/m ai-01/ago	[32;63]	0,33	48
	QQQBBB	30/m ai-02/ago	30/m ai-02/set	[64;95]	0,25	80
	QQQQBB	30/m ai-03/set	30/m ai-04/out	[96;127]	0,08	112
	QQQQQB	30/m ai-05/out	30/m ai-05/nov	[128;159]	0,02	144
	QQQQQQ	30/m ai-06/nov	30/m ai-06/dez	[160;190]	-	-
Média ponderada						55
Desvio padrão						30
Mediana						48
Ano 1998 (data base: 02/06) (data referência: 04/07)	QBBBB	02/jun-04/jul	02/jun-19/jul	[32;47]	0,11	40
	QQBBB	02/jun-20/jul	02/jun-20/ago	[48;79]	0,19	64
	QQQBB	02/jun-21/ago	02/jun-05/set	[80;95]	0,23	88
	QQQQB	02/jun-06/set	02/jun-23/out	[96;143]	0,16	120
	QQQQQ	02/jun-24/out	02/jun-07/nov	[144;158]	0,31	151
Média ponderada						102
Desvio padrão						39
Mediana						88
Ano 2000 (data base: 23/06) (data referência: 09/07)	QBBBB	23/jun-09/jul	23/jun-09/ago	[16;47]	0,54	32
	QQBBB	23/jun-10/ago	23/jun-25/ago	[48;63]	0,2	56
	QQQBB	23/jun-26/ago	23/jun-10/set	[64;79]	0,26	72
	QQQQB	23/jun-11/set	23/jun-12/out	[80-111]	-	-
	QQQQQ	23/jun-13/out	23/jun-26/out	[112-126]	-	-
Média ponderada						47
Desvio padrão						17
Mediana						32

Sequências = Sequências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo
C.R. = Contribuição relativa

TABELA 5.19 – Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo para cada face do Cerrado (setor Chapada dos Veadeiros).

	Sequências	Tempo mínimo	Tempo máximo	Intervalos Classes (dias)	Cerradão (%) do total de cada ano C.R.	Campo Cerrado (%) do total de cada ano C.R.	Parque de Cerrado (%) do total de cada ano C.R.	Campo (%) do total de cada ano C.R.	Permanência média (dias em inteiros)
Ano 1996 (data base: 27/05) (data referência: 12/06)	QBBB	27/mai-12/jun	27/mai-13/jul	[16;47]	N/O	0,22	0,13	0,00	32
	QOBB	27/mai-14/jul	27/mai-30/ago	[48;95]	N/O	0,59	0,56	0,02	72
	QQQB	27/mai-31/ago	27/mai-15/set	[96;111]	N/O	0,02	0,03	0,00	103
	QQQQ	27/0mai-16/set	27/mai-09/nov	[112;166]	N/O	0,17	0,28	0,98	139
Média ponderada						75	86	138	
Ano 1997 (data base: 30/05) (data referência: 15/06)	QBBBBB	30/mai-15/jun	30/mai-30/jun	[16;31]	N/O	0,28	0,39	N/O	24
	QOBBBB	30/mai-01/jul	30/mai-01/ago	[32;63]	N/O	0,31	0,38	N/O	48
	QQQBBB	30/mai-02/ago	30/mai-02/set	[64;95]	N/O	0,30	0,15	N/O	80
	QQQOBB	30/mai-03/set	30/mai-04/out	[96;127]	N/O	0,08	0,07	N/O	112
	QQQQOB	30/mai-05/out	30/mai-05/nov	[128;159]	N/O	0,03	0,01	N/O	144
	QQQQQQ	30/mai-06/nov	30/mai-06/dez	[160;190]	N/O	-	-	N/O	-
Média ponderada						58	48		
Ano 1998 (data base: 02/06) (data referência: 04/07)	QBBBB	02/jun-04/jul	02/jun-19/jul	[32;47]	N/O	0,03	0,23	0,00	40
	QOBBB	02/jun-20/jul	02/jun-20/ago	[48;79]	N/O	0,23	0,13	0,02	64
	QQQBB	02/jun-21/ago	02/jun-05/set	[80;95]	N/O	0,36	0,04	0,00	88
	QQOBB	02/jun-06/set	02/jun-23/out	[96;143]	N/O	0,19	0,12	0,06	120
	QQQQQ	02/jun-24/out	02/jun-07/nov	[144;158]	N/O	0,19	0,48	0,92	151
Média ponderada						99	108	147	
Ano 2000 (data base: 23/06) (data referência: 09/07)	QBBBB	23/jun-09/jul	23/jun-09/ago	[16;47]	N/O	0,60	0,59	0,00	32
	QOBBB	23/jun-10/ago	23/jun-25/ago	[48;63]	N/O	0,21	0,23	0,00	56
	QQOBB	23/jun-26/ago	23/jun-10/set	[64;79]	N/O	0,19	0,19	1,00	72
	QQQQB	23/jun-11/set	23/jun-12/out	[80-111]	N/O	-	-	-	-
	QQQQQ	23/jun-13/out	23/jun-26/out	[112-126]	N/O	-	-	-	-
Média ponderada						44	45	72	

Sequências = Sequências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo

C.R. = Contribuição relativa

N/O= não observado

TABELA 5.20 – Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo e outras estatísticas para o Cerrado (setor Araguaia).

	Sequências	Tempo mínimo	Tempo máximo	Intervalos Classes (dias)	Cerrado (%) do total de cada ano C.R.	Permanência média (dias em inteiros)
Ano 1996 (data base: 26/06) (data referência: 12/07)	QBBBB	26/jun-12/jul	26/jun-27/jul	[16;31]	0,21	24
	QQBBB	26/jun-28/jul	26/jun-28/ago	[32;63]	0,37	48
	QQQBB	26/jun-29/ago	26/jun-13/set	[64;79]	0,08	72
	QQQQB	26/jun-14/set	26/jun-15/out	[80;111]	0,22	96
	QQQQQ	26/jun-16/out	26/jun-30/out	[112;126]	0,12	119
Média ponderada						64
Desvio padrão						32
Mediana						48
Ano 1997 (data base: 28/05) (data referência: 15/07)	QBBB	28/mai-15/jul	28/mai-15/ago	[48;79]	0,25	64
	QQBB	28/mai-16/ago	28/mai-16/set	[80;111]	0,55	96
	QQQB	28/mai-17/set	28/mai-03/nov	[112-159]	0,19	136
	QQQQ	28/mai-04/nov	28/mai-08/dez	[160-194]	0,01	177
Média ponderada						96
Desvio padrão						25
Mediana						96
Ano 1998 (data base: 16/06) (data referência: 02/07)	QBBBB	16/jun-02/jul	16/jun-17/jul	[17;31]	0,13	24
	QQBBB	16/jun-18/jul	16/jun-18/ago	[32;63]	0,07	48
	QQQBB	16/jun-19/ago	16/jun-03/set	[64;79]	0,19	72
	QQQQB	16/jun-04/set	16/jun-05/out	[80;111]	0,44	96
	QQQQQ	16/jun-06/out	16/jun-20/out	[112;126]	0,17	119
Média ponderada						82
Desvio padrão						29
Mediana						96
Ano 2000 (data base: 05/06) (data referência: 21/06)	QBBBBB	05/jun-21/jun	05/jun-06/jul	[16;31]	0,41	24
	QQBBBB	05/jun-07/jul	05/jun-22/jul	[32;47]	0,09	40
	QQQBBB	05/jun-23/jul	05/jun-07/ago	[48;63]	0,03	56
	QQQQBB	05/jun-08/ago	05/jun-23/ago	[64;79]	0,20	72
	QQQQQB	05/jun-24/ago	05/jun-10/out	[80;127]	0,27	104
	QQQQQQ	05/jun-11/out	05/jun-25/out	[128;142]	-	-
Média ponderada						57
Desvio padrão						33
Mediana						40

Sequências = Sequências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo

C.R. = Contribuição relativa

TABELA 5.21 – Estimativa da permanência média das cicatrizes do fogo para cada face do Cerrado (setor Araguaia).

	Sequências	Tempo mínimo	Tempo máximo	Intervalos Classes (dias)	Cerradão (%) do total de cada ano C.R.	Campo Cerrado (%) do total de cada ano C.R.	Parque de Cerrado (%) do total de cada ano C.R.	Permanência média (dias em inteiros)
Ano 1996 (data base: 26/06) (data referência: 12/07)	QBBBB	26/jun-12/jul	26/jun-27/jul	[16;31]	0,68	0,48	0,09	24
	QQBBB	26/jun-28/jul	26/jun-28/ago	[32;63]	0,04	0,42	0,37	48
	QQQBB	26/jun-29/ago	26/jun-13/set	[64;79]	0,25	0,04	0,08	72
	QQQQB	26/jun-14/set	26/jun-15/out	[80;111]	0,03	0,06	0,30	96
	QQQQQ	26/jun-16/out	26/jun-30/out	[112;126]	-	-	0,16	119
Média ponderada				39	40	73		
Ano 1997 (data base: 28/05) (data referência: 15/07)	QBBB	28/mai-15/jul	28/mai-15/ago	[48;79]	0,16	0,36	0,21	64
	QQBB	28/mai-16/ago	28/mai-16/set	[80;111]	0,75	0,57	0,54	96
	QQQB	28/mai-17/set	28/mai-03/nov	[112-159]	0,09	0,07	0,23	136
	QQQQ	28/mai-04/nov	28/mai-08/dez	[160-194]	-	-	0,02	177
Média ponderada				94	87	100		
Ano 1998 (data base: 16/06) (data referência: 02/07)	QBBBB	16/jun-02/jul	16/jun-17/jul	[17;31]	0,15	0,30	0,07	24
	QQBBB	16/jun-18/jul	16/jun-18/ago	[32;63]	0,10	0,17	0,04	48
	QQQBB	16/jun-19/ago	16/jun-03/set	[64;79]	0,42	0,20	0,16	72
	QQQQB	16/jun-04/set	16/jun-05/out	[80;111]	0,26	0,29	0,51	95
	QQQQQ	16/jun-06/out	16/jun-20/out	[112;126]	0,07	0,04	0,22	119
Média ponderada				71	62	90		
Ano 2000 (data base: 05/06) (data referência: 21/06)	QBBBBB	05/jun-21/jun	05/jun-06/jul	[16;31]	0,03	0,42	0,42	24
	QQBBBB	05/jun-07/jul	05/jun-22/jul	[32;47]	0,17	0,11	0,08	40
	QQQBBB	05/jun-23/jul	05/jun-07/ago	[48;63]	0,19	0,03	0,03	56
	QQQQBB	05/jun-08/ago	05/jun-23/ago	[64;79]	0,30	0,24	0,18	72
	QQQQQB	05/jun-24/ago	05/jun-10/out	[80;127]	0,31	0,20	0,29	104
	QQQQQQ	05/jun-11/out	05/jun-25/out	[128;142]	-	-	-	-
Média ponderada				72	54	58		

Sequências = Sequências indicativas da permanência das cicatrizes do fogo

C.R. = Contribuição relativa

TABELA 5.22 - Permanência média das cicatrizes do fogo e número de dias sem chuva.

Ano/Bioma	Fisionomia de Cerrado					No. de dias sem chuva*
	Cerrado (dias)	Cerradão (dias)	Campo Cerrado (dias)	Parque de Cerrado (dias)	Campo (dias)	
Setor Chapada dos Veadeiros						
1996	79	N/O	75	86	138	122
1997	55	N/O	58	48	N/O	118
1998	103	N/O	99	108	147	134
2000	47	N/O	44	45	72	
Setor Araguaia						
1996	64	39	40	73	-	102
1997	96	94	87	100	-	132
1998	82	71	62	90	-	112
2000	57	72	54	58	-	

N/O = não observado

*Média dos dados observados nas estações pluviométricas da área de estudo

Por outro lado, muito embora os resultados apresentados tenham mostrado, em termos absolutos, permanências distintas para cada ano investigado, verificou-se para ambos setores estudados, nos referidos anos, que a proporção associada a estas fisionomias indicou sempre o campo (presente somente no setor **Chapada dos Veadeiros**) como a fisionomia que apresentou permanência média mais longa das cicatrizes do fogo, seguida do parque de cerrado e do campo cerrado, respectivamente. Exceção a esta observação ocorreu em 1997, no setor **Chapada dos Veadeiros**, onde o valor observado no parque de cerrado foi superior àquele observado no campo cerrado.

Analisando os resultados referentes à fisionomia de cerradão (com registros somente para o setor **Araguaia**) observou-se que a permanência média das cicatrizes do fogo associadas a esta fisionomia variou entre 39 e 94 dias, alcançando, inclusive, valores inferiores aos observados na fisionomia de parque de cerrado, durante os anos 1996, 1997 e 1998. Estes resultados devem ser vistos com certa reserva, já que esta fisionomia, caracterizada principalmente pela presença de um estrato arbóreo de até

10m de altura, quando afetada pelo fogo, precisa de um tempo significativamente superior ao observado para alcançar sua recuperação. Neste caso em particular, a análise visual feita diretamente nas cenas TM/Landsat indicou que a ocorrência de queimadas afetou particularmente o estrato inferior desta fisionomia, preservando o dossel da ação do fogo. Desta forma, o sensor estaria detectando as características regenerativas do estrato arbóreo-arbustivo inferior, e conseqüentemente, a permanência das cicatrizes do fogo associadas ao mesmo; ou também, considerando que o sensor detecta o espectro de refletância média referente aos alvos contidos em cada *pixel*, a resposta espectral predominante, após a integração do material carbonizado na camada superior do solo, estaria representada pelo estrato superior (dossel) da fisionomia de cerradão (FIGURA 5.7).

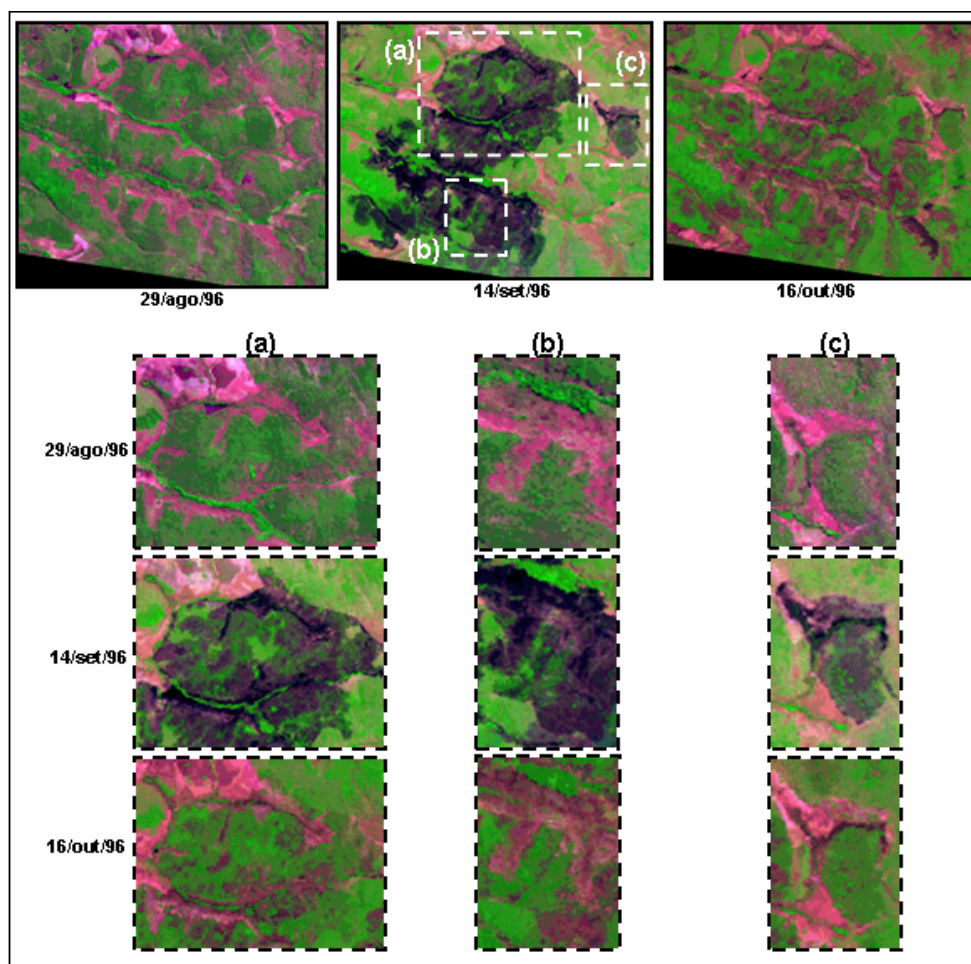


FIGURA 5.7 - Ocorrência de queimadas no estrato inferior da fisionomia de cerradão, preservando o dossel da ação do fogo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para estudar a recorrência de queimadas, a qual permitiu, também, analisar a permanência das cicatrizes do fogo em imagens do satélite TM/Landsat. A área de estudo compreendeu duas cenas deste satélite correspondentes às órbitas ponto 221/69 (setor **Chapada dos Veadeiros**) e 223/67 (setor **Araguaia**), localizadas na região centro-oeste do país. Para o estudo da recorrência de queimadas, utilizou-se uma série temporal de 5 anos (de 1996 a 2000), com dados adquiridos durante o período seco de cada ano, que se estende de maio a outubro. O estudo da recorrência e da permanência foi feita por tipo de fisionomia vegetal do Cerrado, de forma a permitir caracterizar as fisionomias mais afetadas pela ocorrência de queimadas neste bioma. Este conhecimento é importante para as estimativas de emissões de gases de efeito estufa decorrentes da queima de biomassa vegetal, as quais estão relacionadas à quantidade de biomassa queimada.

Apesar deste estudo ter envolvido apenas uma pequena área do Cerrado brasileiro, ele permitiu caracterizar o regime de queima (recorrência) através de uma metodologia que pode ser aplicada para o estudo de recorrências de queimadas em áreas extensas. Uma variante da metodologia empregada pode envolver a utilização de dados obtidos a partir de sensores de resolução moderada (a exemplo do sensor MODIS a bordo do satélite norte-americano TERRA, com resolução espacial de até 250 metros). A implicação desta alternativa está relacionada à área mínima de mapeamento das áreas queimadas. No caso da utilização do MODIS, uma possível consequência pode ser a impossibilidade em identificar queimadas consideradas pequenas ($< 0,5 \text{ km}^2$) as quais representaram, para os setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, cerca de 29% e 26% da área total afetada por recorrências de queimadas, respectivamente.

Os resultados obtidos indicaram que, em um período de cinco anos consecutivos, a recorrência mais comum é aquela caracterizada pela ocorrência de apenas duas queimadas (compreendendo o que se convencionou chamar, neste trabalho, de recorrências simples). 77% da área do Cerrado afetada por recorrências no setor

Chapada dos Veadeiros correspondeu a recorrências deste tipo, enquanto, no setor **Araguaia**, este percentual foi próximo a 62%. Recorrências de 5 anos sucessivos representaram menos de 1% da área do Cerrado afetada por recorrências, em ambos setores da área de estudo. Observou-se que quanto maior o número de recorrências no período considerado, menor a correspondente área afetada. Isto sugere que a vegetação do Cerrado, uma vez afetada pela ocorrência de queimada, não necessariamente se torna mais suscetível a novas ocorrências.

Uma conclusão importante refere-se à observação de que as recorrências simples, caracterizadas pela ocorrência de duas queimadas separadas por um intervalo de tempo de dois anos (código 2), foram as mais expressivas, representando aproximadamente 52% e 37% da área do Cerrado afetada por recorrências, nos setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente.

