



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO
DAS TERRAS NA BACIA DO RIO SÃO
BARTOLOMEU, DF.**

CRISTHIAN SPINDOLA FERREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRASÍLIA/DF

AGOSTO/2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS
NA BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU, DF.**

CRISTHIAN SPINDOLA FERREIRA

ORIENTADORA: MARILUSA PINTO COELHO LACERDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PUBLICAÇÃO: 233/2006

**BRASÍLIA/DF
AGOSTO/2006**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA BACIA
DO RIO SÃO BARTOLOMEU, DF.**

CRISTHIAN SPINDOLA FERREIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NA ÁREA
DE CONCENTRAÇÃO DE GESTÃO DE SOLO E ÁGUA.**

APROVADA POR:

**MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Doutora, Professora Adjunta
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de
Brasília)
(ORIENTADORA) CPF: 434.760.586-20 E-mail: marilusa@unb.br**

**WENCESLAU J. GOEDERT, Ph.D Professor Adjunto (Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 005.799.550-87 E-mail: goedert@unb.br**

**PAULO ROBERTO MENESES, Doutor, Professor Adjunto (Instituto de
Geociências – Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 740.483.338-87 E-mail:
pmeneses@unb.br**

BRASÍLIA/DF, 3 de AGOSTO de 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Ferreira, Cristhian Spindola

Avaliação Temporal do Uso e Ocupação das Terras na Bacia do Rio São Bartolomeu, DF. / Cristhian Spindola Ferreira; orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda. – Brasília, 2005.

120 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006.

1. Uso e ocupação das terras. 2. Avaliação multitemporal. 3. Sensoriamento Remoto. 4. Geoprocessamento. I. Ferreira, C.S. II. Doutora.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERREIRA, C. S. **Avaliação Temporal do Uso e Ocupação das Terras na Bacia do Rio São Bartolomeu, DF.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006, 115 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cristhian Spindola Ferreira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Avaliação Temporal do Uso e Ocupação na Bacia do Rio São Bartolomeu, DF.

GRAU: Mestre ANO: 2006

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Cristhian Spindola Ferreira

64623300153

Q. S. D. 45 lote 07 apartamento 104

72020-450 – Brasília/DF - Brasil

(61) 3352-4459 cristhiansf@uol.com.br.

AGRADECIMENTOS

A professora Marilusa Pinto Coelho Lacerda pela orientação, amizade, carinho e incentivo durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu marido César pelo amor e compreensão durante esta jornada.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio e carinho.

Ao meu avô pela ajuda na saída de campo.

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento da FAV: Fábio, Bruno, Anete, Raíssa e Patrícia pela ajuda na confecção deste trabalho.

Aos queridos colegas de mestrado: Inara, Marina, Dessiré, Thaís, Leonice, Fernanda e Ivan pelo companherismo e conhecimentos trocados durante as aulas e trabalhos.

Aos amigos Verônica, Miguel, Elisa, Anselmo, Alexandre, Noely e Nilson pelo incentivo e discussões acadêmicas.

Ao professor Osmar Abílio de Carvalho Júnior e seu aluno Daniel Loebmann.

A CGZAM/IBAMA por ter cedido as imagens de satélite utilizadas neste trabalho.

A minha prima Renata pelo apoio na elaboração do abstract da dissertação.

ÍNDICE

Capítulos/Sub-capítulos	Página
I - INTRODUÇÃO GERAL	1
1- Solos	3
2- Uso e Ocupação das Terras	4
3- Aptidão Agrícola das Terras	9
4- Bacias Hidrográficas	13
5- Sensoriamento Remoto	14
5.1- Comportamento Espectral dos Alvos	16
5.1.1- Comportamento Espectral dos minerais e rochas	16
5.1.2- Comportamento Espectral dos Solos	17
5.1.3- Comportamento Espectral da Vegetação	18
5.1.4- Comportamento Espectral da Água	18
5.2- Imagens de Sensoriamento Remoto	19
5.3- Imagens do Satélite Landsat	19
5.4- Pré-Processamento	21
5.5- Processamento Digital de Imagens	21
5.6- Conversão dos números digitais da imagem para reflectância (Imagem Reflectância)	22
5.7- Correção Geométrica	22
5.8- Classificação de Imagens	23
6- Avaliação da Exatidão da Classificação	24
7- <i>Software</i> ENVI	26
8- Geoprocessamento	26
8.1- Sistema de Informações Geográficas (SIG)	28
8.2- <i>Software</i> ArcGis	29
8.3- Aplicação do (SIG) e do Sensoriamento Remoto no Levantamento do Uso e Ocupação das Terras no DF	30

II - OBJETIVOS	
1- Objetivo Geral	31
2- Objetivos Específicos	31
III - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

Capítulos/Sub-capítulos	Página
 CAPÍTULO ÚNICO	
I – INTRODUÇÃO	42
 II - MATERIAL E MÉTODOS	
1- Base de dados	44
2- Caracterização da área de estudo	45
2.1- Localização da área de estudo	45
2.2- Clima	46
2.3- Hidrografia	46
2.4- Geologia	47
2.5- Geomorfologia	52
2.6- Solos	52
2.7- Cobertura Vegetal	57
2.8- Aptidão Agrícola das Terras	58
2.9- Áreas de Destinações Especiais	58
3- Pré processamento das imagens LANDSAT	62
3.1- Conversão dos números digitais da imagem para reflectância (Imagem Reflectância)	62
3.2- Recorte das imagens	64
3.3- Correção geométrica	64
4- Processamento das imagens	64
4.1- Classificação das imagens	64
4.2- Edição e vetorização das imagens e geração de mapas de uso e ocupação das terras	66
5- Teste de exatidão do mapeamento de uso e ocupação das terras	67
6- Evolução temporal do uso e ocupação das terras	69
7- Adequabilidade do uso e ocupação das terras	70

III - RESULTADO E DISCUSSÃO	71
1- Geração de cartas imagens da área de estudo	71
2- Uso e ocupação das terras	75
2.1- Uso e ocupação das terras em 1984	79
2.2- Uso e ocupação das terras em 1992	81
2.3- Uso e ocupação das terras em 2003	84
3- Avaliação da exatidão do mapeamento de uso e ocupação das terras da área de estudo no ano de 2003	96
4- Evolução temporal do uso e ocupação das terras	98
4.1- Uso e ocupação das terras em 1984 e 1992	98
4.2- Uso e ocupação das terras em 1984 e 1992	102
5- Avaliação da adequabilidade do uso e ocupação das terras	107
IV - CONCLUSÕES	111
V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