Nos cinco anos do período de estudo, observou-se que aproximadamente 19% e 25% da área do Cerrado compreendida pelos setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente, foram afetadas por recorrências de queimadas. Das fisionomias do Cerrado mais afetadas, nesses setores, citam-se o campo cerrado e o parque de cerrado. Essas fisionomias corresponderam, respectivamente, a 64% e 17% da área do setor **Chapada dos Veadeiros** e 33% e 28% da área do setor **Araguaia**. Desses totais, 16% e 15% da área ocupada pela fisionomia de campo cerrado nos setores **Chapada dos Veadeiros** e **Araguaia**, respectivamente, foram afetados por recorrências, enquanto, na fisionomia de parque de cerrado isto correspondeu a aproximadamente 29% e 43%. Apesar da fisionomia de campo cerrado ocupar maior área que a fisionomia de parque de cerrado, em ambos setores da área de estudo, o percentual da área afetada por recorrências foi consistentemente maior nesta última.

O estudo da permanência desenvolvido neste trabalho foi importante por indicar, mesmo que preliminarmente, a variação da permanência das cicatrizes por tipo fisionômico do Cerrado e por extensão da área afetada, assim como a variação na permanência média de um ano para outro. Considerando que a importância do estudo da permanência das cicatrizes do fogo, para este trabalho, era identificar o tempo máximo

para ainda ser possível identificar a ocorrência de uma queimada entre distintas imagens TM/Landsat, uma conclusão importante é que, de fato, observa-se, em alguns casos, uma curta permanência das cicatrizes do fogo. Por exemplo, para o ano 2000 no setor **Chapada dos Veadeiros**, 54% da área total **das** cicatrizes do fogo pode ter permanecido espectralmente visível entre 16 e 47 dias (inclusive) nas imagens TM/Landsat disponíveis. Para o setor **Araguaia**, essa área corresponde a 41%, podendo ter permanecido entre 16 e 31 dias (inclusive).

A variação da permanência média verificada de um ano para outro em uma mesma área, aponta para a dificuldade de se caracterizar, consistentemente, a permanência das cicatrizes do fogo. Para o ano de 1996, no setor **Chapada dos Veadeiros**, a permanência média estimada foi de 79 dias, enquanto para os anos 1997, 1998 e 2000, esses valores foram 55, 103 e 47 dias, respectivamente. Para o setor **Araguaia**, os correspondentes tempos médios foram 64, 96, 82 e 57 dias.

As imagens TM/Landsat, na sua resolução espacial original de 30 metros, demonstraram, conforme esperado, ser adequadas para a discriminação de queimadas consideradas pequenas (área mínima de mapeamento igual a 0,02 km²). Esta adequação permitiu quantificar a área queimada em cada setor investigado, apontando para variações anuais significativas. A inclusão do ano de 1998 no período de estudo permitiu identificar a importância de um ano extremamente seco no número de ocorrências de queimadas e na extensão da área queimada. Em ambos setores da área de estudo, a extensão da área queimada em 1998, relativa a 1997, mais do que triplicou, tendo retornado, em 1999, a valores próximos aos observados em 1997. Conclui-se, com isto, que é importante, na análise da variação anual da área queimada (ou do número de focos de calor, que tem servido como referencial para o monitoramento anual das queimadas no país), observar-se, entre outros, as condições ambientais que podem estar diretamente relacionadas à maior ou menor ocorrência de queimadas. Dentre essas, por exemplo, inclui-se a análise da variação espacial e temporal da precipitação.

Como conclusão geral deste trabalho, aponta-se, particularmente, para a complexidade dos temas propostos neste estudo, cujos resultados devem ser entendidos como preliminares e específicos da área de estudo. A não consistência dos resultados, de um setor para outro, de um ano para o seguinte e entre as diferentes fisionomias do Cerrado, indicam a importância de não se extrapolar os resultados obtidos em áreas específicas do Cerrado como sendo “representativas” do Cerrado como um todo. O fato das permanências e recorrências estarem diretamente associadas a condições ambientais específicas da área onde ocorrem, torna complexa a análise dos resultados e sua generalização.

Conclui-se, também, que os dados do sensor TM/Landsat, com sua resolução temporal de 16 dias e seu sistema sensor óptico, sensível à presença de nuvens, apresentou limitações para estimar a permanência das cicatrizes do fogo. Para os dois setores da área de estudo, em todos os anos do período investigado, não foi possível dispor de uma série completa de dados. Por outro lado, apesar da grande quantidade de dados analisados, não foi possível identificar, com precisão, o intervalo entre o aparecimento e o desaparecimento da cicatriz do fogo. Assim, recomenda-se que, para o estudo da permanência das cicatrizes do fogo, sejam utilizados dados de sensores com maior resolução temporal que a do TM/Landsat, visando, com isto, diminuir sensivelmente os intervalos de permanência (em dias) das cicatrizes do fogo apresentados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adámoli, J.; Fukuhara, H.; Silva, J.A. **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no estudo de queimas em pastagens nativas da região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA.CPAC, 1983. p. 811-820. (EMBRAPA.CPAC, Documentos, 16).
- Albritton, D.L. ; Meira Filho, L. G. Technical Summary. In: Houghton, J. T. et al. (eds). **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge: University Press, p.21-83, 2001.
- Anderson, A. B.; Posey, D. A. Reflorestamento indígena. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 31, p. 44-50. 1987.
- Andreae, M. O. Biomass burning: its history, use, and distribution and its impact on environmental quality and global climate. In: Levine, J.S. (ed.). **Global biomass burning: atmospheric, climatic, and biospheric implications**. Cambridge: MIT Press, 1991. Cap. 1, p. 3-121.
- Aragão, L.T. Ocupação humana no cerrado de Brasília. In: Pinto, M.N. org. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Ed. Univ. Brasília, 1990. Cap. 3, p. 163-180.
- Arens, K. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Boletim Faculdade de Filosofia. Universidade de São Paulo**, v. 15, n. 22, p. 23-56, 1958.
- Arino, O; Piccolini, I.; Siegert, F.; Eva, H.; Chuvieco, E.; Martin, P.; Li, Z.; Fraser, R. H.; Kasischke, E.; Roy, D.; Pereira, J.; Stroppiana, D. Burns scars mapping methods. In: Ahern, F.; Grégoire, J.M.; Justice, C.(eds.). **Forest fire monitoring and mapping: a component of global observation of forest cover**. [S.I]: European Commission Joint Research Centre, p. 198-223, 2000.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. C. P. Spring: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v.15, n.6, p. 13-22, 1996.
- Carvalho, V. C.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R.; Filho, P.H. Subsídios do sensoriamento remoto para manejo florestal: estado atual da arte e perspectivas. Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990.
- Chuvieco, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Ediciones Rialp. 1996. 568 p.
- Chuvieco, E.; Martín, M. Global fire mapping and fire danger estimation using AVHRR images. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 60, n. 5, p. 563-570, 1994.

- Coutinho, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. Nota sobre a ocorrência e datação de carvões vegetais encontrados no interior do solo, em Emas, Pirassununga, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n. 12, p. 115-117., 1981.
- 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, 1990a. Cap. 6, p. 82-105. (Ecological Studies, 84).
- Coutinho, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1990b.
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Boletim de monitoramento e análise climática**. v. 13. 1998. [on line]. <<http://www.cptec.inpe.br>>. Dez. 2002.
- Crutzen, P. J.; Heidt, L. E.; Krasnec, J. P.; Pollock, W. H.; Seiler, W. Biomass burning as a source of atmospheric gases. **Nature**, v. 280, n. 5715, p. 253-256, 1979.
- Crutzen, P. J.; Andreae, M. O. Biomass burning in the tropics: impacts on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, v. 250, n. 4988, p. 1669-1678, 1990.
- Deshler, W. An examination of the extent of fire in the grassland and savanna of Africa along the southern side of the Sahara. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 9., Ann Arbor, MI, 15-19 abr., 1974. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: ERIM, 1974, v. 1, p. 23-30.
- Dias, B. F. S. Cerrado: uma caracterização. In: Dias, B. F. S., ed. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: Fundação Pró-Natureza (FUNATURA), 1992. p. 15-26.
- Dias, B. F. S. A conservação da natureza. In: Pinto, M.N. org. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Ed. Univ. Brasília, 1990. Cap. 21, p. 583-640.
- Drude, O. **Manual de Geographie Botanique**. Librairie des Sciences Naturalles. Paris, 1897. 552 p.
- Eiten, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n.2, p. 201-341, 1972.
- Eiten, G. Vegetação do cerrado. In: Pinto, M. N. org. **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Brasília: Ed. Univ., 1994. p. 17-73.
- Eva, H. **Monitoring of tropical fires and their impact on land cover using remote sensing techniques**. 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências)- Departement de Géologie et de Géographie, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 2000.

- Folster, H; Huber, O. **Interrelaciones suelo-vegetación en el Área de Galipero, Territorio Federal Amazonas, Venezuela**. Caracas, D.F.: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 1984. 135 p. (Series Informes Técnicos DGSIIA/IT/144).
- França, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. 2000. 161 p. Tese (Doutorado em Ciências)–Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- Frederiksen, P.; Langaas, S.; Mbaye M. NOAA-AVHRR and GIS-based monitoring of fire activity in Senegal – a provisional methodology and potential applications. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 17, p. 400-436. (Ecological Studies, 84).
- Fuller, S. P.; Rouse, W. R. Spectral reflectance changes accompanying a post-fire recovery sequence in a subarctic spruce-lichen woodland. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 1, p. 11-23, 1979.
- Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE). **Estimativas das emissões brasileiras por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa devido às mudanças de uso da terra, incluindo florestas: relatório**. São José dos Campos, 1998.
- Fundação SOS Mata Atlântica. [S.l.], 2002. **A Mata Atlântica e suas formações**. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em: dez. 2002.
- Goodland, R. A. Physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil. **Journal of Ecology**, v. 59, n. 1880, p. 411-419, 1972.
- Griffin, J. J.; Goldberg, E. D. Morphologies and origin of elemental carbon in the environment. **Sciences**, v. 206, n. 4418, p. 563-565, 1979.
- Griffin, J. J.; Goldberg, E. D. Impact of fossil fuel combustion on sediments of Lake Michigan: A reprise. **Environmental Sciences Technology**, v. 17, n. 4, p. 244-245, 1983.
- Guidon, N.; Delibrias, G. Carbon-14 dates point to man in the Americas 32,000 years ago. **Nature**, v. 321, n. 6072, p. 769-771, 1986.
- Haffer, J. General aspects of the refuges theory. In: Prance, G.T., ed. **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University Press, 1982. p. 6-24.
- Hao, W. M.; Liu, M. H.; Crutzen, P. J. Estimates of annual and regional releases of CO₂ and other trace gases to the atmosphere from fires in the tropics, based on the FAO statistics for the period 1975-1980. In: Goldammer, J.G. (ed.) **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 20, p. 440-462. (Ecological Studies, 84).

- Heinselman, M. L. Fire intensity and frequency as factor in the distribution and structure of northern ecosystems. In: Mooney, H. A. ; Bonnicksen, T. M. ; Christensen, N. L. ; Lotan, J. E. ; Reiners, W.A. (eds). **Fire Regime and Ecosystem Properties**. [S.1]: USDA Forest Service. p. 7-57, 1981. (General Technical Report WO – 26).
- Huber, O. Neotropical savannas: their flora and vegetation. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 2, n. 3, 1987. p. 67-71.
- Iacobellis S. F.; Frouim, R.; Razafimpanilo, H.; Somerville, R.C.J.; Piper, S.C. North African savanna fires and atmospheric carbon dioxide. **Journal of Geophysical Research**, v. 9, n. D4, p. 8321-8334. 1994.
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). **Parque Nacional das Emas: plano de manejo**. Brasília, 1978.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**, 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE. 1993.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção agrícola e pecuária municipal**. 1998. <www.sidra.ibge.gov.br>. Set. 2002.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção agrícola e pecuária municipal**. 2000. www.sidra.ibge.gov.br. Set. 2002.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE. 58 p. 1999. (Manuais Técnicos em Geociências, número 7).
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Projeto de estimativa do desflorestamento bruto da Amazônia (PRODES)**. São José dos Campos, 2002. Disponível em: <<http://sputnik.dpi.inpe.br>>. Acesso em: mar. 2002.
- Kaufman, Y. J.; Setzer, A.W.; Justice, C.; Tucker, C.J.; Pereira, M.C.; Fung, I. Remote sensing of biomass burning in the tropics. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 16, p. 371-399. (Ecological Studies, 84).
- Kaufman, Y. J.; Holben, B. N.; Tanré, D.; Ward, D.E. Remote sensing of biomass burning in the Amazon. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, n. 1-3, p. 51-59, 1994.
- Kidwell, K.B. **NOAA polar orbiter data (TIROS-N, NOAA-6, NOAA-7, NOAA-8, NOAA-9, NOAA-10, NOAA-11 and NOAA-12): user guide**. Washington, DC: NOAA, 1991. 1v.
- Klinge, H.; Medina, E. Heathlands and related shrublands. Descriptive studies. In: Specht, R.L. (ed.). **Ecosystems of the World 9A**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1979. p. 483-488.

- Klink, C. A.; Macedo, R. H.; Mueller, C. C. **De grão em grão o cerrado perde espaço**. Brasília: WWF-Brasil & PRO_CER, 1995.
- Komarek, E. V. Lightning and fire ecology in Africa. In: Tall Timbers Fire Ecology Conference, 12., 1972, Lubbock, Texas. **Proceedings...** Lubbock, Texas: Tall Timbers Research Station, 1972, v. 11, p. 473-509.
- Krug, T.; Santos, J.R. **Estimativa da área total queimada no cerrado brasileiro em 1999, a partir de dados orbitais**. São José dos Campos: MCT, 2000. (Relatório PNUD BRA/95/G31).
- Lashof, D.A. The contribution of biomass burning to global warming: an integrated assessment. In: Levine, J.S. ed. **Global biomass burning**. Cambridge, London: MIT Press, 1991. p. 441-444.
- Levine, J.S.; Wesley III, R.C.; Winstead, E.L.; Thinehart, R.P.; Cahoon Jr., D.R.; Sebacher, D.K.; Sebacher, S.; Stocks, B.J. Biomass burning: combustion emissions, satellite imagery, and biogenic emissions. In: Levine J.S., ed. **Global biomass burning** Cambridge: MIT Press, 1991. p. 264-271.
- López, M. J.; Caselles, V. Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data. **Geocarto International**, v. 6, n. 1, p. 31-37, 1991.
- Malingreau, J. P. The contribution of remote sensing to the global monitoring of fires in tropical and subtropical ecosystems. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 15, p. 337-370. (Ecological Studies, 84).
- Mantovani, J.E.; Pereira, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de cerrado através de dados TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., Santos, SP, 1998. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. 1 CD-ROM.
- Miranda, H. S.; Miranda, A. C. Queimadas e estoque de carbono no cerrado. In: Adriana G. Moreira e Stephan Schwartzman. (ed.). **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia/The Woods Hole Research Center; Environmental Defense, 2000. p. 75-81.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). **NESDIS programs – NOAA satellite operations**. Washington, DC, 1985. 264 p.
- Nimer, E.; Brandão, A. M. P.M. **Balanco hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 166 p.
- Novo, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

- Oviedo, A.; Valdes, G.F. **Historia general y natural de las Indias**. Madrid: [S.n.], 1851.
- Pereira, A.C. **Monitoramento de queimadas na região dos cerrados utilizando dados AVHRR/NOAA corrigidos por dados TM/LANDSAT**.1992. 187 p. (INPE-5490-TDI/507). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)–Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1992.
- Pereira, A.C.; Setzer, A.W. Comparison of fire in savannas using AVHRR's Channel 3 and TM images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 10, p. 1925-1937. 1996.
- Pereira, J. M. C.; Chuvieco, E.; Beaudoin, A.; Desbois N. Remote sensing of burned areas: a review. In: Chuvieco, E., ed. **A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires**. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá, 1997. p. 127-183.
- Pereira, M. C. **Detecção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e Landsat, e dados de aeronave**. 1988. 268 p. (INPE-4503-TDL/326). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) –Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1988.
- Pereira, M.C.; Setzer. A.W. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 11, p. 2061-2078, 1993.
- Ponzoni, F.J.; Lee, D.C.L; Hernandez Filho, P. Avaliação da área queimada e da regeneração da vegetação afetada pelo fogo no Parque Nacional de Brasília através de dados TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 4., Gramado, 10-15 ago., 1986. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1986. v. 1, p. 615-621.
- Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SC.22/SD.23 Brasília/Tocantins; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: 1981. 775 p. (Levantamento de Recursos Naturais).
- Ramos-Neto, M. B. Natural occurrence of fire in Emas Natural Park, Central Brazil. In: Bushfire '97: Australian Bush Fire Conference. Darwin, 8-10 jul.,1997. **Proceedings...** Darwin: CSIRO Tropical ecosystems Research Centre, 1997, p.152-157.
- Razafimpanilo, H.; Frouin, R.; Iacobellis, S. F.; Somerville, R. C. Methodology for estimating burned area from AVHRR reflectance data. **Remote Sensing of the Environment**, v. 54, n. 3, p. 273-289, 1995.

- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p. 89-166.
- Robinson, J.M. Fire from space: global fire evaluation using infrared remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 12, n. 1, p. 3-24, 1991.
- Sanford, R. L.; Saldarriaga, J.; Clark, K. E.; Uhl, C.; Herrera, R. Amazon rain-forest fires. **Science**, v. 227, n. 4683, p. 53-55, 1985.
- Santos, J.R.; Aoki H. Monitoramento do Parque Nacional de Brasília através de dados orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1., São José dos Campos, 27-29 nov., 1978. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1981, v. 1, p. 118-134.
- Santos, N.A.; Aguiar, J.L.P. **Evolução agropecuária da região nuclear dos cerrados: 1970-1980**. Planaltina, DF: EMBRAPA CPAC, 1985. 62 p. (EMBRAPA.CPAC, Documentos, 16).
- Sato, M. N.; Miranda H. S. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado *Sensu Stricto* submetidas a diferentes regimes de queima. In: Simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 1996, Brasília. 1996. **Anais...** Brasília: UnB/ECL, 1996. p. 93-101.
- Schüle, W. Landscape and climate in prehistory: Interaction of wildlife, man, and fire. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 13, p. 273-318. (Ecological Studies, 84).
- Setzer, A.W. Operational satellite monitoring of fires in Brazil. **International Forest Fire News**, v. 9, n. 7, p.8-11. 1993.
- Setzer, A.W.; Malingreau, J.P. AVHRR monitoring of vegetation fires in the tropics: toward the development of a global product. In: Levine, J.S., ed. **Biomass burning and global change**. Cambridge: MIT Press, 1991. Cap. 3, p. 25-39. v.1.
- Setzer, A.W.; Pereira, M.C.; Pereira Jr., A.C. Satellites studies of biomass burning in Amazônia: some practical aspects. **Remote Sensing Reviews**, v.10, n. 1-3, p. 91-103. 1994.
- Schimper, A.F.W. **Plant-geography upon physiological basis**. Tradução. W.R. Fischer. London: Oxford Clarendon Press, 839 p. 1903.
- Siljeström, P.; Moreno, A. Monitoring burnt areas by principal components analysis of multitemporal TM data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, n. 9, p. 1577-1587, 1995.