ÍNDICE DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1. Níveis de classificação e características típicas dos dados de sensoriamento remoto orbital, segundo Anderson et al. (1979).	5
Tabela 2. Sistema de classificação do uso da terra por sensoriamento remoto, segundo Jensen (1983).	6
Tabela 3. Características do sistema de classificação do uso atual da terra, segundo IBGE (1999).	7
Tabela 4. Fatores de limitação das terras, segundo Ramalho Filho e Beek (1995).	10
Tabela 5. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras, segundo Ramalho Filho e Beek (1995).	11
Tabela 6. Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola de acordo com Ramalho Filho e Beek (1995).	12
Tabela 7. Principais regiões ou intervalos espectrais usados em sensoriamento remoto, extraída de Meneses (2001).	15
Tabela 8. Faixas espectrais dos LANDSAT 4, 5 e 7, extraído de Rocha (2000).	20
Tabela 9. Classificação dos valores do coeficiente Kappa, segundo Landis e Koch (1977).	25

CAPITULO ÚNICO

Tabela 1: Quantificação do procedimento de correção geométrica.	71
Tabela 2: Uso e ocupação das terras da área de estudo em 1984.	79
Tabela 3: Uso e ocupação das terras da área de estudo em 1992.	82
Tabela 4: Uso e ocupação das terras da área de estudo em 2003.	86

Tabela 5. Matriz de erro entre a verdade terrestre e o mapeamento de uso e ocupação das terras de 2003, da área de estudo.	96
Tabela 6. Indicadores de exatidão para as classes individuais.	97
Tabela 7. Tabulação cruzada entre as classes de uso e ocupação das terras de 1984 e 1992 da área de estudo.	98
Tabela 8. Tabulação cruzada entre as classes de uso e ocupação das terras de 1992 e 2003 da área de estudo.	104
Tabela 9. Dados de tabulação cruzada entre o uso e ocupação das terras em 2003 e a aptidão agrícola das terras da área de estudo.	109

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Curva espectral dos solos	17
Figura 2. Curva espectral da vegetação	18
Figura 3. Fluxograma conceitual sobre geoprocessamento	27
Figura 4. Componentes de um SIG	28

CAPÍTULO ÚNICO

Figura 1. Localização da área de estudo no Distrito Federal	48
Figura 2. Mapa das classes climáticas da área de estudo	49
Figura 3. Mapa das unidades hidrográficas da área de estudo	50
Figura 4. Mapa de geologia da área de estudo	51
Figura 5. Mapa altimétrico da área de estudo	55
Figura 6. Mapa das classes de solos da área de estudo	56
Figura 7. Mapa de aptidão agrícola da área de estudo	60
Figura 8. Mapa de áreas de destinações especiais da área de estudo	61
Figura 9. Distribuição dos pontos de realidade de campo	68
Figura 10. Carta imagem de 1984 da área de estudo	72
Figura 11. Carta imagem de 1992 da área de estudo	73
Figura 12. Carta imagem de 2003 da área de estudo	74
Figura 13. Classificação digital da imagem de 1984.	76
Figura 14. Classificação digital da imagem de 1992	77
Figura 15. Classificação digital da imagem de 2003	78

Figura 16. Uso e ocupação das terras da área de estudo, em 1984.	80
Figura 17. Uso e ocupação das terras da área de estudo, em 1992.	83
Figura 18. Uso e ocupação das terras da área de estudo, em 2003.	85
Figura 19. Quantificação temporal do uso e ocupação das terras na área de estudo.	95
Figura 20. Mapa representativo da evolução temporal do uso e ocupação das terras de 1984 a 1992 da área de estudo	99
Figura 21. Quantificação das classes de evolução temporal do uso e ocupação das terras (1984 – 1992) da área estudada.	101
Figura 22. Mapa representativo da evolução temporal do uso e ocupação das terras de 1992 a 2003 da área de estudo	103
Figura 23. Quantificação das classes de evolução temporal do uso e ocupação das terras (1992 - 2003) da área estudada.	105
Figura 24. Mapa de adequabilidade do uso o ocupação das terras da área de estudo.	108
Figura 25. Quantificação das classes de adequabilidade do uso e ocupação das terras (2003).	110

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Área de cerrado (fitofisionomia cerradão) nos limites do CPAC/Embrapa (Ferreira, C. S.; 20/02/2006).	87
Foto 2. Área com mata galeria no Córrego Sítio Novo (Ferreira, C. S.; 17/02/2006).	88
Foto 3. Área de campo cerrado em relevo de maior declividade (Ferreira, C. S.; 17/02/2006).	89
Foto 4. Área de pastagem plantada (Ferreira, C. S.; 20/02/2006).	89
Foto 5. Área remanescente de reflorestamento (Ferreira, C. S.; 01/03/2006).	90
Foto 6. Lagoa Joaquim Medeiros (Ferreira, C. S.; 20/02/2006).	91
Foto 7. Área de cultivo de soja em sistema de cultivo de plantio direto (Ferreira, C. S.; 27/11/2005).	92
Foto 8. Área de cultivo de milho em sistema de cultivo de plantio convencional (Ferreira, C. S.; 17/02/2006).	93
Foto 9. Área urbana de baixa renda ao redor da cidade-satélite de Planaltina (Ferreira, C. S.; 01/03/2006).	94

AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU, DF.

RESUMO GERAL

A avaliação do uso e ocupação das terras constitui importante etapa em estudos da utilização racional dos recursos naturais, contribuindo para subsidiar interpretações entre o tipo de uso presente com a sustentabilidade dos recursos naturais, particularmente solos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso e ocupação das terras na porção setentrional da bacia do Rio São Bartolomeu, no Distrito Federal (DF), ao longo de uma série histórica, compreendendo os anos de 1984, 1992 e 2003. A área de estudo inclui as microbacias dos córregos Mestre D'Armas, Pípiripau e Sobradinho, situadas na Região Administrativa de Planaltina, DF, que foi selecionada por apresentar representatividade dos usos e ocupações rurais e urbanas do DF, apresentando atividades agrícolas diversificadas e uma intensa expansão da área urbana. Mediante técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, determinaram-se as alterações de uso e ocupação das terras ao longo dos anos de 1984, 1992 e 2003 e avaliou-se a adequação do uso e ocupação atual em relação à aptidão agrícola das terras, permitindo a geração de dados para subsidiar estudos de sustentabilidade do uso e ocupação das terras.

Palavras chaves: aptidão agrícola, sensoriamento remoto, geoprocessamento e sustentabilidade.

TEMPORARY EVALUATION OF THE LAND USE AND LAND COVER IN THE WATERSHED OF THE SÃO BARTOLOMEU RIVER, DF.