- Silva, J.M.N. **Comparação entre os índices de vegetação NDVI e IV7 para cartografia de áreas ardidadas com imagens Landsat-5 TM**. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 237 p. 1996.
- Silva, G. T.; Sato, M. N.; Miranda, H. S. Mortalidade de plantas lenhosas em campo sujo de cerrado submetido a queimadas prescritas. In: Miranda H. S.; Saito, C. H.; Dias, B. F. S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: ECL/UnB, p. 193-201. 1996.
- Tanaka, S.; Kimura, H.; Suga, Y. Preparation of a 1:25.000 Landsat map for assessment of burnt area on Etajima Island. **International Journal of Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p. 17-31, 1983.
- Tansley, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, v. 16, n. 3, p. 208-307, 1935.
- Veloso, H. P.; Rangel, A. L.; Lima, J. C. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE-IBDF, 123 p. 1991.
- Warming, E. **Lagoa Santa**. São Paulo: Editora Itatiaia, 1973. 282 p.
- Wightman, J.M. Detection, mapping, and estimation of rate of spread of grasses from southern African ERTS-1 imagery. In: Symposium of Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite, 1., 1973, New Carolton, MD. **Proceedings...** Washington, DC: NASA, 1973. v.1, sec. A, p. 593-601.

APÊNDICE A

MAPAS DE VEGETAÇÃO E ÁREAS AGROPECUÁRIAS

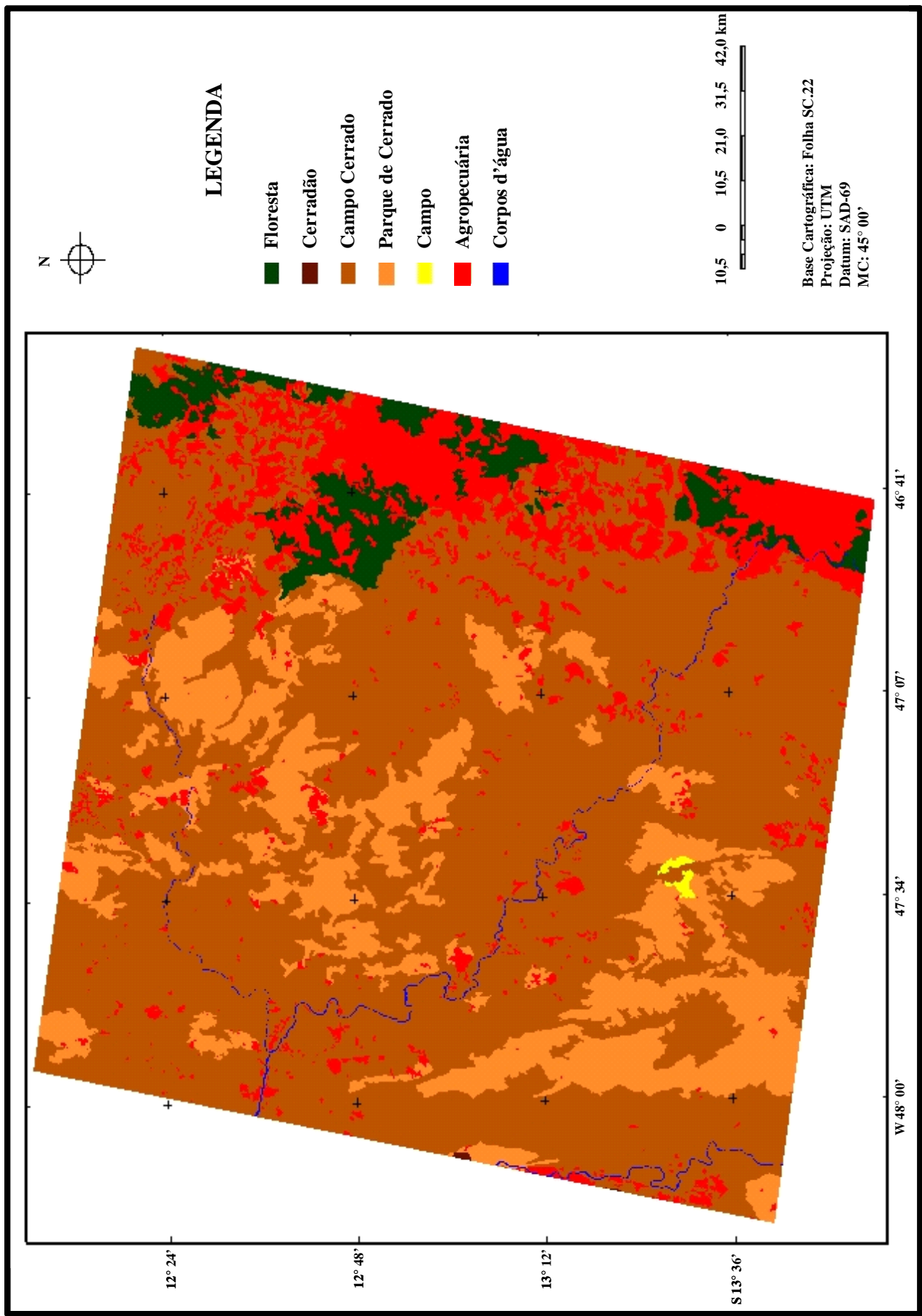


FIGURA A1 - Mapa de vegetação e áreas agropecuárias (1996), setor Chapada dos Veadeiros.

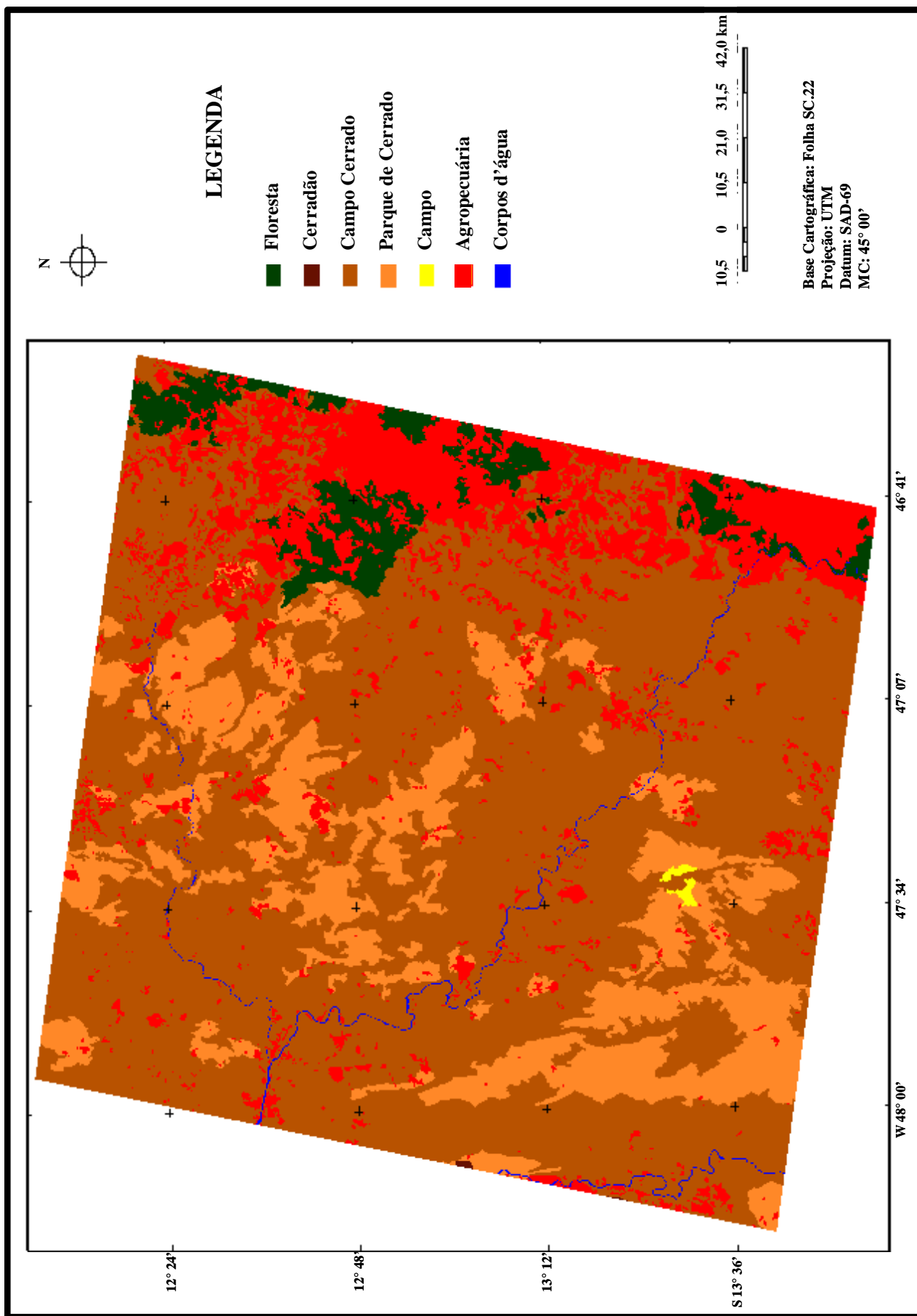


FIGURA A2 - Mapa de vegetação e áreas agropecuárias (2000), setor Chapada dos Veadeiros.

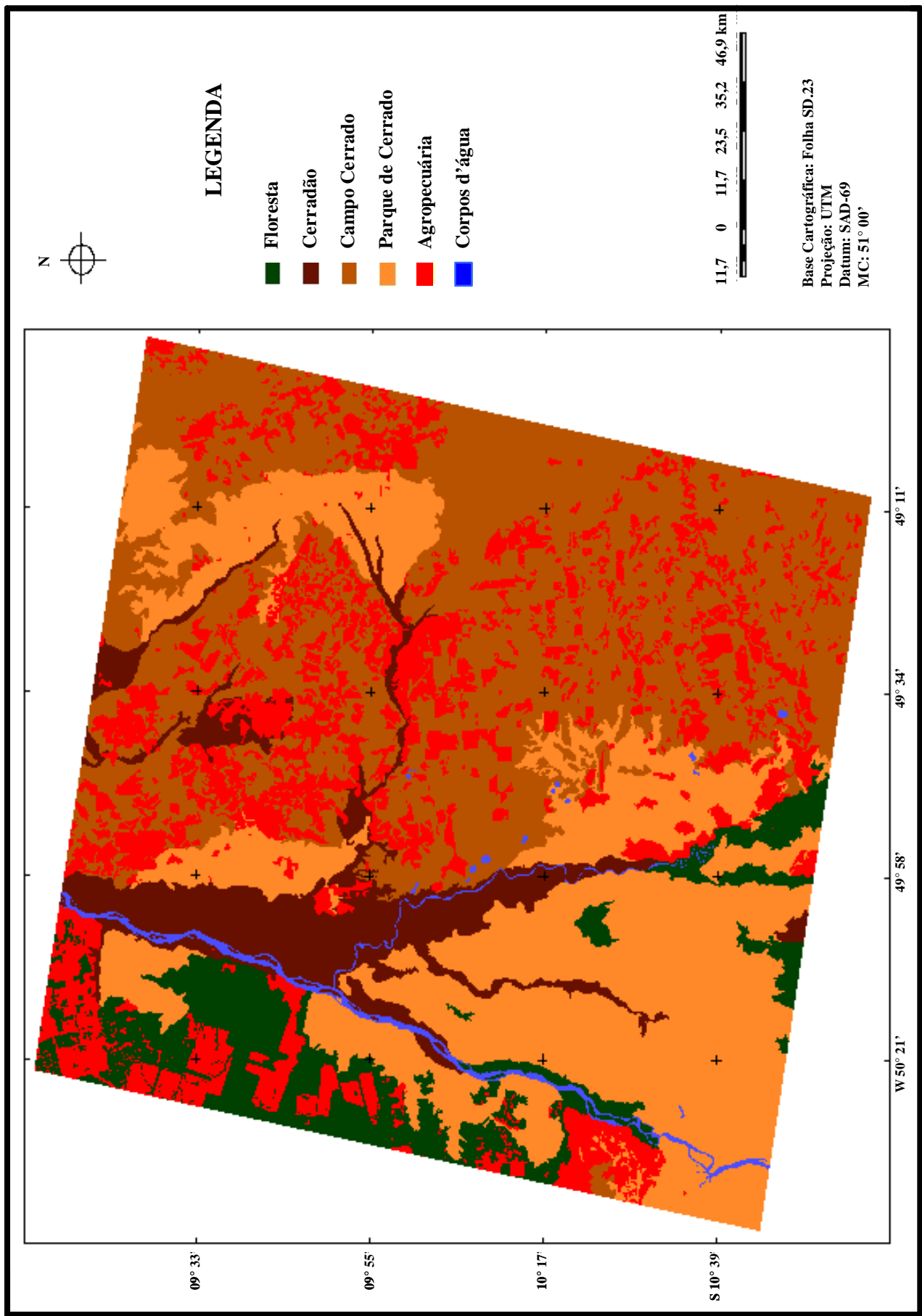


FIGURA A3 - Mapa de vegetação e áreas agropecuárias (1996), setor Araguaia.

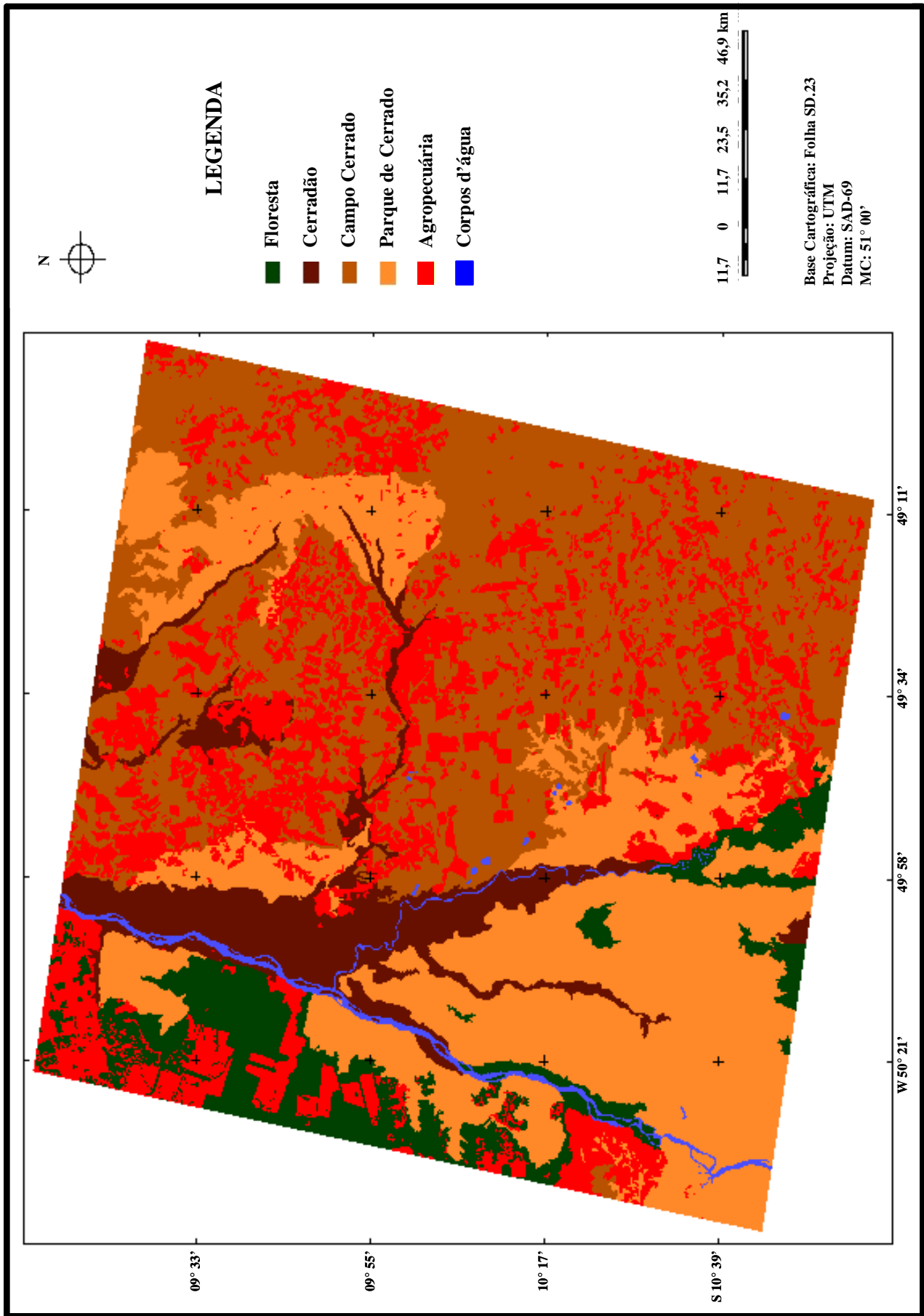
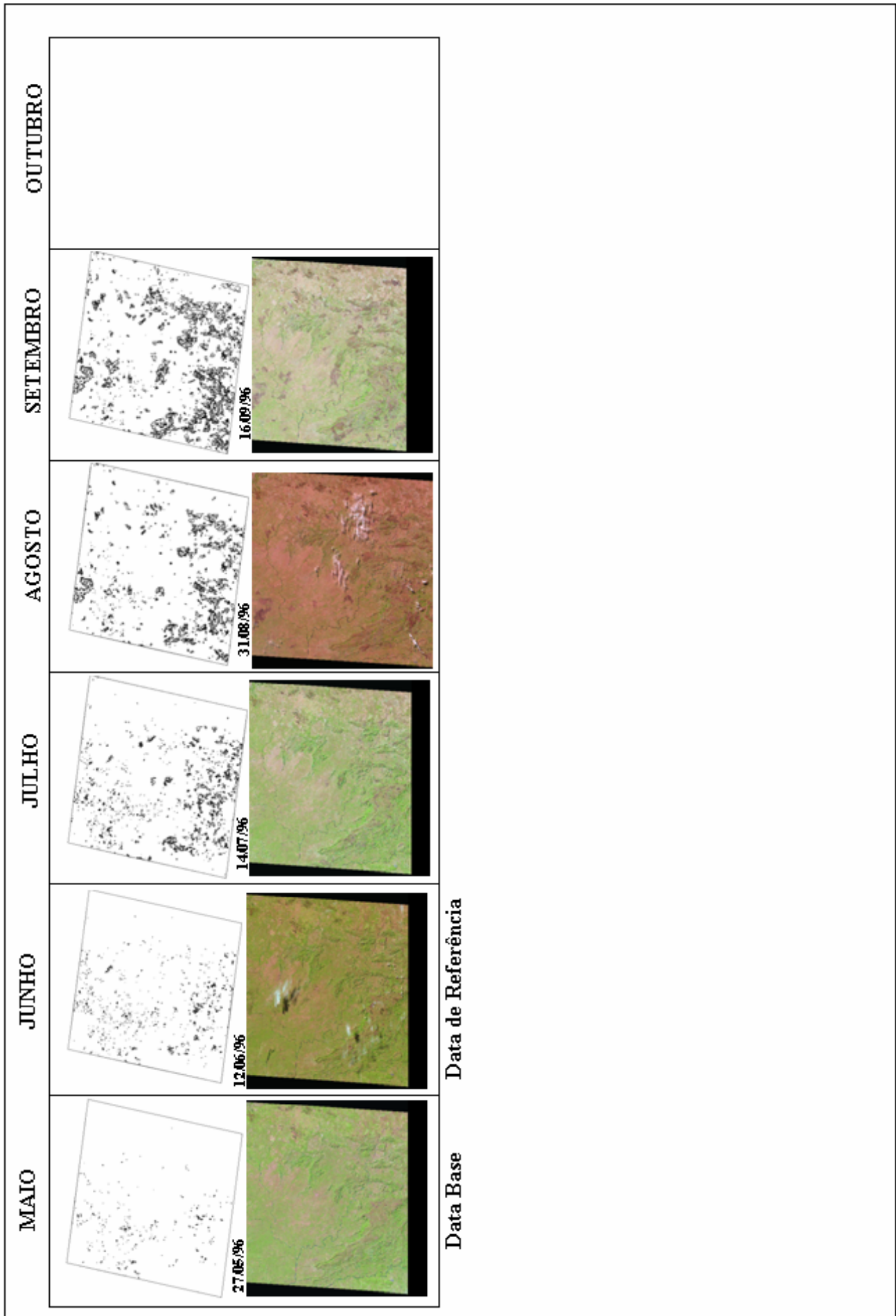


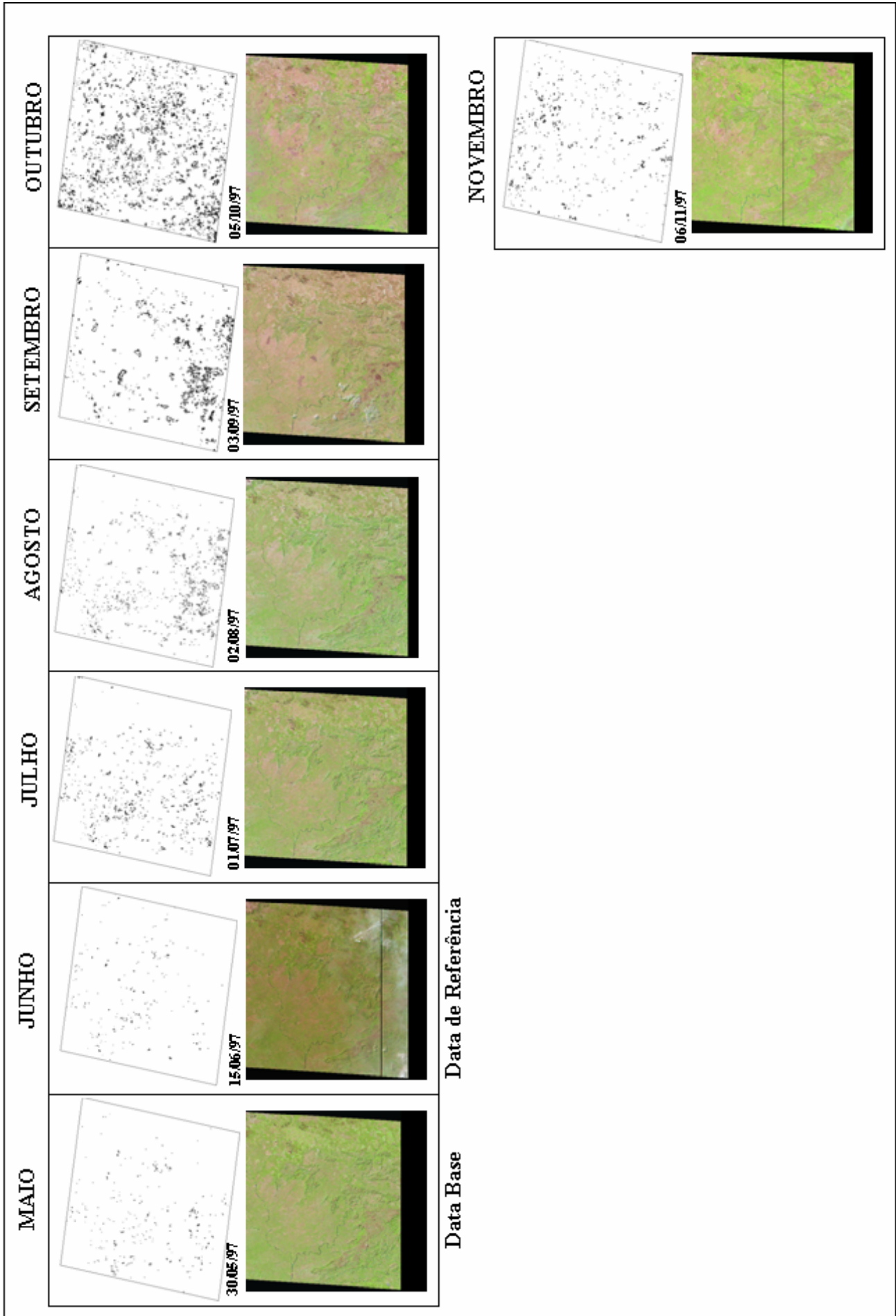
FIGURA A4 - Mapa de vegetação e áreas agropecuárias (2000), setor Araguaia.

APÊNDICE B

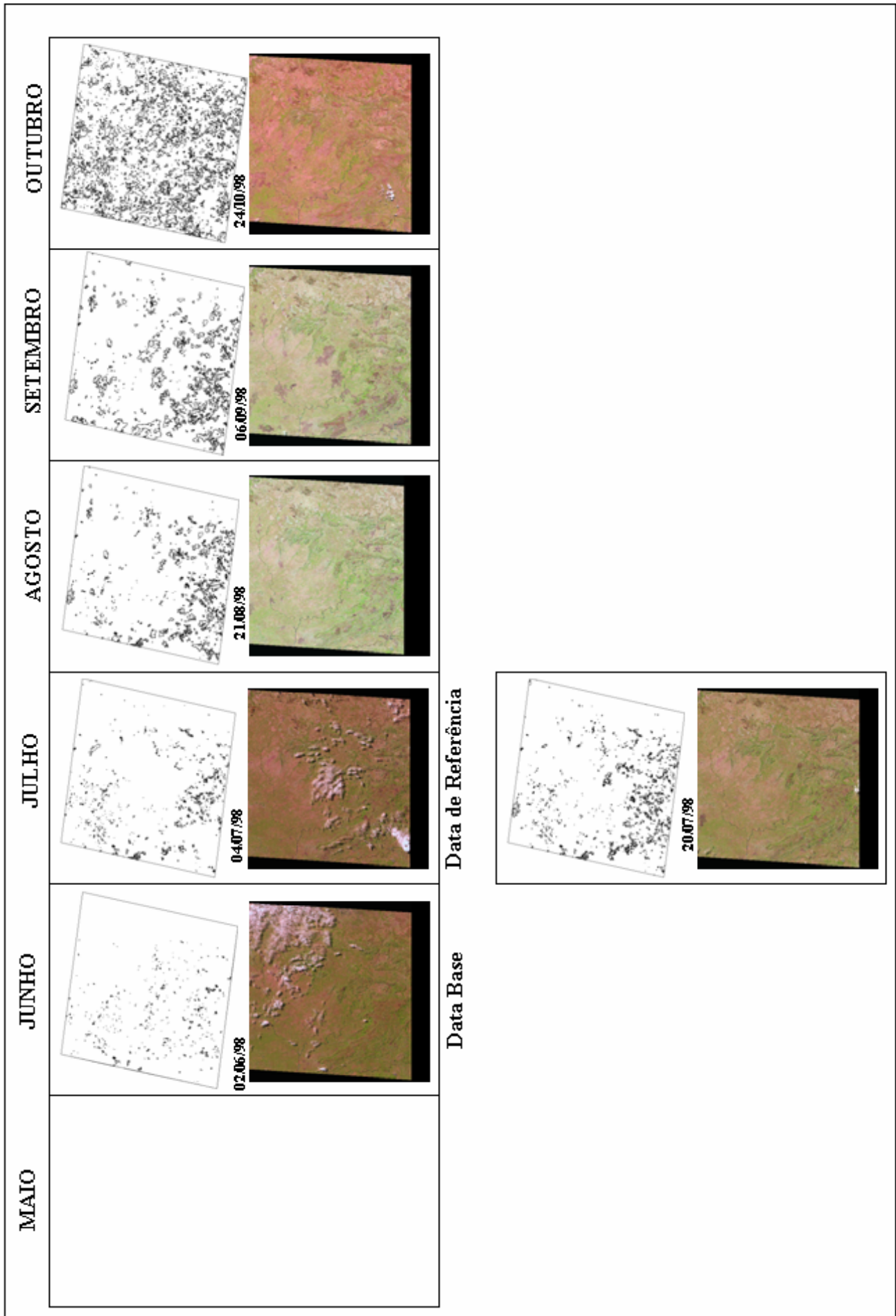
IMAGENS TM/LANDSAT-5, ETM/LANDSAT-7 E OS CORRESPONDENTES POLÍGONOS DE ÁREA QUEIMADA



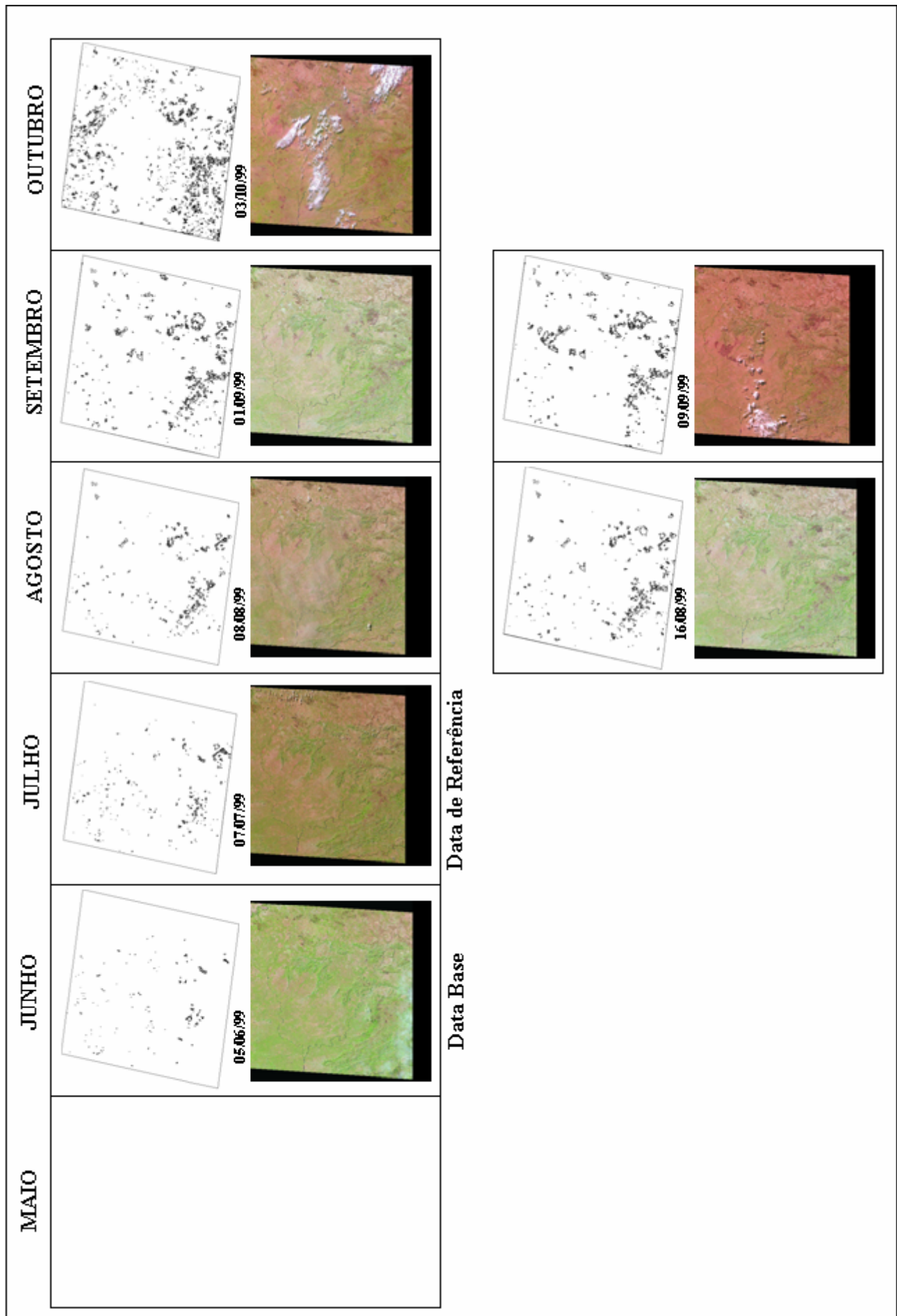
SETOR CHAPADA DOS VEADEIROS (1996)



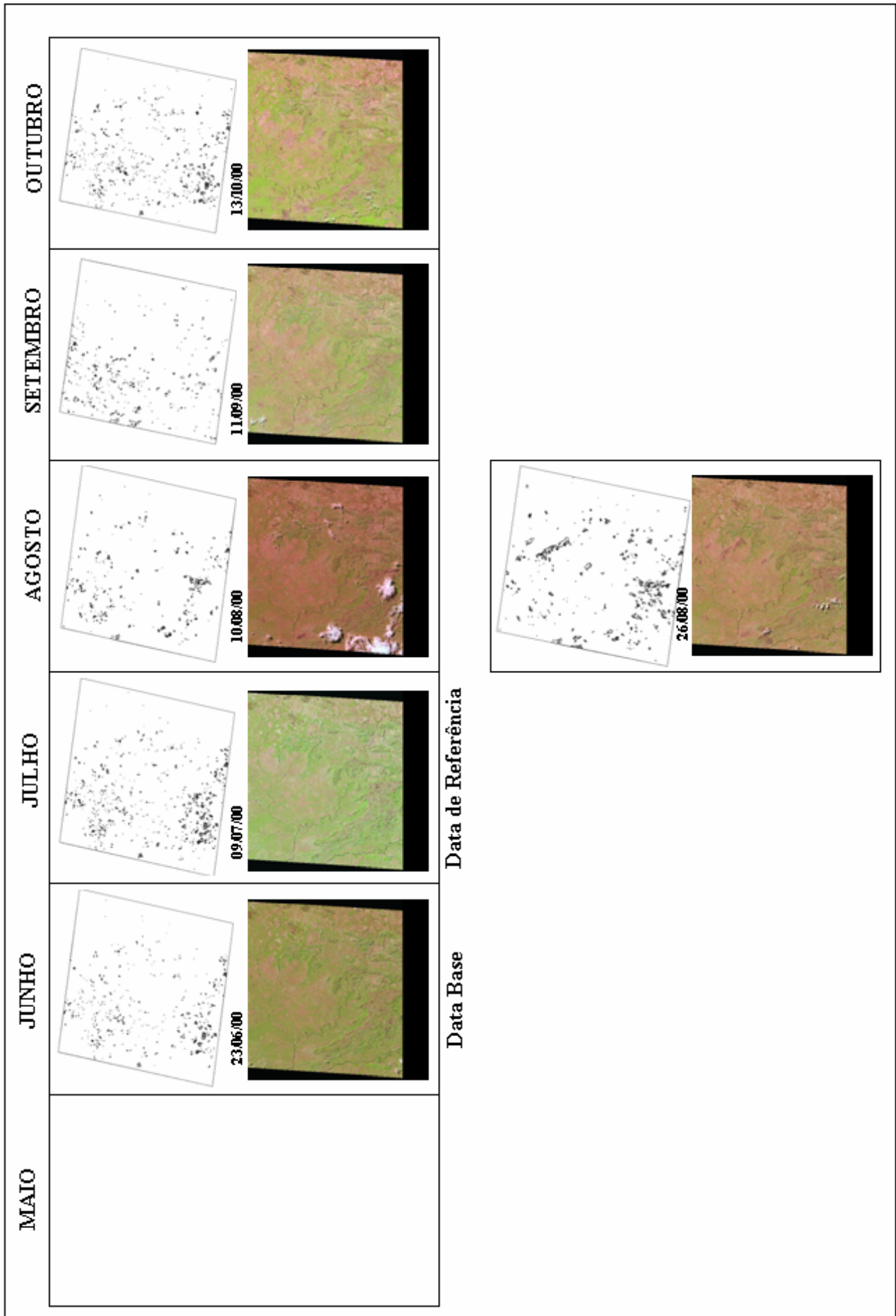
SETOR CHAPADA DOS VEADEIROS (1997)



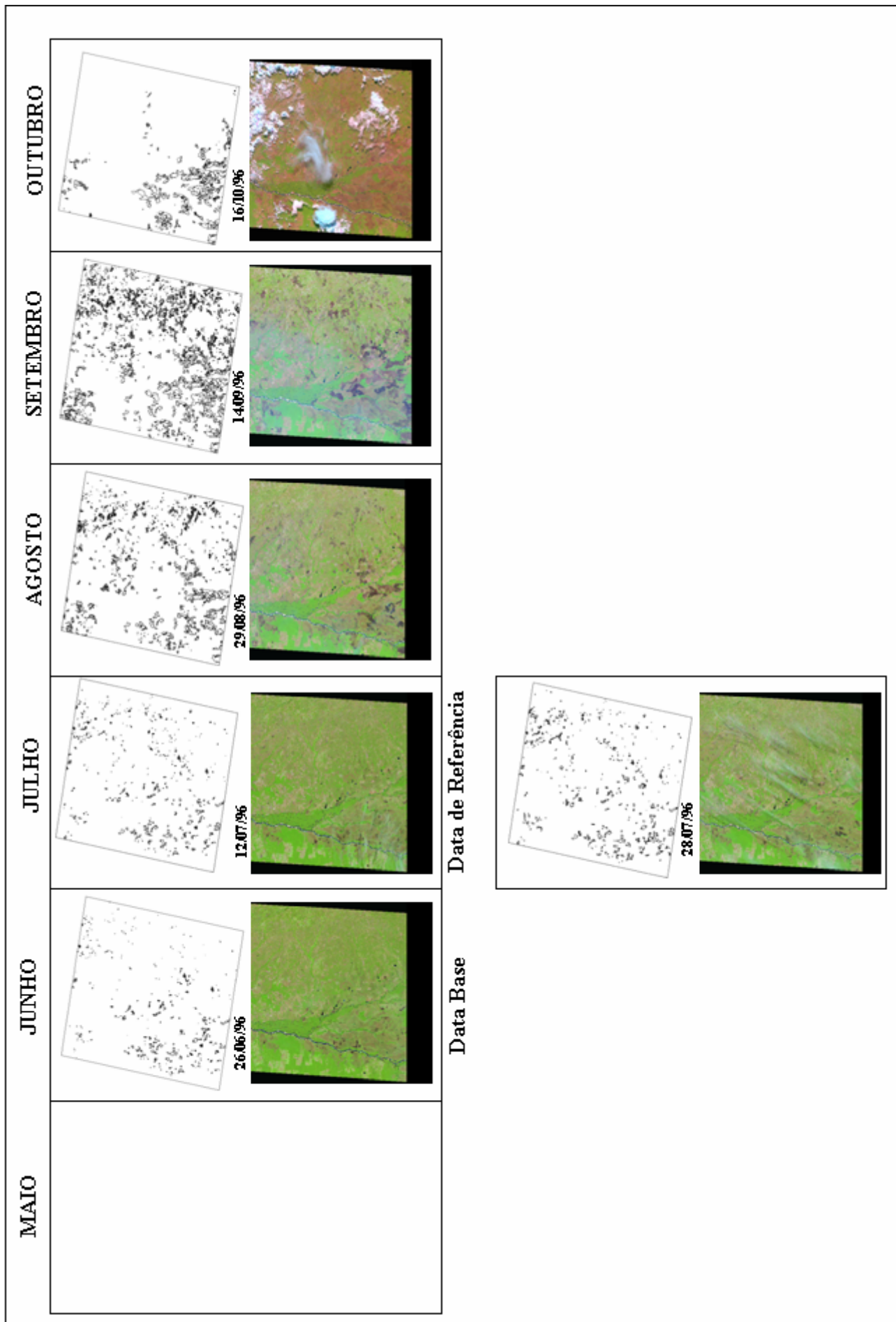
SETOR CHAPADA DOS VEADEIROS (1998)