GENERAL ABSTRACT

The evaluation of the land use and land cover represents an important stage in the studies of the rational use of natural resources, which contributes to subsidize interpretations between the type of present use and the sustainability of the natural resources, particularly soils. The objective of this study was to evaluate the land use and land cover in the northern portion of the watershed of São Bartolomeu River in Federal District (DF), along a historical series, in the years of 1984, 1992 and 2003. The studied area includes the watersheds of the streams Mestre D'Armas, Pípiripau and Sobradinho, situated in the Administrative Area of Planaltina in DF. The area was selected for the study because it strongly represents the agricultural and urban occupations in DF, with all its diversified agricultural activities and with an intense expansion of the urban area. By techniques of remote sensing and geoprocessing, the use alterations and occupation of the lands along the years of 1984, 1992 and 2003 were determined; the adequacy of the use and current occupation in relation to the agricultural capability of the lands was evaluated. These led to the generation of data that are able to subsidize studies of sustainability of the land use and land cover.

Keywords: agricultural capability, remote sensing, geoprocessing and sustainability.

I - INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o uso e ocupação das terras desde o processo de colonização até os dias atuais não buscaram um entendimento entre as esferas naturais, sociais e econômicas.

A modernização do sistema produtivo alicerçado no modelo capitalista de produção e as ações antrópicas relacionadas tornaram-se a principal causa das modificações no espaço geográfico. Essas mudanças geraram sobre o meio ambiente impactos como poluição do solo, da água e do ar, processos de desertificação, desmatamentos, entre outros, que comprometem o equilíbrio ecológico e social do planeta (Gouvêa, 1991).

Resende (2002) descreve que a paisagem brasileira constitui um mosaico com relação às características de uso e ocupação das terras. Isto é, convivem no mesmo espaço áreas de prosperidade social e econômica em detrimento às áreas de precárias condições sociais. Essa desigualdade reflete um processo histórico que se consolidou ao longo da formação territorial do Brasil.

A partir da década de 50 houve uma considerável transformação nas características sócio-econômicas brasileiras para alcançar os objetivos do Programa de Metas do governo Juscelino Kubitschek, que investiu intensamente no setor de infra-estrutura, principalmente em energia e transportes. Com isso, o setor industrial brasileiro consolidou-se como principal atividade econômica brasileira. Dentro desse processo econômico-social estabeleceu-se a necessidade de uma modificação na territorialidade, que proporcionasse a ocupação e o desenvolvimento do interior do país, isto é, o estabelecimento de uma integração regional e a abertura de uma nova fronteira agrícola (Steinberg, 1999).

Para Paviani (1985), a política desenvolvimentista gerou um paradigma de modificações sociais no país e a construção de uma nova capital concretizava a idéia do surgimento de um país moderno e com equidade social. Assim, a transferência da capital para Brasília transformou intensamente as características de uso e ocupação do território brasileiro.

Cordeiro (1993) considera que no início da implantação de Brasília ocorreu uma certa preocupação de caráter ambiental. Para a definição da área

e a localização da nova capital foram realizados estudos técnicos pela empresa norte-americana *Donald J. Belcher and Associates*, sintetizados no “Relatório Técnico sobre a Nova Capital” (DASP, 1956). Esse relatório foi composto por texto técnico, mosaicos aerofotogramétricos, mapas topográficos e temáticos nas escalas de 1:50.000 e 1:25.000, com informações da topografia, do clima, dos solos, da geologia e da hidrografia. No entanto, ao longo do processo de consolidação da nova capital as preocupações de caráter ambiental não persistiram.

O intenso fluxo migratório, crescente processo de urbanização e o crescimento da agricultura geraram uma pressão sobre o ambiente do Distrito Federal, no qual, elementos naturais como o solo e os recursos hídricos foram intensamente impactados (UNESCO, 2002).

O estudo de uso e ocupação das terras constitui um importante passo para o entendimento das relações entre homem e o meio natural, o que possibilita o estabelecimento de ações de integração entre planejamento territorial e gestão ambiental (Oka-Fiori et al., 2003).

Para os estudos atuais de uso e ocupação das terras o desenvolvimento tecnológico possibilitou grandes abordagens de análises. A utilização e a evolução do sensoriamento remoto estabeleceram uma nova realidade de obtenção de informações espaciais e o geoprocessamento permitiu as análises dessas informações (Oka-Fiori et al., 2003).

Essas tecnologias facilitam os estudos multitemporais que são avaliações das mudanças ambientais do espaço geográfico em um determinado período de tempo. Tais estudos possuem uma importância ímpar, pois auxiliam na compreensão e avaliação das modificações territoriais ao longo do tempo.

No Distrito Federal essas modificações territoriais foram intensas principalmente no meio natural, onde grande parte dos recursos naturais foram utilizados de forma indiscriminada, resultado da expansão dos processos de urbanização e agricultura, conseqüentemente, a alteração do equilíbrio do meio natural vem comprometendo a qualidade ambiental do Distrito Federal.

Diante deste cenário, este trabalho objetivou a avaliação temporal do uso e ocupação das terras no Distrito Federal (DF), assim como a adequabilidade dos diversos usos em relação ao potencial agrícola das terras.

A área selecionada para este estudo foi a porção setentrional da bacia do Rio São Bartolomeu, que abrange as microbacias dos córregos Mestre D'armas e Pipiripau, considerada representativa das ocupações rurais e urbanas do DF, pois apresentam atividades agrícolas diversificadas e uma intensa expansão da área urbana.

1- Solos

Para Curi et al. (1993) o solo é o material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como um meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas, submetido à influência de fatores genéticos e ambientais do material de origem, clima (incluindo os efeitos de umidade e temperatura), macro e microorganismos e topografia. Todos estes fatores atuam durante um período de tempo e produzem um produto - o solo, o qual difere do material do qual ele é derivado em muitas propriedades e características físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e morfológicas.

O solo se desenvolve na interseção da litosfera, biosfera, atmosfera e hidrosfera, sendo sua formação considerada como fenômeno de superfície, isto é, variável a pequenas distâncias. Assim, exige estudos detalhados para ser bem compreendido nas suas funções dentro das ecorregiões e como sinalizador das propriedades e limitações dos ecossistemas. Por isso, o solo é um importante estratificador de ambientes, pois, influencia diretamente na organização dos ecossistemas, devido às suas interações com o substrato rochoso, água, clima e principalmente com a vegetação (Resende et al., 2002).

Contudo, o solo não é apenas um elemento físico do meio natural ele é, também, o palco das interações e modificações causadas pelas ações antrópicas. Ações essas, que na maioria das vezes, causa o início ou até mesmo, a intensificação do processo de degradação dos solos.

A degradação dos solos é tema de estudos importantes, visto que suas conseqüências não prejudicam exclusivamente o processo de produção agrícola, mas também, outros fatores como, por exemplo, os recursos hídricos e a vegetação (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Assim, ressalta-se a importância das ações e práticas de conservação e manejo do solo e da água. Para Bertoni e Lombardi Neto (1990), a

conservação do solo pode ser entendida como a preservação e o desenvolvimento de práticas que proporcionam a melhor qualidade ambiental pelo maior período de tempo dos recursos naturais de caráter renovável.