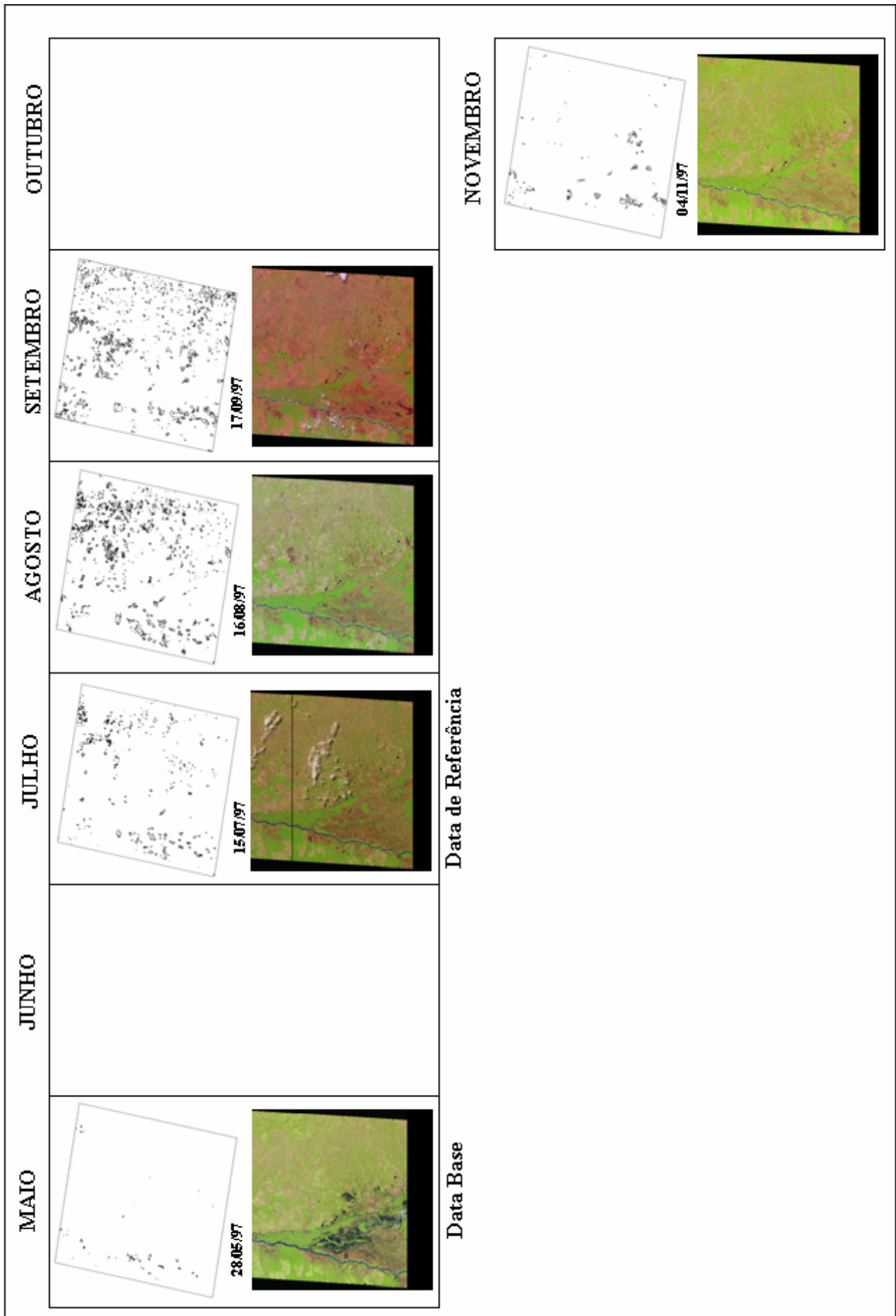
SETOR CHAPADA DOS VEADEIROS (1999)



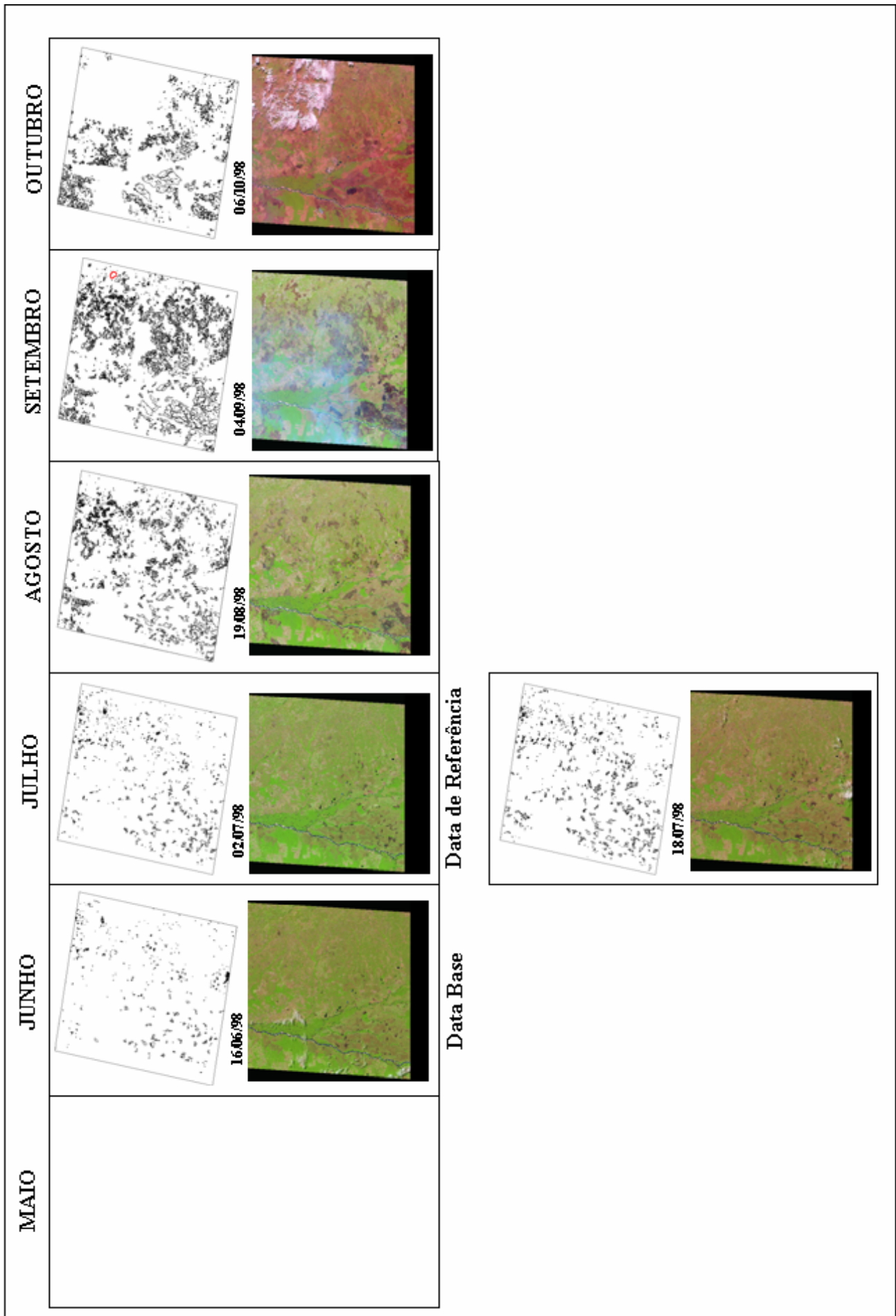
SETOR CHAPADA DOS VEADEIROS (2000)



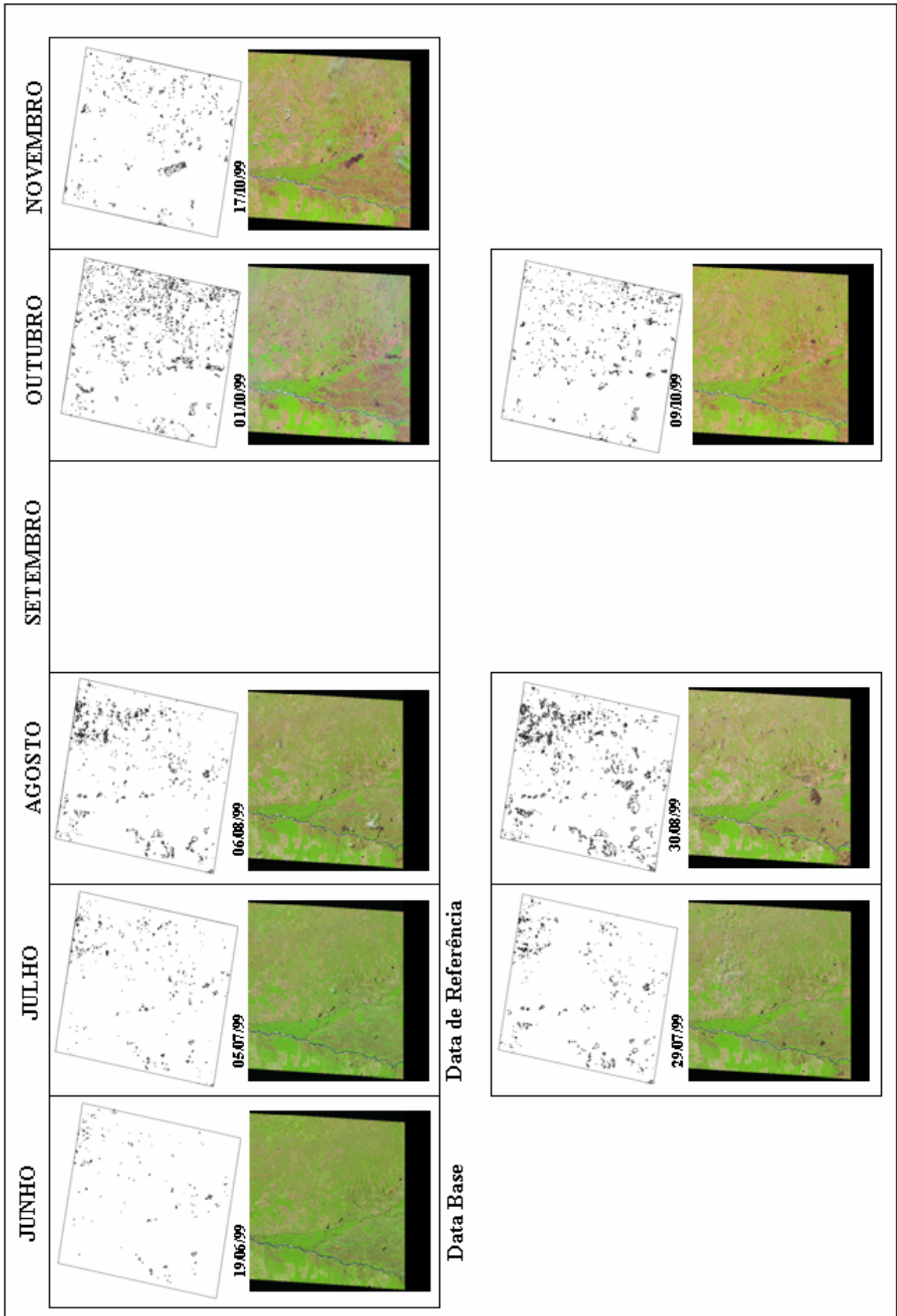
SETOR ARAGUAIA (1996)



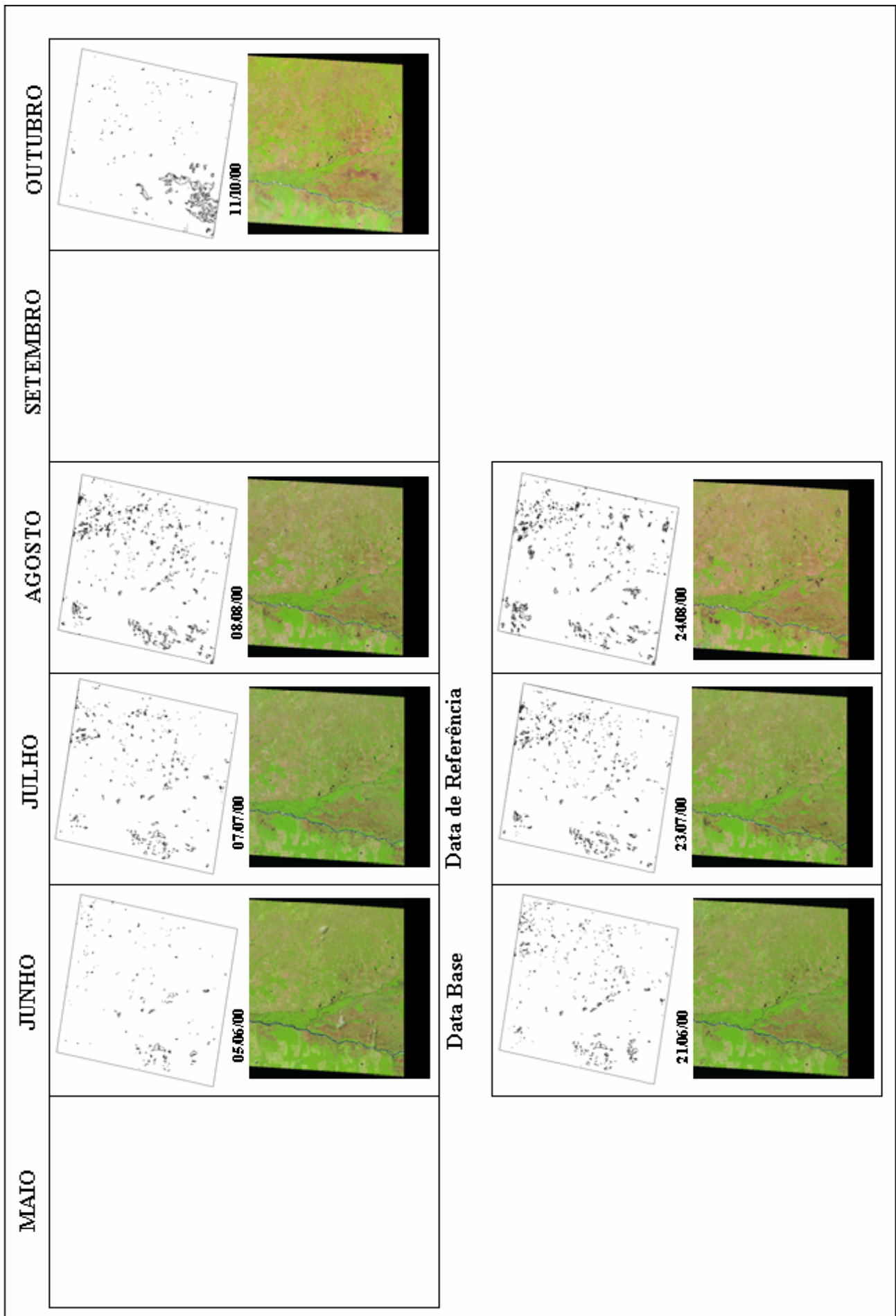
SETOR ARAGUAIA (1997)



SETOR ARAGUAIA (1998)



SETOR ARAGUAIA (1999)



SETOR ARAGUAIA (2000)

APÊNDICE C

PROGRAMAS LEGAL

```
//Programa para quantificar a área total queimada, para cada ano do período investigado
```

```
//Declaração
```

```
{ Tematico jun ("JUNHO_TEMATICO"), jul ("JULHO_TEMATICO"), ago1, ago2  
("AGOSTO_TEMATICO"), set ("SETEMBRO_TEMATICO"), out ("OUTUBRO_TEMATICO"), agr  
("AGREGADOS");
```

```
//Instanciação
```

```
jun= Recupere (Nome = "23jun");  
jul= Recupere (Nome = "9jul");  
ago1= Recupere (Nome = "10ago");  
ago2= Recupere (Nome = "26ago");  
set= Recupere (Nome = "11set");  
out= Recupere (Nome = "13out");
```

```
//Atribuições
```

```
agr = Novo (Nome = "agregado", ResX = 25, ResY = 25, Escala = 250000);  
agr = jun == "Queimadas" || jul == "Queimadas" || ago1 == "Queimadas" || ago2 == "Queimadas" || set ==  
"Queimadas" || out == "Queimadas" ?  
    Classe ("Queimadas") :agr ; }
```


//Programa para estimar o tempo de permanência das cicatrizes do fogo, para cada ano do período investigado

//Declaração

```
{ Tematico quei1 ("PERMANENCIA"), quei2 ("AGOSTO_TEMATICO"), quei3  
("AGOSTO_TEMATICO"), quei4 ("SETEMBRO_TEMATICO"), quei5 ("SETEMBRO_TEMATICO"),  
quei6 ("OUTUBRO_TEMATICO"), quei0, quei00 ("AGREGADOS_PERM"), quei7 ("NUVEM");
```

//Instanciação

```
quei1 = Recupere (Nome = "Julho_referencia");  
quei2 = Recupere (Nome = "08ago");  
quei3 = Recupere (Nome = "16ago");  
quei4 = Recupere (Nome = "01set");  
quei5 = Recupere (Nome = "09set");  
quei6 = Recupere (Nome = "03out");  
quei7 = Recupere (Nome = nuvem");  
quei0 = Novo (Nome = "permanencia_2000", ResX = 25, ResY = 25, Escala=250000);  
quei00 = Novo (Nome = "resto", ResX = 25, ResY = 25, Escala=250000);  
quei0 = Atribua (CategoriaFim = " PERMANENCIA ")
```

//Atribuições

```
{  
  "QQQQQQ" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&  
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada"  
  && quei5.Classe == "queimada" && quei6.Classe == "queimada"),  
  "QQQQQB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&  
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada" && quei5.Classe == "queimada"  
&& quei6.Classe == "background"),  
  "QQQQBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&  
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada" && quei5.Classe == "background"  
&& quei6.Classe == "background"),  
  "QQQBBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&  
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "background"  
  && quei5.Classe == "background" && quei6.Classe == "background"),  
  "QQBBBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&  
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"  
  && quei5.Classe == "background" && quei6.Classe == "background"),  
  "QBBBBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "background" &&  
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"  
  && quei5.Classe == "background" && quei6.Classe == "background")  
};  
quei00 = (quei7.Classe == "nuvem" ? Classe ("nuvem") : quei0); }
```

```
//Programa para quantificar a área das recorrências de queimadas durante os anos de
1996 a 2000
```

//Declaração

```
{Tematico quei1 ("RECORRENCIA"), quei2 ("RECORRENCIA "), quei3 ("RECORRENCIA "), quei4 ("RECORRENCIA "),
quei5 ("RECORRENCIA ");
```

//Instanciação

```
Tematico queiO ("AGREGADOS");
quei1 = Recuperere (Nome = "1996");
quei2 = Recuperere (Nome = "1997");
quei3 = Recuperere (Nome = "1998");
quei4 = Recuperere (Nome = "1999");
quei5 = Recuperere (Nome = "2000");
queiO = Novo (Nome = "recorrência_1996-2000", ResX=25, ResY=25, Escala=250000);
queiO = Atribua (CategoriaFim = "RECORRENCIA")
```

//Atribuições

```
{
"QQQQQ" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"QQQQB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "background"),
"QQQBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "background"),
"QQBBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "background"),
"QBBBB" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "background"),
"BBBBB" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "background"),
"BBBBQ" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"BBBQQ" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"BBQQQ" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"BQQQQ" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"QBQQQ" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"QBBQQ" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "queimada"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"QBBBQ" : (quei1.Classe == "queimada" && quei2.Classe == "background" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "queimada"),
"QB BBB" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "background" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "background"),
"QBQQB" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "background"
&& quei5.Classe == "background"),
"BQQQB" : (quei1.Classe == "background" && quei2.Classe == "queimada" &&
quei3.Classe == "queimada" && quei4.Classe == "queimada")
```


APÊNDICE D

IMAGENS AGREGADO (1996 – 2000) PARA OS SETORES CHAPADA DOS VEADÉIROS E ARAGUAIA

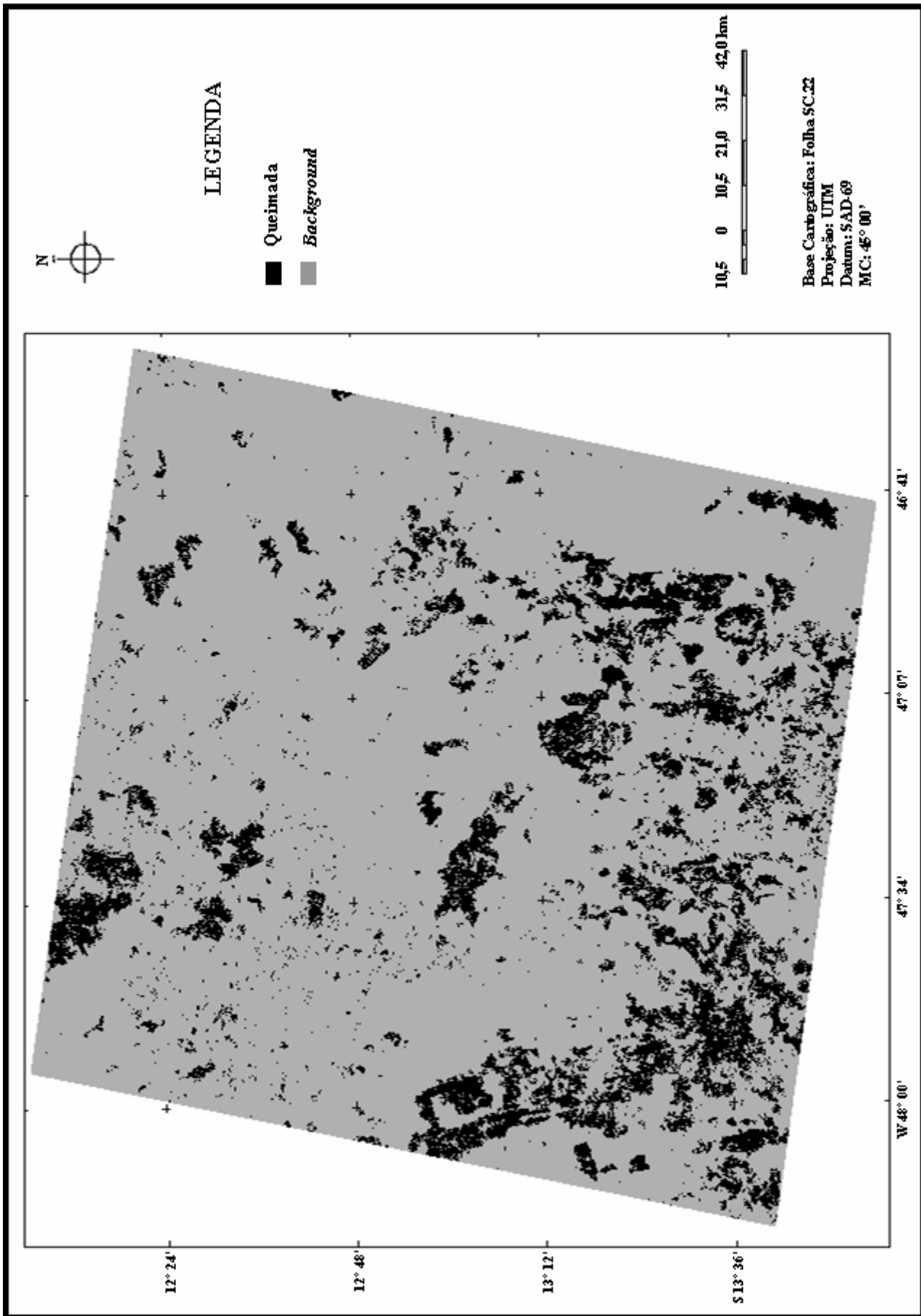


FIGURA D1 - Imagem agregado 1996, setor Chapada dos Veadeiros.

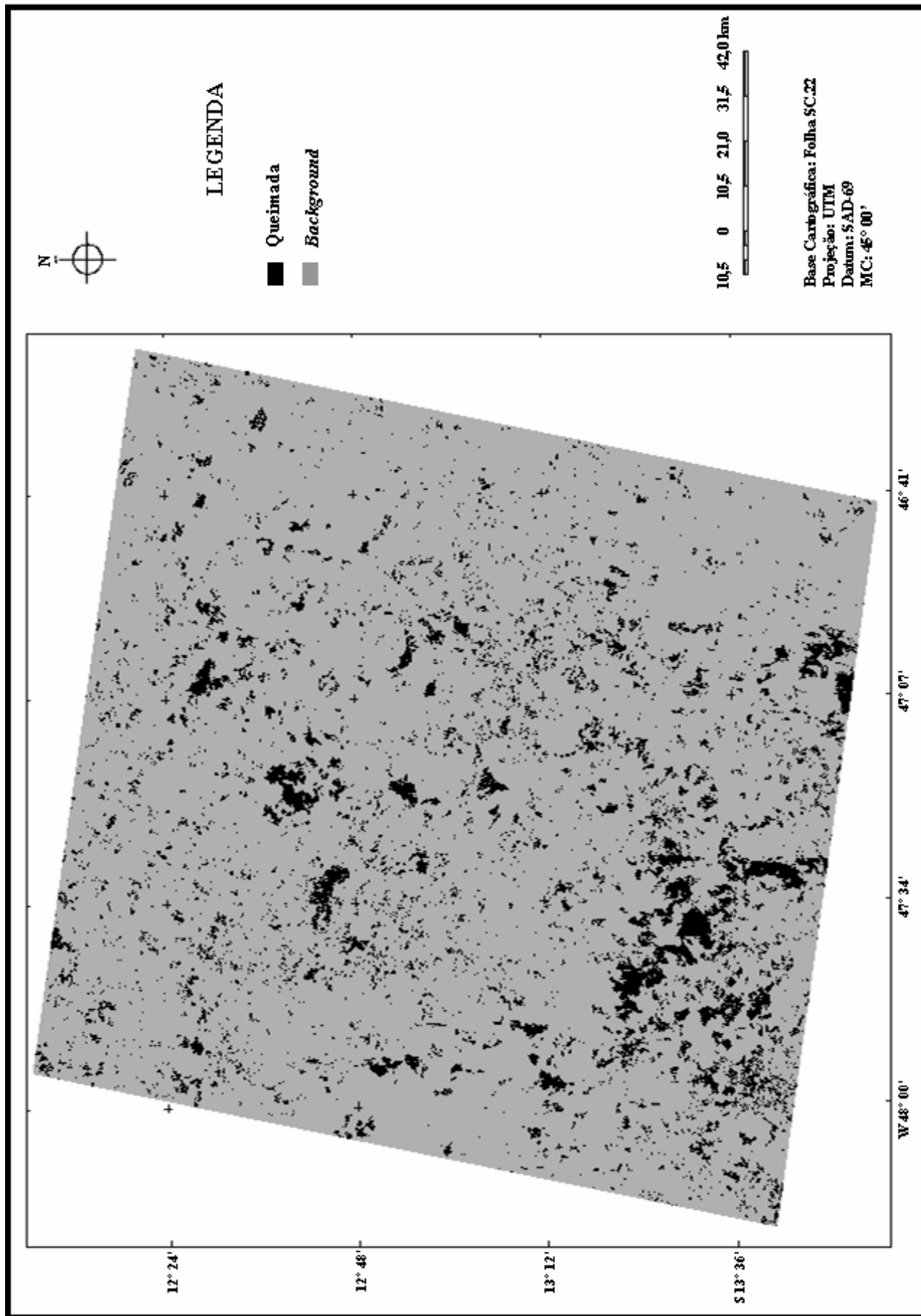


FIGURA D2 - Imagem agregado 1997, setor Chapada dos Veadeiros.

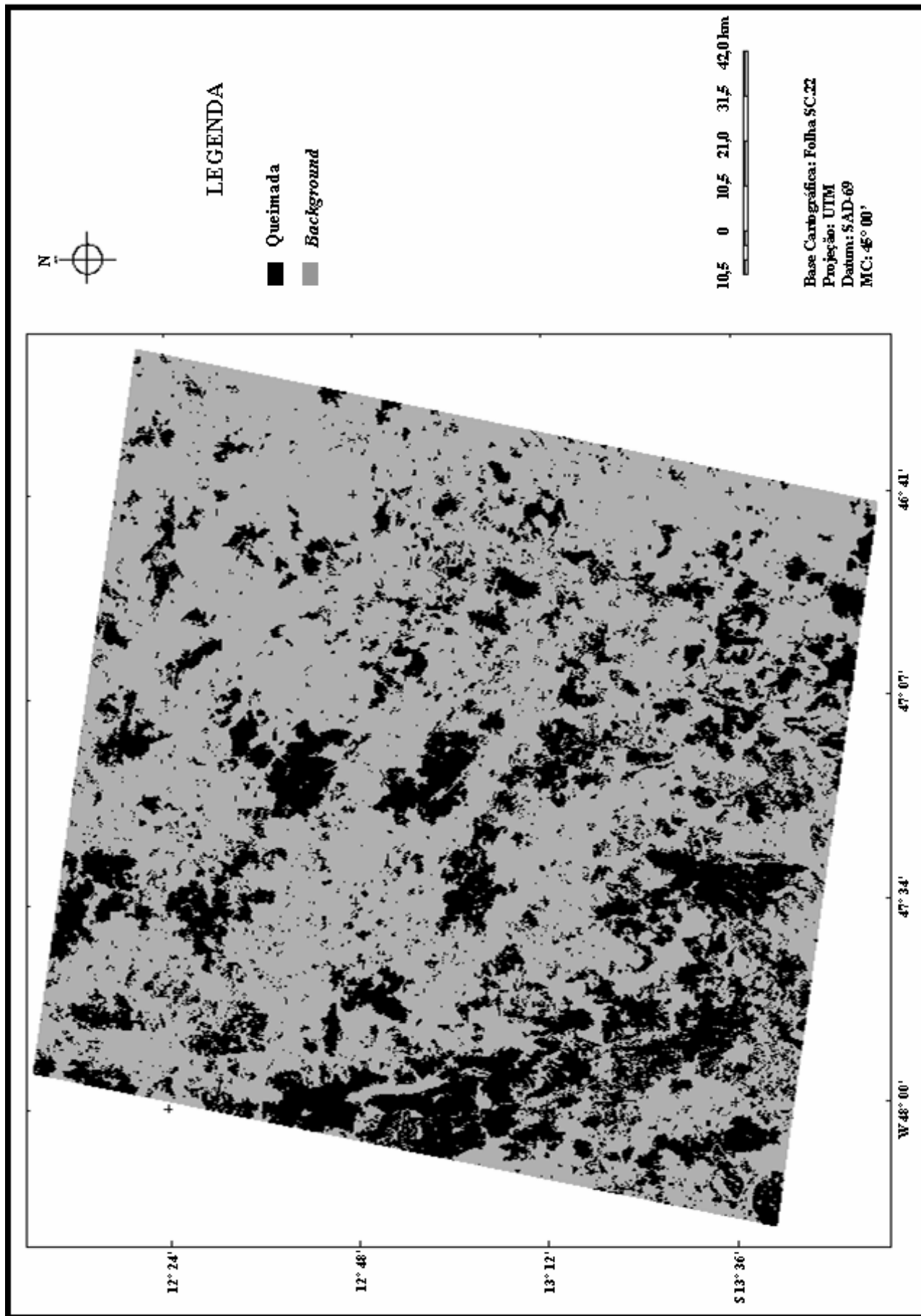


FIGURA D3 - Imagem agregado 1998, setor Chapada dos Veadeiros.

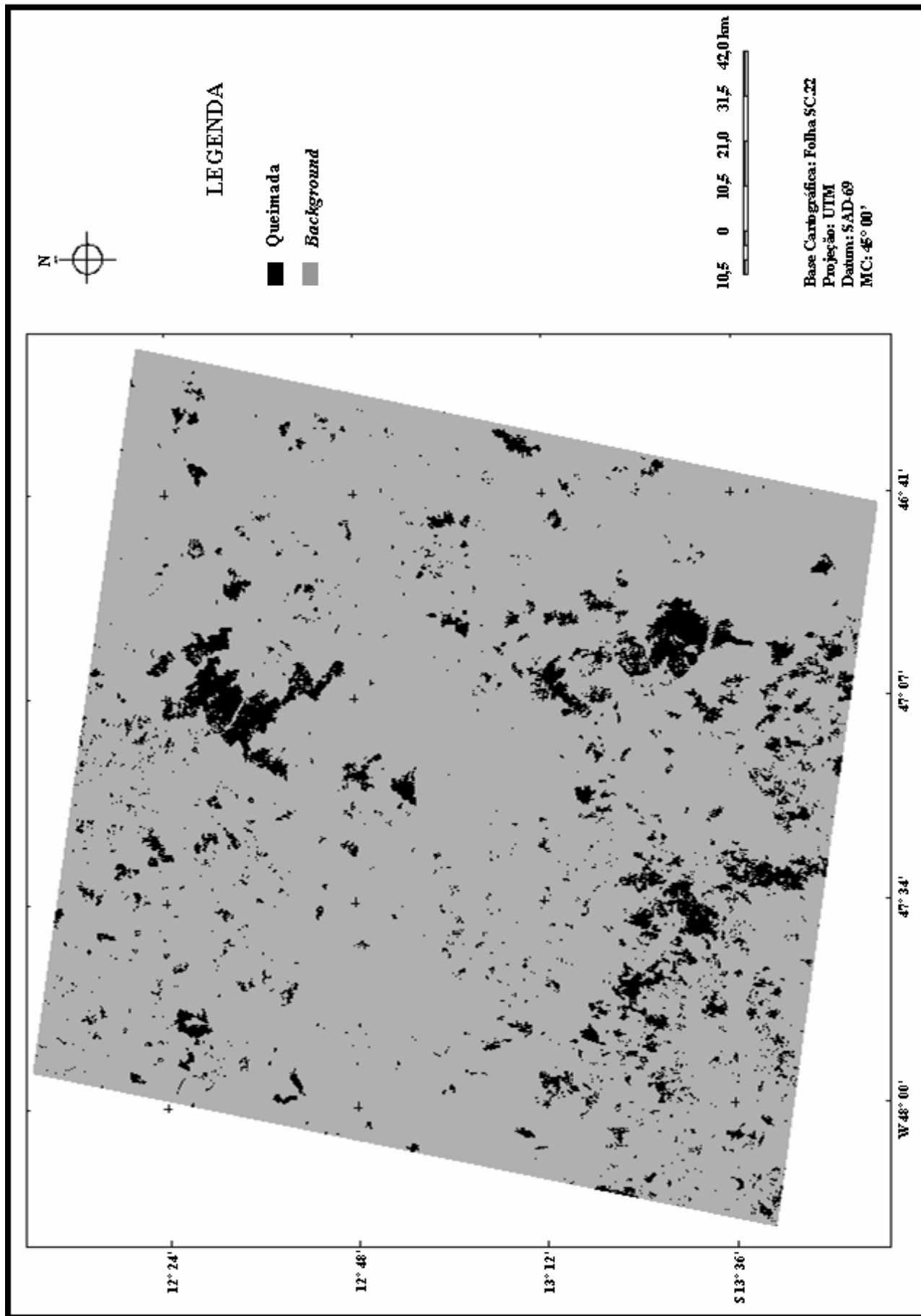


FIGURA D4 - Imagem agregado 1999, setor Chapada dos Veadeiros.

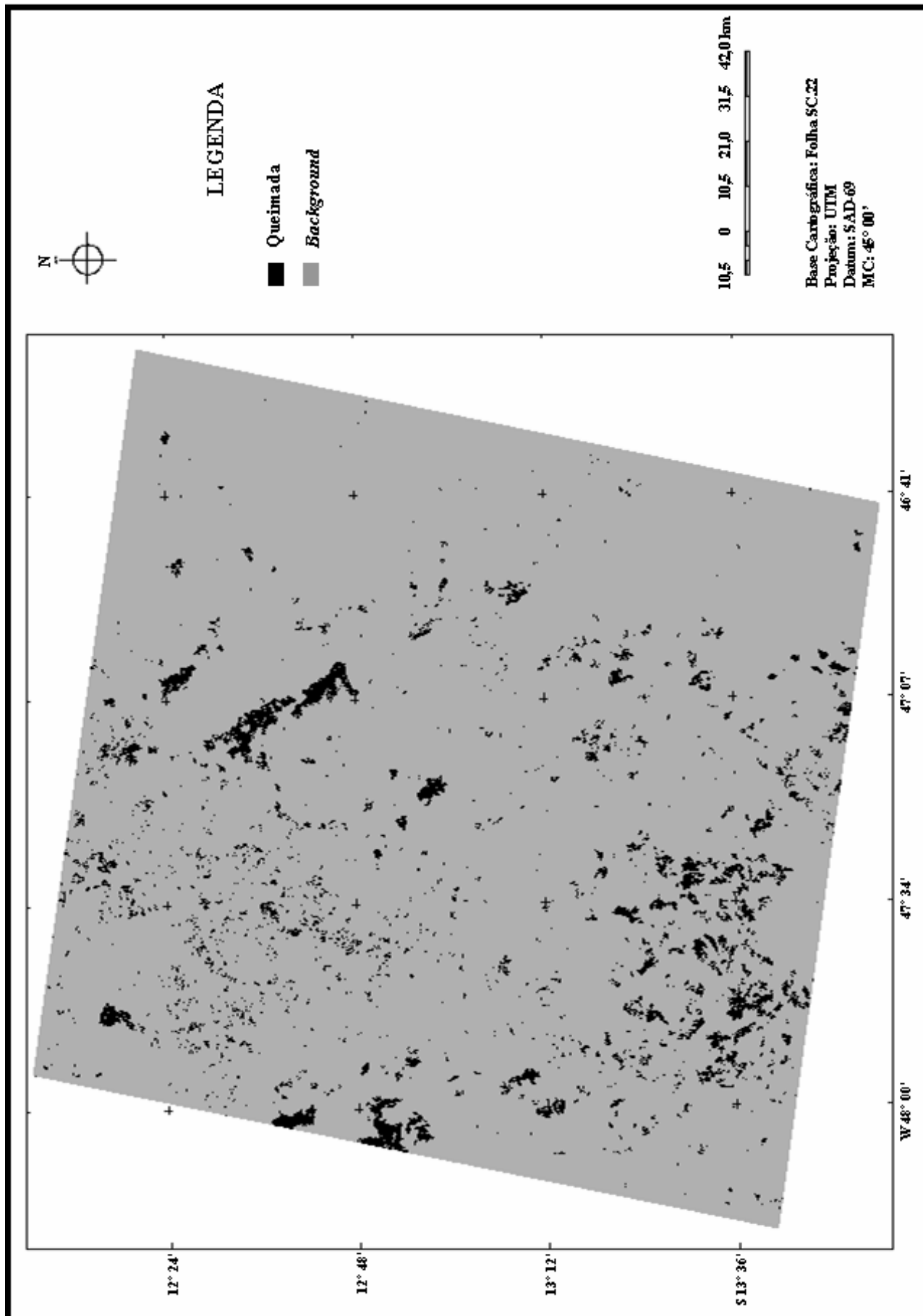


FIGURA D5 - Imagem agregado 2000, setor Chapada dos Veadeiros.