Para adotar medidas de conservação dos solos é necessária a avaliação de uso e ocupação das terras. Para Ramalho Filho e Beek (1995), o termo terra pode ser considerado mais amplo do que solo, incluindo todas as suas relações ambientais.

IBGE (1999) considera o termo terra conforme a definição dada pela FAO em 1976: o segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, incluindo, a atmosfera, o solo, o substrato geológico, a hidrologia e os resultados da ação do homem.

2 - Uso e Ocupação das Terras

O estudo do uso e ocupação das terras constitui um importante passo para o entendimento da relação entre o homem e o meio físico, possibilitando, após estudos adequados, estimar conseqüências futuras, considerando a progressão de acontecimentos iniciados no passado.

De acordo com Rodrigues (1998) a avaliação do uso e ocupação das terras constitui importante etapa em estudos da utilização racional dos recursos naturais, contribuindo para subsidiar interpretações entre o tipo de uso presente com a sustentabilidade dos recursos naturais. Estudos desta natureza demandam informações de outros levantamentos como: solos, geologia, relevo, erodibilidade dos solos, aptidão agrícola das terras, entre outros.

Para Anderson et al. (1979), um dos pré-requisitos básicos para o estabelecimento do melhor uso da terra é a informação sobre os tipos existentes de uso e as mudanças ocorridas no decorrer do tempo. Para os autores não há uma classificação de cobertura vegetal e de uso da terra que seja única e ideal, uma vez que os tipos de uso da terra e da cobertura vegetal modificam-se conforme exige a demanda pelos recursos naturais, portanto, cada classificação de uso é feita de forma a atender as necessidades do usuário.

Com o intenso desenvolvimento tecnológico após a II Guerra Mundial, houve o desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto e a produção de imagens de satélite. Este fato é de grande importância, pois o emprego dessas técnicas permite em curto espaço de tempo a obtenção de grande quantidade de informações espaciais de uso da terra, que propicia a elaboração de mapas de uso, que são essenciais no planejamento e implantação de programas de ordenamento territorial (UNESCO, 2002).

Para elaboração de um mapa de uso e ocupação das terras é necessário, primeiramente, definir as classes de uso que serão avaliadas no mapeamento. Anderson et al. (1979) ressaltam que entre os maiores problemas de aplicação e interpretação dos dados de uso da terra está a falta de consistência nas definições das categorias mapeadas. Para uniformizar os produtos gerados a partir de dados orbitais, oriundos de diversos tipos de sensores remotos, com escalas diversificadas, os autores desenvolveram um sistema de classificação, objetivando padronizar as legendas dos mapas de uso da terra, apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Níveis de classificação e características típicas dos dados de sensoriamento remoto, segundo Anderson et al. (1979).

Níveis de classificação	Características típicas dos dados
I	Dados extraídos de imagem da série LANDSAT
II	Dados de grande altitude, a 12.400 m ou mais (escala menor que 1:80.000).
III	Dados de altitude média, entre 3.100 e 12.400 m (escala 1:20.000 a 1:80.000).
IV	Dados de baixa altitude obtidos a menos de 3.100 m (escala maior que 1:20.000).

Com os lançamentos dos satélites equipados com sensores mais avançados e de maior resolução espacial, esse panorama foi modificado. Dessa forma, os estudos sobre a vegetação e uso da terra passaram a contar com instrumentos mais poderosos a partir dos dados do sensor *Thematic Mapper* (TM) dos satélites do LANDSAT quatro e cinco e o sensor *Enhanced Thematic Mapper* (ETM) da série LANDSAT sete e do satélite SPOT. Houve, então, a necessidade do desenvolvimento de outros sistemas de classificação adaptados à nova realidade. Dentre esses sistemas de classificação destaca-

se o desenvolvido por Jensen (1983), que descrevem as características do sistema de classificação do uso da terra associadas aos dados provenientes dos sensores remotos, apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Sistema de classificação do uso da terra por sensoriamento remoto, segundo Jensen (1983).

CrítéRios	Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
Utilização principal	Nacional	Nacional	Estadual / Regional	Local
Escala de Mapeamento	1:250.000 – 1:1.000.000	1:125.000 1:250.000	1: 50.000 – 1: 125.000	1: 25.000 1: 50.000
Unidade mínima mapeável	95 ha – 1497 ha	25 ha – 95 ha	4 ha – 25 ha	0,8 ha – 4 ha
Base para classificação	Cobertura do solo	Cobertura do solo	Cobertura do solo / atividade	Cobertura do solo / atividade
Sistema original	Serviço Geológico Norte-americano-USGS	Serviço Geológico Norte-americano-USGS	Michigan	Michigan
Fonte de dados	Interpretação de imagem	Interpretação de imagem	Interpretação de imagem e de dados de campo	Interpretação de imagem e de dados de campo

Em 1985, a Comunidade Européia estabeleceu outro sistema de classificação do uso da terra, denominado programa CORINE (CORINE, 1992), que visa melhorar a informação no âmbito internacional sobre o uso e ocupação da terra, além da proposição de modelos preditivos sobre risco de erosão, utilizados em mapas de avaliação dos riscos de erosão na Europa. Este sistema incluiu os setores da agricultura e florestas, localização de infra-estruturas diversas e avaliações ambientais, no qual se pretendia servir de suporte à elaboração de políticas ambientais e de ordenamento do território.

O primeiro inventário europeu CORINE *Land Cover* foi produzido nos anos 80 a partir de interpretação visual de imagens de satélite, na escala 1:100.000 (CORINE, 1992).

Alguns autores brasileiros utilizaram o sistema CORINE para mapeamentos de uso e ocupação das terras no Brasil. Oka-Fiori et al. (2003), realizaram uma pesquisa sobre a dinâmica da ocupação do solo da bacia do

Rio Itiquira, em Mato Grosso, baseada na legenda do sistema CORINE, onde determinaram três níveis fundamentais nos quais é organizada a legenda: primeiro nível, com cinco classes, que compreende as maiores categorias de cobertura da terra para o planeta, em escalas menores de 1:1.000.000, segundo nível com quinze classes, que representam os usos em escala menor de 1:500.000; e o terceiro nível com 44 classes, usado para mapeamentos de detalhe, na escala de 1:100.000. Para melhor adequação das características das paisagens brasileiras algumas classes foram modificadas com o propósito de melhor representar as peculiaridades das áreas estudadas.

Paranhos Filho (2000), também utilizou a legenda CORINE de uso das terras com as devidas adaptações para realizar uma análise multitemporal da região de Coxim e da bacia do Taquarizinho em Mato Grosso do Sul.