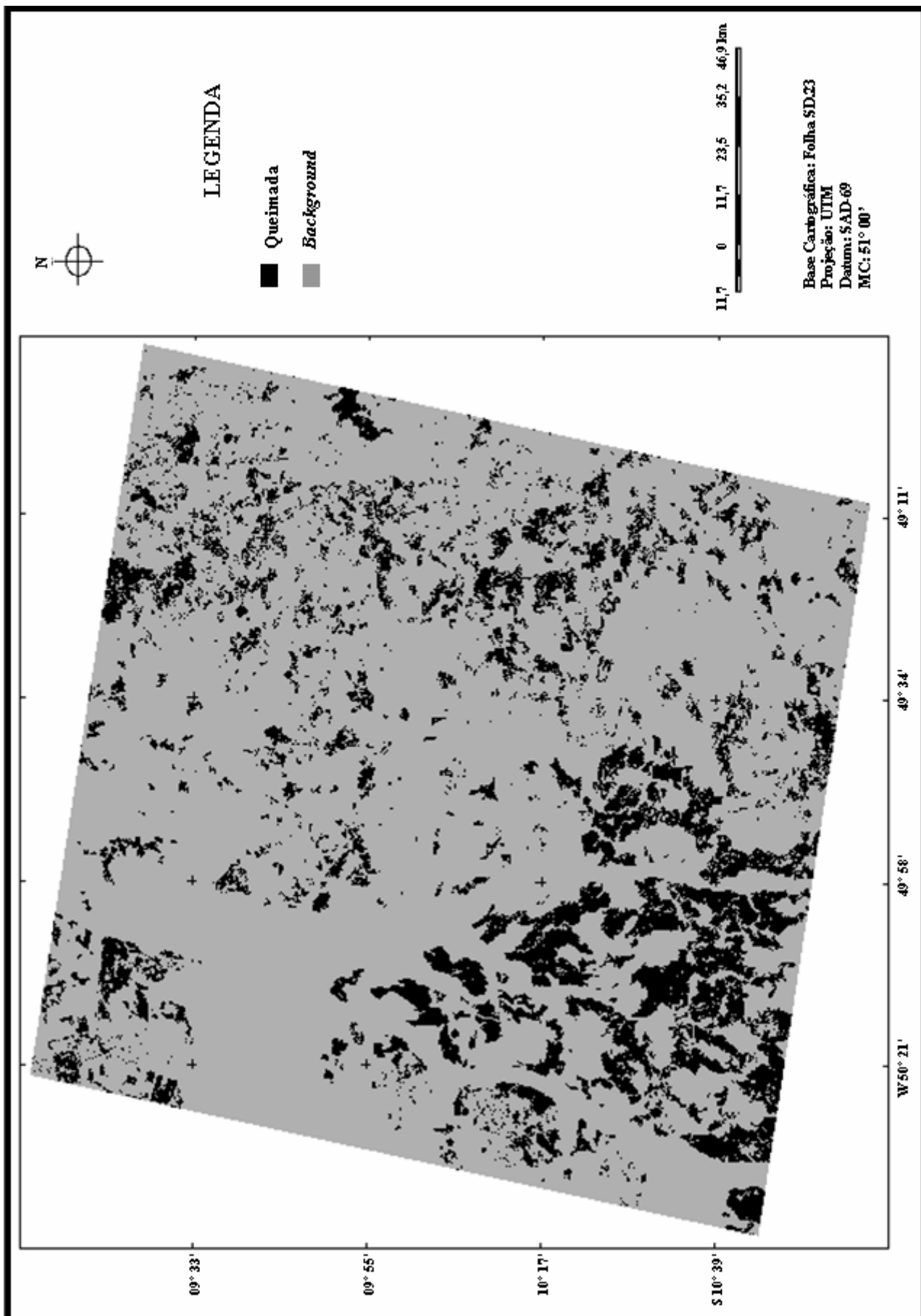


FIGURA D6 - Imagem agregado 1996, setor Araguaia.

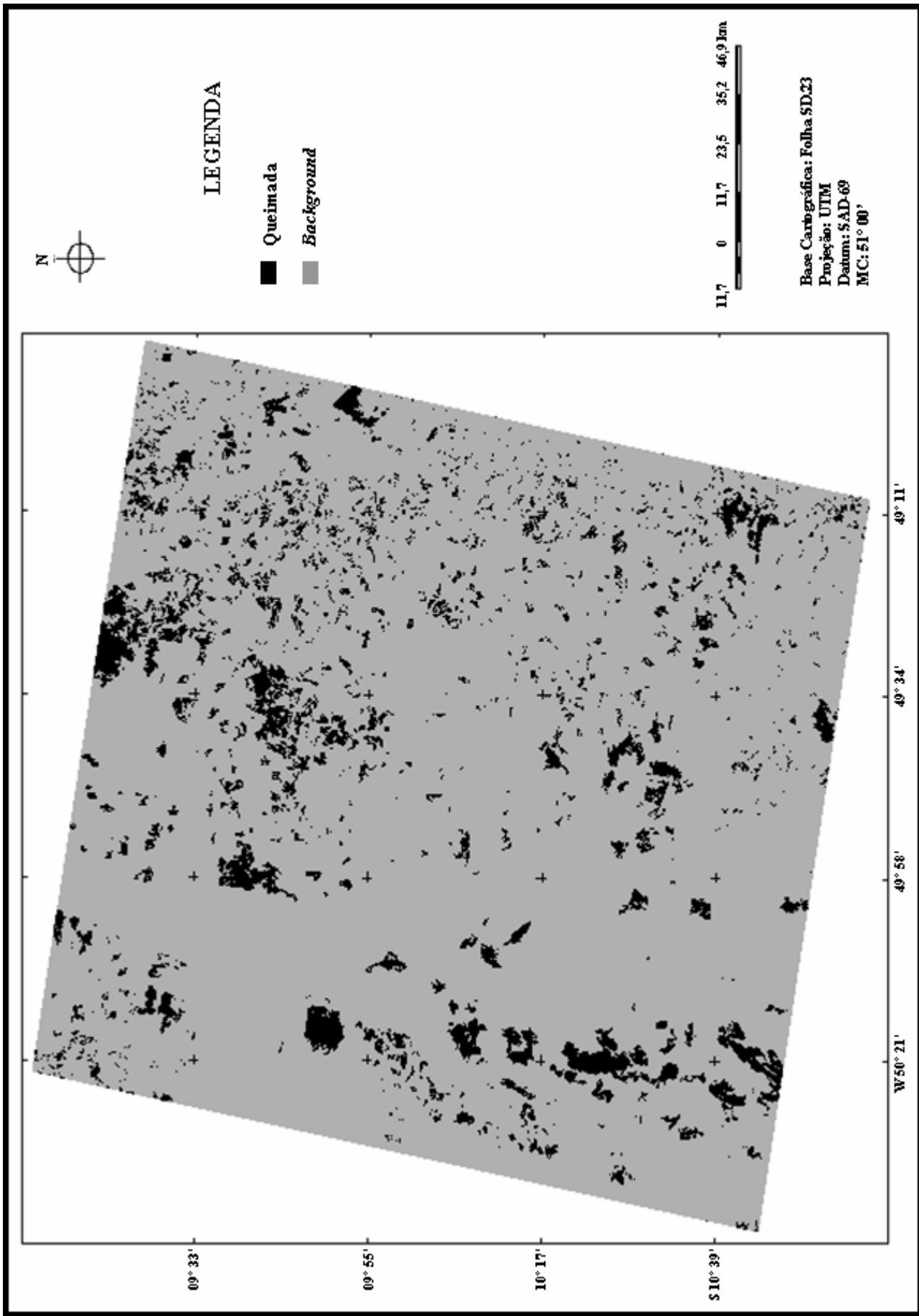


FIGURA D7 - Imagem agregado 1997, setor Araguaia.

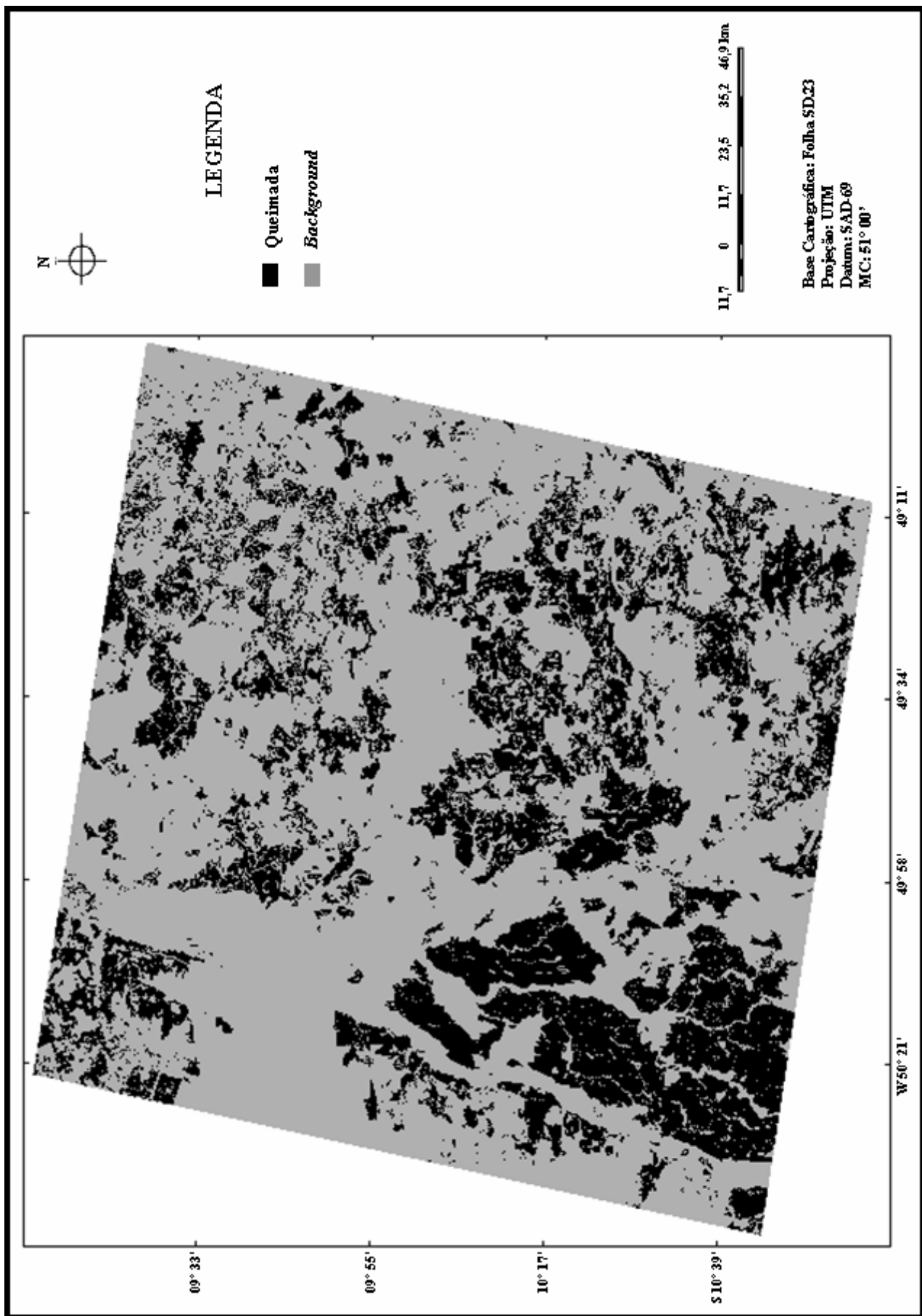


FIGURA D8 - Imagem agregado 1998, setor Araguaia.

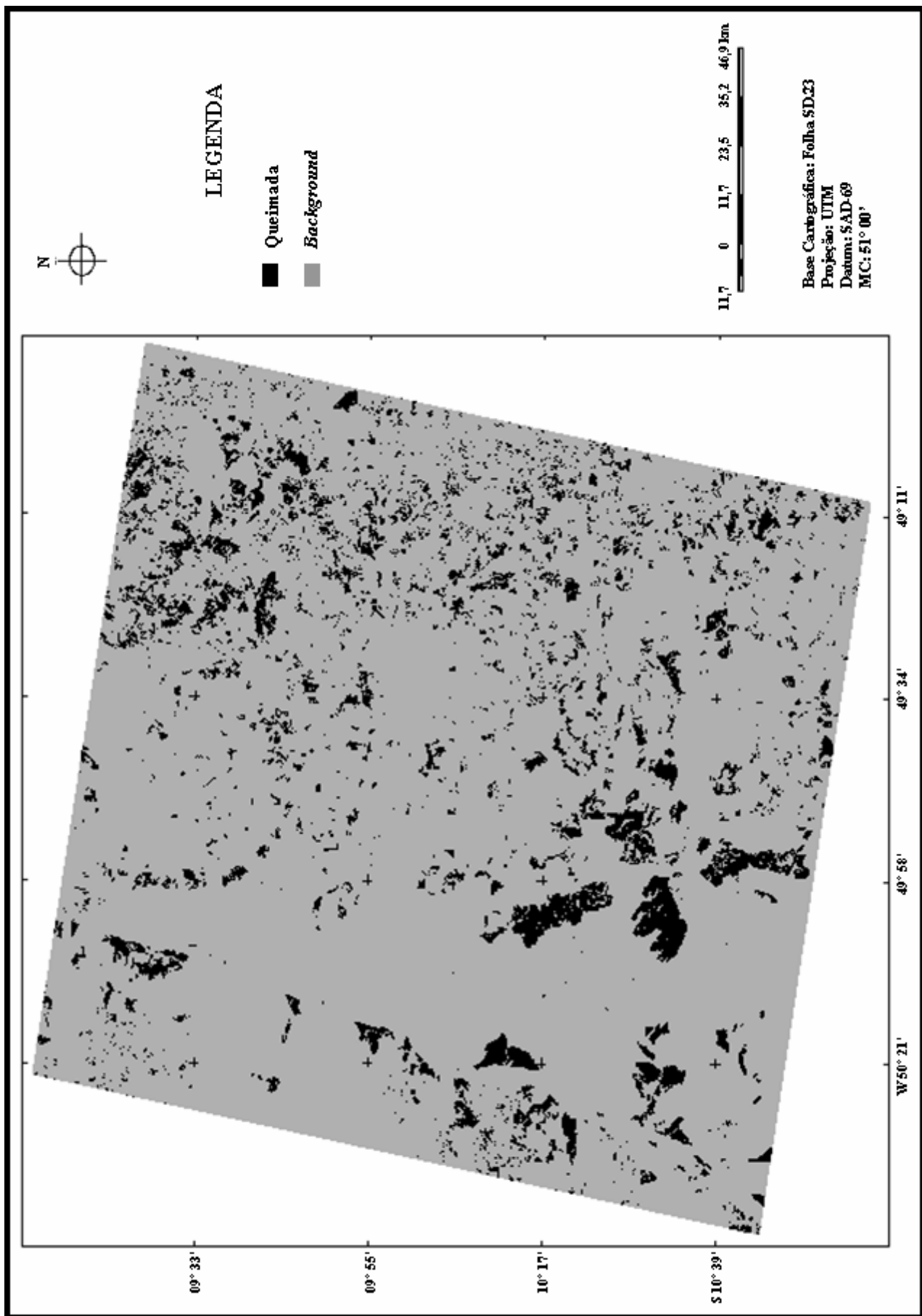


FIGURA D9 - Imagem agregado 1999, setor Araguaia.

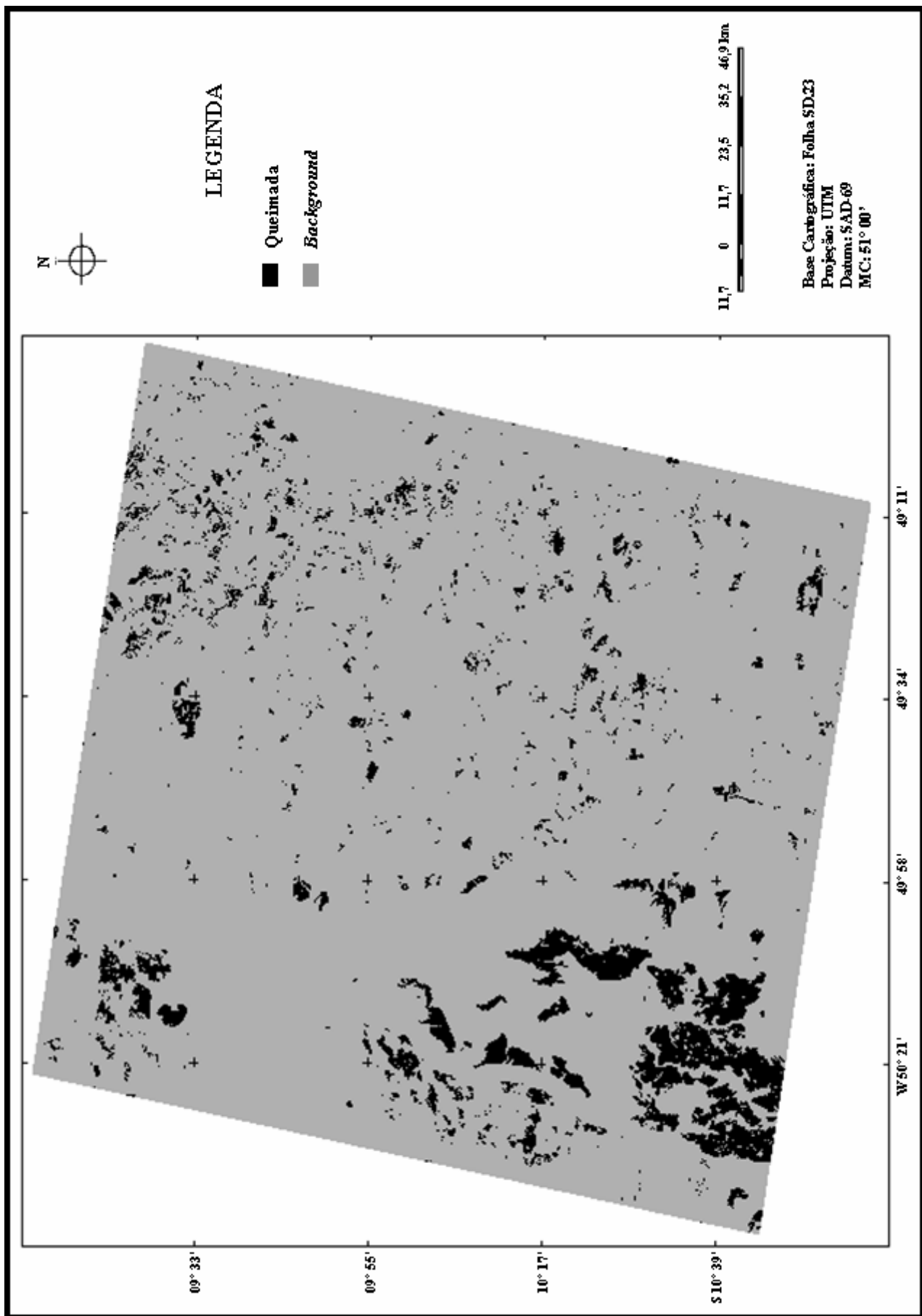


FIGURA D10 - Imagem agregado 2000, setor Araguaia.

APÊNDICE E

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS DE RECORRÊNCIA INTERANUAL DE QUEIMADAS (1996-2000)

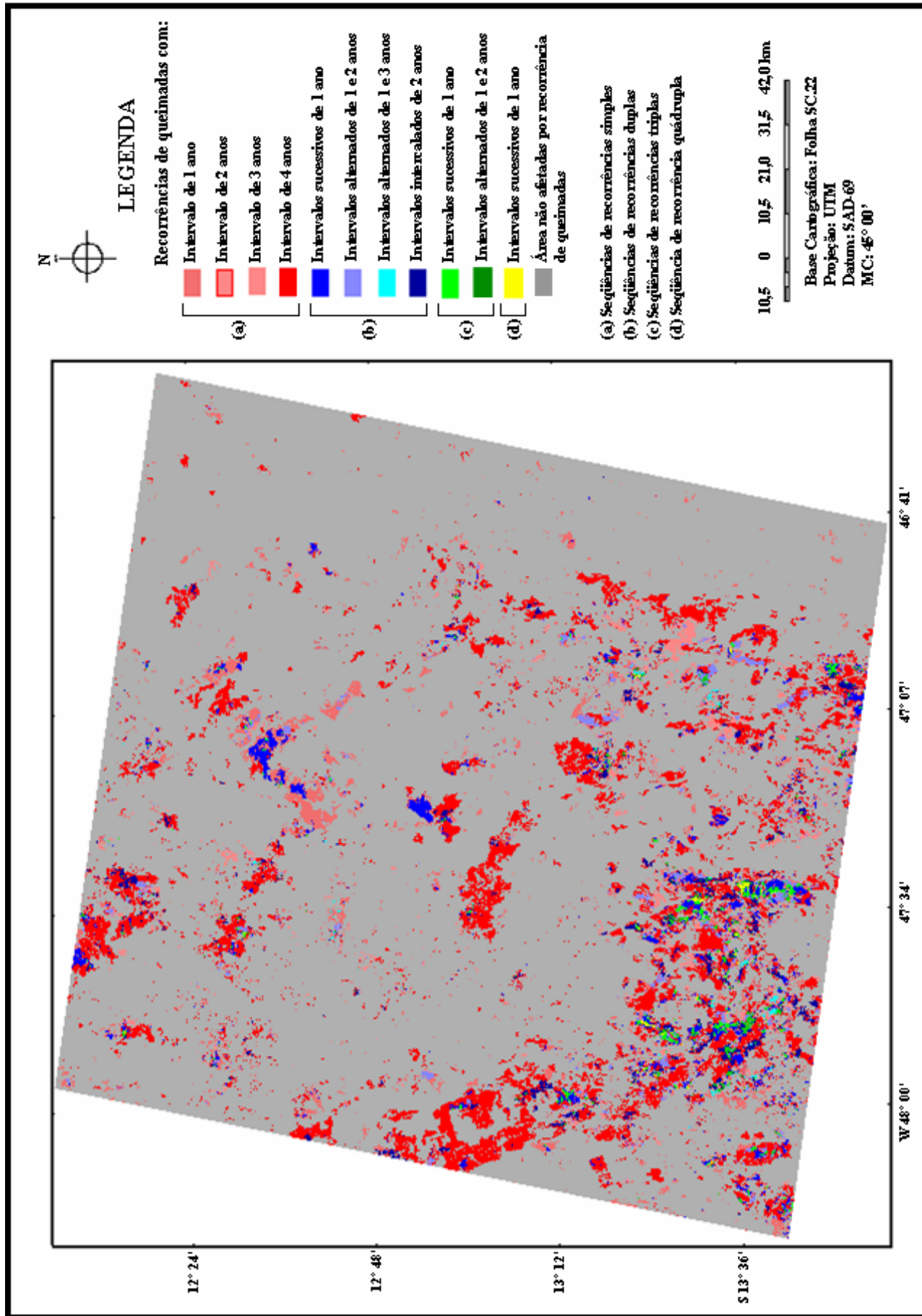


FIGURA E1 – Distribuição espacial das recorrências de queimadas durante o período de 1996 a 2000, setor Chapada dos Veadeiros.

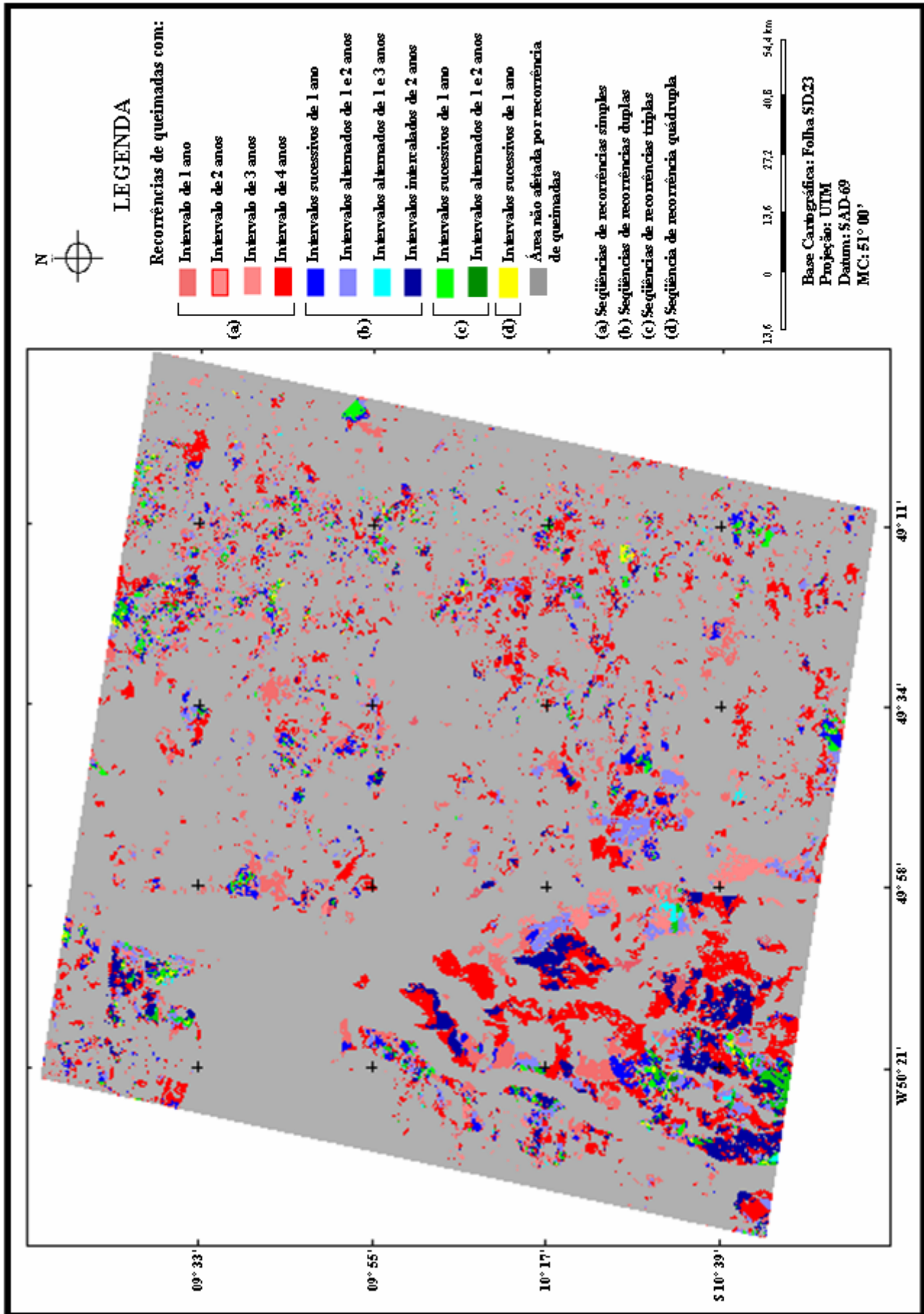


FIGURA E2 - Distribuição espacial das recorrências de queimadas durante o período de 1996 a 2000, setor Araguaia.

APÊNDICE F

PRECIPITAÇÃO DIÁRIA

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1996						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	GO	13 01' 48"	46 46' 30"	600 m	1346004	Campos Belos
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	15,6
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	15,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	93,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	10,7
30	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	28,6	0,0
31	0,0		0,0	1,7		0,0	
Total m	48,4	0,0	0,0	4,5	1,0	161,4	220,3

Intervalo de dias sem chuva =133

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1996						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	GO	13 25' 30"	47 08' 12"	-	1347001	Ponte Paraná
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	16,8
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	16,6
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	1,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	3,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	16,8
19	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,0
20	4,2	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0	18,8
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4
23	38,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
24	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,8
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	45,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	19,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0		0,0	0,0		15,8	
Total m	59,4	0,0	0,0	0,0	22,0	110,8	284,8

Intervalo de dias sem chuva =117

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1996						
Orgao	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	TO	12 25' 12"	47 11' 30"	400 m	1247002	Rio da Palma
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,2
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	4,6
4	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	7,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
14	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	8,0	35,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,6	5,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,4
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	55,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	7,8
19	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	14,1
20	4,5	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,1
24	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	6,3
25	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	22,6
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	55,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
31	0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	7,1	0,0	0,0	0,1	10,1	185,6	289,5

Intervalo de dias sem chuva =116

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1997						
Orgao	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	GO	13 01' 48"	46 46' 30"		1346004	Campos Belos
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	9,2
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,4
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	7,4
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	22,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	9,7
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	3,6	14,5	0,0	0,0	13,8	90,8	107,6

Intervalo de dias sem chuva =101

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1997						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	GO	13 25' 30"	47 08' 12"	-	1347001	Ponte Paraná
PP (mm)						

Dia/Mês	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0
2	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0
3	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
4	0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	6,0
5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	1,0
6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	15,0
7	0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	18,0
8	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,0
9	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		26,0
10	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
11	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0
12	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
13	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
14	0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
15	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0
18	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
22	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0
23	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
24	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0
25	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0
29	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0
30	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
31		0,0		0,0	0,0		58,0	
Total mês		0,0	0,0	0,0	4,0	15,0	89,0	259,0

Intervalo de dias sem chuva =137

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1997						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	TO	12 25' 12"	47 11' 30"	400 m	1247002	Rio da Palma
PP (mm)						

Dia/Mês	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,5	0,0
5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,4	0,0	0,0
12	0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7
14	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,8
16	22	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
17	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0
19	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	0,3
20	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0
21	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0
22	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
23	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,8	0,0
25	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6
26	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4
28	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
30	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	25,1
31		0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	82,7	4,2	0,9	0,0	0,0	56,1	108,4	134,4

Intervalo de dias sem chuva =117

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1998						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	GO	13 01' 48"	46 46' 30"	600 m	1346004	Campos Belos
PP (mm)						

Dia/Mês	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0
2	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
3	14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0
4	12	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	6,0
5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
7	3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	4,0
8	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
10	14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0
11	13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0
12	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
13	7	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
14	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
15	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
16	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
17	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0
18	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0
22	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0
23	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
24	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0
25	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
26	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	48,0
28	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0
29	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	17,0
30	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	2,0
31		0,0		0,0	0,0		3,0	
Total mês		0,0	0,0	0,0	1,0	15,0	70,0	346,0

Intervalo de dias sem chuva =136

Setor Chapada dos Veadeiros						
Ano 1998						
Órgao	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	TO	12 25' 12"	47 11' 30"	400 m	1247002	Rio da Palma
PP (mm)						

Dia/Mês	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
2	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	1,0	0,0
5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
7	0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	13,0
8	31	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	2,0	0,0
9	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0
10	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
11	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0
12	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0
14	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0
15	21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0
16	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
18	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
19	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
22	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,0
24	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
26	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0
29	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
30	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
31		0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	109,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,0	15,0	203,0

Intervalo de dias sem chuva = 131

Setor Araguaia						
Ano 1996						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	TO	09 37' 12"	49 09' 12"	200m	949000	Abreulândia
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	31,1
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2
6	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	6,9	11,6
12	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	0,0	29,6
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	16,4
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	18,8
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1
26	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	4,5
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,9	36,8
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,8
30	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0
31	0,0		0,0	0,0		3,5	
Total m	14,3	0,0	0,0	34,4	11,7	150,2	298,8

Intervalo de dias sem chuva =80

Setor Araguaia						
Ano 1996						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	PA	09 36' 00"	50 08' 00"	-	950001	Barreira de Campo
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
2	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	6,2
4	6,6	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	6,8
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0
8	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	7,4
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	6,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
21	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
27	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	1,9
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	6,7
29	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0
31	0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	32,2	0,0	0,0	5,4	25,8	44,7	70,5

Intervalo de dias sem chuva =123

Setor Araguaia						
Ano 1997						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	TO	09 37' 12"	49 09' 12"	200m	949000	Abreulândia
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0
3	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	8,5	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	24,4
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	16,9	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	10,3	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	10,6	15,8
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	14,4	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,3	5,8
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	2,3
31	0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	19,4	9,4	0,0	0,0	57,8	134,8	98,9

Intervalo de dias sem chuva =138


Setor Araguaia						
Ano 1997						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	PA	09 36' 00"	50 08' 00"	-	950001	Barreira de Campo
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	3,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	6,2
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,3
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
31	0,0		0,0	0,0		0,0	
Total m	6,4	0,0	0,0	0,1	31,5	56,0	41,6

Intervalo de dias sem chuva =126

Setor Araguaia						
Ano 1998						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	TO	09 37' 12"	49 09' 12"	200m	949000	Abreulândia
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	12,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	140,0	0,0	0,0
9	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0
11	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
12	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	55,0	13,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	0,0	4,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	11,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	15,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	7,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	7,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	9,0
31	0,0		0,0	0,0		88,0	0,0
Total m	27,0	0,0	4,0	59,0	266,0	282,0	124,0

 Intervalo de dias sem chuva =92

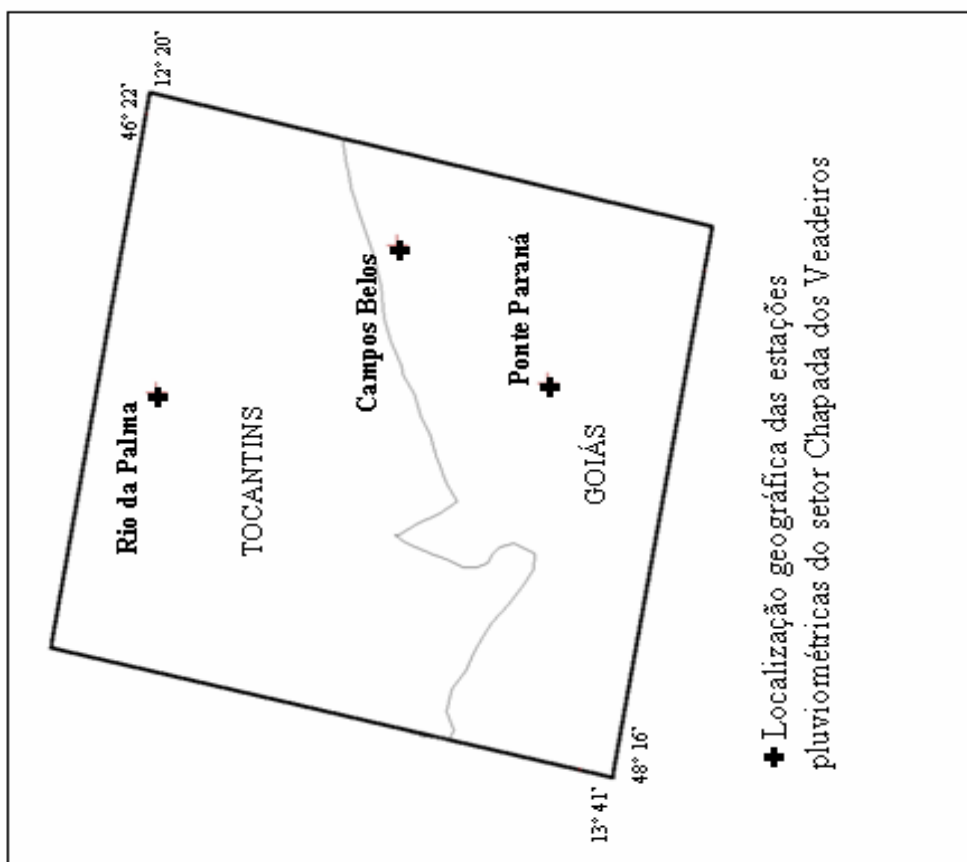
Setor Araguaia						
Ano 1998						
Órgão	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação
DNAEE	PA	09 36' 00"	50 08' 00"	-	950001	Barreira de Campo
PP (mm)						

Dia/Mês	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	8,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	2,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	9,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0
8	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	270,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	8,0
13	1,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	2,0	36,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0
24	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	9,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	2,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	20,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	8,0
31	0,0		0,0	0,0		5,0	
Total m	52,0	4,0	0,0	4,0	70,0	333,0	275,0

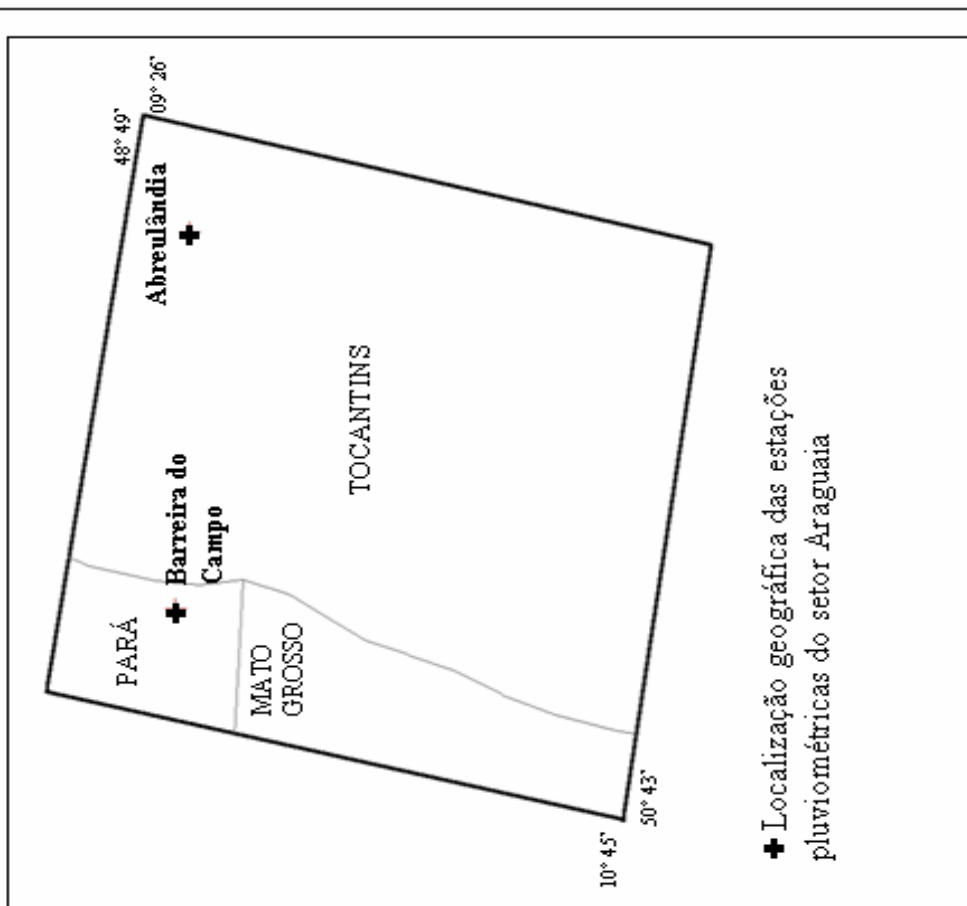
Intervalo de dias sem chuva =132

APÊNDICE G

LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS



+ Localização geográfica das estações pluviométricas do setor Chapada dos Veadeiros



+ Localização geográfica das estações pluviométricas do setor Araguaia