No Brasil, somente em 1999, o IBGE publicou o Manual Técnico de Uso da Terra com a sistematização do Sistema de Classificação de Uso Atual da Terra (IBGE, 1999). Esse sistema leva em conta o tipo de uso da terra na data do mapeamento, o manejo empregado e o sistema de produção, procurando caracterizar, da melhor maneira possível, as classes definidas de uso.

Para este sistema, as classes de uso das terras podem ser definidas como unidades simples ou associações de classes; isto vai variar com o espaço a ser estudado e a escala de trabalho, tal como demonstrado na tabela 3.

O sistema estabelece sete classes de uso da terra: agricultura, pecuária, agropecuária, extrativismo, mineração, área especial, isto é, com destinação de uso especial como, por exemplo, as unidades de conservação e áreas urbanas.

Tabela 3. Características do sistema de classificação do uso atual da terra, segundo IBGE (1999).

Tipo	Exploratório	Reconhecimento	Semidetalhe	Detalhe
Escala	1: 1.000.000 – 1: 2.500.000	1:250. 000 – 1: 1.000.000	1: 100.000 – 1: 25.000	> 1: 25.000
Características	Indicação das classes dominantes ou de associação de classes	Indicação das classes e tipos dominantes ou associações dominantes	Indicação das classes, tipos e subtipos dominantes ou associações dominantes	Indicação das classes, tipos e subtipos e espécies (vegetais) dominantes ou associações dominantes

O levantamento de uso e ocupação das terras identifica e separa as unidades de mapeamento, que são grupamentos de áreas de uso, estabelecidos para possibilitar a representação em bases cartográficas e mostrar a distribuição espacial, extensão e limites dos diferentes usos. As imagens dos sensores LANDSAT TM e ETM são utilizadas em levantamentos nas escalas 1:250.000 a 1:100.000.

Araújo Filho (2005) desenvolveu um sistema de classificação hierárquico para mapas de uso e cobertura da terra no Distrito Federal por meio de imagens do satélite LANDSAT ETM.

Já, Santos (2006) desenvolveu um novo sistema de classificação apresentando cinco níveis e baseou-se em estruturas hierárquicas já consagradas: a do programa *CORINE land cover* e a do projeto *Uso da terra* da Fundação IBGE. Foi utilizado imagens orbitais dos satélites LANDSAT 7, para os mapeamentos nas escalas 1:250.000 e 1:100.000, SPOT5 para a escala 1:50.000 e as imagens do satélite QUICKBIRD II, para a escala 1:25.000. Para a técnica de classificação digital de imagens orbitais orientada a objetos, foi utilizada a classificação por regiões.

O mapeamento de uso das terras contribui para o acervo de conhecimentos sobre determinada área e aliado aos mapeamentos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e da cobertura vegetal, podem indicar o estado de sustentabilidade de uma área, fornecendo assim subsídios para avaliações dos impactos ambientais em diversos níveis de intensidade (IBGE, 1999).

Diversos trabalhos foram conduzidos utilizando imagens de satélite para a caracterização multitemporal da cobertura vegetal e do uso e ocupação das terras. Ruhoff et al. (2003), realizou mapeamento do uso e ocupação das terras em Santa Maria (RS), com objetivo de estudar a distribuição espacial dos elementos que compõem parte do espaço do município. Foram determinadas as seguintes classes de uso e ocupação das terras: floresta, campos, zona urbana, agricultura, solos agrícolas e lâminas d'água.

Maia e Lage (2004), caracterizaram o uso das terras no município de Vitória da Conquista, Ba, na escala 1:100.000, com a utilização de imagens de satélite LANDSAT e concluíram que o mapeamento de uso das terras constitui um instrumento de grande importância na medida que revela informações

acerca dos tipos de uso, podendo subsidiar ações de planejamento com relação ao uso das terras.

Moreira et al. (2005), realizaram uma análise temporal do uso do solo nos municípios do entorno do Parque Nacional das Emas com a utilização de imagens LANDSAT e CBERS-2 e com esse estudo foi possível demonstrar e quantificar o histórico e o cenário atual de ocupação das terras na região.

Já Silva et al. (2005), por meio de mapeamento do uso das terras no município de Pedrinópolis, Minas Gerais, constataram que o acompanhamento da dinâmica do uso das terras nos municípios tem grande importância sobre as mudanças nos aspectos sócio-econômicos de determinadas regiões, podendo, também, permitir o seu monitoramento ambiental.

3 - Aptidão Agrícola das Terras

A interpretação de levantamentos de solos é uma tarefa de mais alta relevância para a utilização racional desse recurso natural na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades.

Para realização de uma avaliação da aptidão agrícola das terras, como um meio de determinar sua disponibilidade para diferentes tipos de utilização, foi desenvolvido o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras por Ramalho e Beek, (1995). Neste sistema, as terras podem ser classificadas de acordo com sua aptidão agrícola para diversas culturas, sob diferentes condições de manejo e viabilidade de melhoramento.

Ao contrário de outros métodos que restringia a indicação da aptidão agrícola das terras apenas para a lavoura, este sistema admite seis grupos de aptidão para avaliar as condições agrícolas de cada unidade de mapeamento das terras, não só para lavouras, mas também, para pastagem plantada/natural e silvicultura, além das áreas inaptas à atividade agrícola que devem ser indicadas para preservação da flora e da fauna. Isto é, as terras consideradas inaptas para lavouras são analisadas de acordo com os fatores básicos limitantes e classificadas, segundo sua aptidão, para usos menos intensivos. (Ramalho Filho e Beek, 1995)

A classificação da aptidão agrícola das terras não é exclusivamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras, e sim uma orientação de como devem ser utilizadas no planejamento regional e nacional.

Ramalho Filho e Beek (1995) definiram três níveis tecnológicos de manejo: manejo A, manejo B e manejo C.

- Manejo A: baseado em práticas agrícolas que refletem baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições do solo e das lavouras.

- Manejo B: baseado em práticas agrícolas que refletem o nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela aplicação modesta de capital e de resultados de pesquisa para o manejo, melhoramento e conservação das condições do solo e das lavouras.

- Manejo C: baseado em práticas agrícolas de alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das condições do solo e das lavouras.

Posteriormente, foram definidas as classes de aptidão agrícola. As classes expressam a aptidão agrícola das terras para determinado tipo de uso, com nível de manejo definido no subgrupo de aptidão. Refletem o grau de intensidade com que as limitações vão afetá-las. Os fatores limitantes mais significativos encontram-se apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Fatores de limitação das terras, segundo Ramalho Filho e Beek (1995).

Símbolo	Fator de limitação
f	Deficiência de fertilidade
h	Deficiência de água
o	Excesso de água ou deficiência de oxigênio
e	Suscetibilidade à erosão
m	Impedimento à mecanização

De acordo com esses fatores limitantes juntamente com o manejo adotado foram definidas as classes de aptidão agrícola. Os tipos de utilização

são lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural. As classes foram definidas como:

- Boa: terras sem limitações significativas para a produção sustentada de determinado tipo de utilização, de acordo com as condições de manejo considerado. Existem restrições mínimas, mas que não reduzem de forma expressiva a produtividade ou benefícios.

- Regular: terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de determinado tipo de utilização. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos, de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas pelo uso.

- Restrita: terras que apresentam grandes limitações. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então, aumentam a necessidade de insumos, de tal maneira que os custos seriam justificados apenas marginalmente.

- Inapta: terras que apresentam condições que excluem a produção sustentada.

A partir dos graus de limitação, atribuídos a cada uma das unidades das terras, resulta a classificação para sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme demonstra a tabela 5.

Tabela 5. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras, segundo Ramalho Filho e Beek (1995).

Classes de aptidão agrícola	Tipo de utilização					
	Lavoura			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem Natural
	Níveis de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

As terras classificadas como inaptas nos diversos tipos de uso considerados são indicadas para a preservação da fauna e flora, recreação ou algum outro tipo de uso não agrícola.

A representação dos grupos de aptidão agrícola é feita com algarismos de um a seis, em escalas decrescentes segundo as possibilidades de utilização das terras. As limitações que afetam os diversos tipos de uso aumentam do grupo um para o grupo seis, assim como as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas, conforme mostra a tabela 6.

Tabela 6. Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola de acordo com Ramalho Filho e Beek (1995).

Grupo de Aptidão Agrícola		Aumento da intensidade de uso					
		Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ou pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
					Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
Aumento da intensidade da limitação Diminuição das alternativas de uso	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Os grupos um, dois e três, além da identificação de lavouras como tipo de utilização, tem o objetivo de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos quatro, cinco e seis apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna), independente da classe de aptidão.

O sistema de aptidão agrícola tornou-se um importante instrumento em avaliações de sustentabilidade ambiental. Entre vários estudos sobre o tema, pode-se citar o trabalho de Araújo e Rocha (1997), que desenvolveram em um sistema de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola das terras na região de Una, na Bahia, por meio de levantamento pedológico semi-detalhado.

Já Silva (2003), analisou a adequação do uso atual das terras da bacia do rio João Leite (GO), confrontando o mapa de aptidão agrícola das terras com o mapa de uso e ocupação atual, com o auxílio do sensoriamento remoto

e do geoprocessamento e concluiu que algumas áreas da bacia estão com suas terras sendo utilizadas abaixo do seu potencial em todos os níveis de manejo.

Chaves (2005) ao avaliar o uso e qualidade do solo e da água da região de nascentes do Rio Descoberto, DF, verificou a adequabilidade do uso das terras a partir de operações de tabulação cruzada e cruzamentos temáticos, por meio do geoprocessamento, entre os mapas temáticos de uso atual e aptidão agrícola das terras, gerando um mapa de adequabilidade de uso, que possibilitou observar que a maior parte da área está com suas terras utilizadas abaixo do seu potencial agrícola.

4 - Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. O conceito de bacia hidrográfica deve incluir, também, uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia (Guerra e Guerra, 1997).

A bacia hidrográfica é considerada como uma unidade natural de análise da superfície terrestre, na qual é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua evolução geomorfológica. Compreendida dessa forma, a bacia hidrográfica passa, também, a representar uma unidade ideal de levantamento e planejamento de uso das terras. A sua delimitação é baseada em critérios geomorfológicos, assim, levam vantagens sobre unidades de planejamento definidas por outros critérios, cujos traçados dos limites podem ser bastante imprecisos, como, por exemplo, unidades definidas por atributos climáticos, ou, ainda, baseadas nos tipos de vegetação, que podem não cobrir a paisagem de modo contínuo (Botelho, 1999).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento formal ocorreu inicialmente nos Estados Unidos, com a criação de uma entidade denominada *Tennessee Valley Authority* (TVA), em 1933, e a partir de então tem sido adotadas no Reino Unido, França, Nigéria e restante do mundo (Lanna, 1995).

Para favorecer a elaboração de estudos com objetivos de planejamentos ambientais, agrícolas, entre outros, e facilitar a execução das várias etapas de trabalho, é ideal desenvolver projetos de planejamentos em bacias hidrográficas de menor tamanho, chamadas de microbacias.

De acordo com o Programa Nacional de Bacias Hidrográficas, por meio do Decreto-Lei nº 94.076 de março de 1997 (Ministério da Agricultura, 1997), a microbacia hidrográfica é definida como sendo uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes a montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada (Brasil, 1987).

Para Cunha (1998), a utilização de bacias ou microbacias hidrográficas para estudos ambientais são ideais, pois, essas unidades integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante da mesma.

Vários autores que analisam o uso e ocupação das terras utilizam as microbacias e bacias hidrográficas como áreas propícias ao desenvolvimento de suas pesquisas. Pode-se citar, como exemplos, o trabalho de Machado et al. (2003), que aplicou um modelo de cenários alternativos de uso das terras na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins em São Paulo. Já Campos et al. (2004), analisaram o uso das terras em dez microbacias pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Capivara, em São Paulo, utilizando um sistema de informações geográficas, para apresentar sugestões de ações corretivas para as áreas degradadas da região.

5 - Sensoriamento Remoto

As informações são detectadas a partir das interações sofridas pela radiação eletromagnética (REM). O sensor coleta o sinal, que na maior parte das vezes é a radiação solar que atinge o alvo na superfície e retorna ao sensor, interagindo com a atmosfera (Novo, 1995).

A compreensão da radiação eletromagnética é extremamente importante para o sensoriamento remoto, pois sempre que analisamos qualquer tipo de

imagem de sensoriamento remoto, a coexistência da radiação na forma de onda e na forma de energia deverá ser considerada para que possamos explicar o que se observa nas imagens, com referência às características do objeto (Meneses, 2001).

Meneses (2001), considera que uma das áreas do conhecimento mais importantes do sensoriamento remoto é a radiometria espectral. Isso porque, é por meio das medidas radiométricas de laboratório ou de campo que se descobrem com qual intensidade cada material, seja um solo, um tipo de rocha ou uma vegetação, reflete a radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético e isso nos permite explicar e entender como cada um desses objetos irá aparecer na imagem. A tabela 7 resume algumas informações sobre a REM, de cunho prático ao Sensoriamento Remoto.

Tabela 7. Principais regiões ou intervalos espectrais usados em sensoriamento remoto, extraída de Meneses (2001).

Nome	Intervalo espectral (micrômetro – μm)	Fonte de radiação	Propriedade medida
Visível (V)	0,4 – 0,7 μm	Sol	Reflectância
Infravermelho próximo (NIR)	0,7 – 1,1 μm	Sol	Reflectância
Infravermelho de ondas curtas (SWIR)	1,1 – 1,35 μm 1,4 – 1,8 μm 2,0 – 2,5 μm	Sol	Reflectância
Infravermelho médio (MWIR)	3,0 – 4,0 μm 4,5 – 5,0 μm	Sol Corpos terrestres com altas temperaturas	Reflectância Temperatura
Infravermelho termal (TIR)	8,0 – 9,5 μm 10 - 14 μm	Terra	Temperatura
Microondas, radar	1 mm – 1 m	Terra (passivo) Artificial (ativo)	Temperatura (passivo) Rugosidade dos alvos (ativo)

5.1 - Comportamento Espectral

5.1.1 - Comportamento espectral de minerais

Os minerais de rochas representam os materiais terrestres que reúnem a maior variedade de composição e são os que exibem as mais diferentes intensidades de forças moleculares. Por isso, são os melhores materiais para exemplificar as variações de intensidade das feições de absorção, as diferentes feições que podem ocupar no espectro, bem como mostrar o padrão ou a forma da curva espectral que descreve o comportamento da reflectância de um material (Meneses e Ferreira Júnior, 2001).

Nos minerais e rochas, os elementos e substâncias mais importantes que determinam as feições diagnósticas na faixa do espectro de 0,4 a 2,5 μm são os íons ferroso e férrico, água e hidroxila. Os elementos químicos mais freqüentes como o silício, alumínio e magnésio possuem importância secundária (Rosa, 1995).

O ferro ferroso (Fe^{2+}) e férrico (Fe^{3+}), no intervalo espectral de 400 e 1100 nm, possuem as mais notáveis feições espectrais. A predominância do ferro sobre os demais elementos de transição que têm absorções nesse intervalo espectral deve-se tanto à abundância quanto a mobilidade desse elemento, o que faz presente na maioria das rochas. Quando os óxidos de ferro ferroso ou férrico estão presentes, nos minerais comuns como hematita, goethita ou limonita, todos os espectros mostram acentuada queda de reflectância em direção à região dos menores comprimentos de onda (Meneses e Ferreira Júnior, 2001).

Meneses et al. (2001) ressaltam que as feições de absorção de alguns íons e moléculas se apresentam particularmente diagnósticas de uma mineralogia específica e são úteis na definição das características espectrais de minerais e rochas, sejam os dados apresentados na forma de curvas de reflectância ou imagens.

5.1.2 - Comportamento espectral dos solos

A reflectância do solo é uma propriedade cumulativa que deriva do comportamento espectral dos constituintes minerais, particularmente os compostos de ferro, orgânicos e fluidos que, combinados, compõem os solos, conforme mostra a figura 1. As variações espectrais entre os diferentes tipos de solos estão normalmente associadas aos processos de absorção da radiação eletromagnética atribuídos a esses componentes. Além da composição, o tamanho das partículas elementares e sua organização desempenham, também, papel importante nas propriedades de reflectância dos solos e, por isso, a forma dos espectros de reflectância fornece informações importantes sobre algumas de suas características (Madeira Netto, 2001).

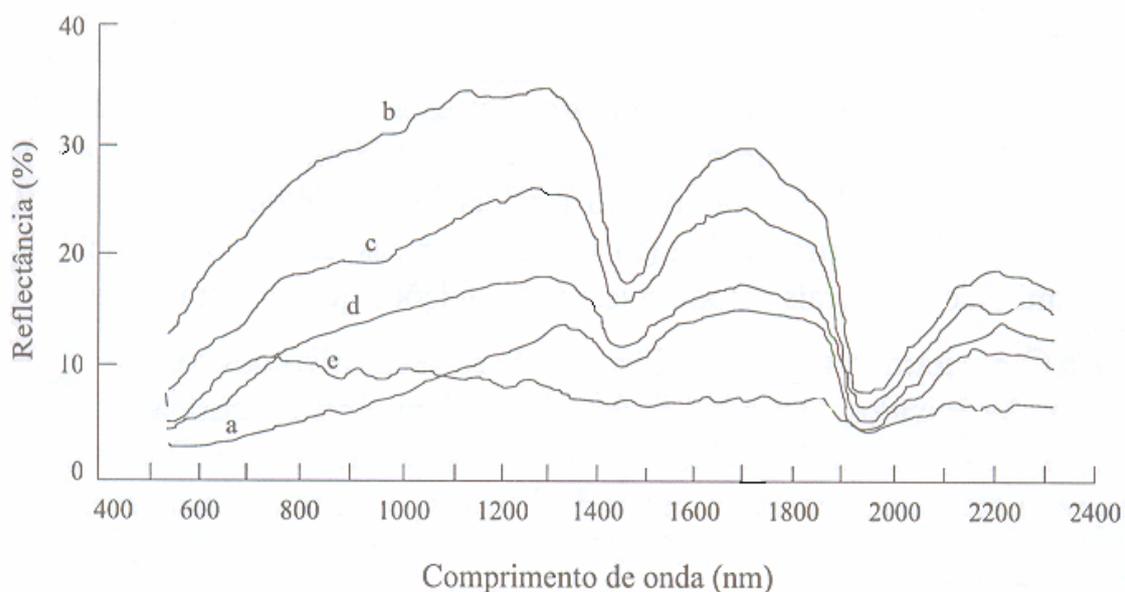


Figura 1. Espectros de reflectância representativos de horizonte superficial de solos: (a) forma de solos com domínio de matéria orgânica; (b) forma de solos jovens com alteração mínima de material de origem; sem influências compostas de ferro ou matéria orgânica; (c) forma de solos afetada pela presença de compostos de ferro; (d) forma de solos afetada pela matéria orgânica; (e) forma de solos com domínios de compostos de ferro. Fonte: Stoner e Baumgardner (1981).

5.1.3 - Comportamento espectral da vegetação

De acordo com Ponzoni (2001), o comportamento espectral da vegetação na região do espectro eletromagnético do visível, caracteriza-se pela absorção da Radiação Eletromagnética (REM) pelos pigmentos existentes nas folhas. Esses pigmentos, geralmente, encontrados nos cloroplastos são: clorofila, carotenos e xantofilas.

Na região do infravermelho próximo existe absorção pequena da REM e considerável espalhamento interno na folha. A absorção da água é baixa nessa região e a reflectância espectral é alta e quase constante.

Já na região do infravermelho de ondas curtas, compreendida entre 1,3 e 2,0 μm , a absorção devida à água líquida predomina na reflectância espectral das folhas. A figura 2 apresenta a curva de reflectância de uma folha, que representa a resposta espectral da vegetação.

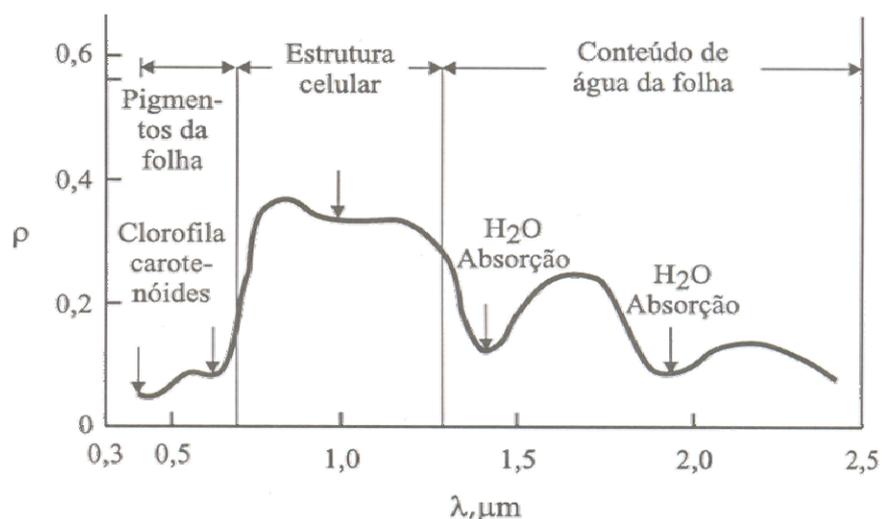


Figura 2. Curva de reflectância típica de uma folha verde, extraída de Ponzoni (2001).

5.1.4 - Comportamento Espectral da água

Novo (2001) considera que a reflectância da água limpa diminui com o aumento dos comprimentos de onda, ou seja, na faixa mais utilizada em sensoriamento remoto, verifica-se as maiores reflectâncias na região do visível,

mais especificamente nos comprimentos de onda de $0,4 - 0,7\mu\text{m}$, decrescendo gradualmente na direção ao infravermelho.

À medida que se acrescentam sedimentos na água, o pico de reflectância se desloca na direção dos maiores comprimentos de onda, e a reflectância torna-se maior do que a da água limpa.

5.2 - Imagem de Sensoriamento Remoto

Crósta (1992) conceitua que as imagens de sensoriamento remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou grid. Cada célula desse grid tem sua localização definida por X e Y, respectivamente. O nome dado a essas células é *pixel*, derivado do inglês “*picture element*”. Para um mesmo sensor remoto, cada pixel representa sempre uma área com as mesmas dimensões na superfície da Terra.

Cada célula possui também um atributo numérico Z, que indica o nível de cinza dessa célula, que vai variar do preto ao branco; esse nível é conhecido em inglês por DN, de *digital number*. O DN de uma célula representa a energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor, para a área da superfície da Terra correspondente ao tamanho do pixel. Deve ser ressaltado que o DN de um pixel corresponde sempre à média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel, convertidas para níveis de cinza (Crósta, 1992).

Em uma imagem digital, quanto maior o intervalo de valores assumidos por um pixel, maior a sua resolução radiométrica; e quanto maior o número de elementos da matriz, maior sua resolução espacial. A média dos níveis de cinza corresponde ao brilho da imagem, enquanto que a variância refere-se ao contraste. Assim, quanto maior a variância, maior será o contraste da imagem (Rosa, 1995).

5.3 - Imagens do Satélite LANDSAT

As imagens do satélite LANDSAT são largamente utilizadas em estudos que utilizam o sensoriamento remoto como ferramenta, pois suas características técnicas possibilitam a utilização de suas informações em vários

setores da sociedade como: ambiental, militar, engenharia, planejamento territorial, entre outros (Aronoff, 2005).

A operação do satélite em órbita é administrada pela NASA – *National Space and Space Administration* e a produção e comercialização de imagens fica sob os cuidados da USGS – *United States Geological Survey*. No Brasil, o INPE e algumas empresas privadas comercializam as imagens do LANDSAT (Rosa, 1995).

Nos satélites LANDSAT 5 e 7 os sensores TM (*Thematic Mapper*) e ETM (*Enhanced Thematic Mapper*), constituem imageadores multiespectrais do tipo de varredura mecânica, isto é, possuem um espelho rotativo que oscila perpendicularmente à direção de deslocamento do satélite, no sentido leste-oeste e oeste-leste, segundo um ângulo de varredura de 5,8 graus.

A cada oscilação de espelho, cada um dos dezesseis detectores das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 imageia uma linha no terreno de largura de 30 metros, sendo assim, imageada simultaneamente 16 linhas seqüenciais por banda. A largura total da faixa imageada é de 185 km. As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 têm uma resolução espacial no terreno de 30 x 30 metros e a banda 6, no intervalo do infravermelho termal, tem uma resolução espacial de 90 x 90 metros, já a banda 8 chamada de pancromática tem resolução espacial de 15 x 15 metros, como demonstra a tabela 8.

Tabela 8. Faixas espectrais dos LANDSAT 4, 5 e 7, extraído de Rocha (2000).

Banda	Faixa Espectral
1	0.45 a 0.52 μ m azul
2	0.52 a 0.60 μ m verde
3	0.63 a 0.69 μ m vermelho
4	0.76 a 0.90 μ m infravermelho-próximo
5	1.55 a 1.75 μ m infravermelho-médio
6	10.4 a 12.5 μ m infravermelho-termal
7	2.08 a 2.35 μ m infravermelho-distante
8	0.5 a 0.90 μ m pancromática (apenas no LANDSAT 7)

Vale destacar que a fusão das bandas do LANDSAT 7 permite a extração de maior conteúdo de informações, combinando a precisão de 15 metros da banda 8 com a riqueza de dados obtidas pelas outras bandas. A banda termal 6 permite a medição relativa de temperatura radiante ou o cálculo da temperatura absoluta.

Várias pesquisas vêm utilizando as imagens LANDSAT, particularmente no levantamento e monitoramento do meio físico. Como exemplos, podem-se citar Ferreira et al. (2004), Carvalho Júnior (2001) e Teixeira et al. (1997). Ferreira et al. (2004) utilizou imagens LANDSAT para identificar áreas de desmatamento no município de Buritis, em Rondônia, com objetivo o de elaborar um mapa de tendência do desmatamento, para o monitoramento desta atividade naquela região. O trabalho de Carvalho Júnior (2001) permitiu o desenvolvimento de um algoritmo para classificação de vegetação, considerando o comportamento espectral das imagens do LANDSAT 7, testado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (DF). Teixeira et al. (1997), também utilizaram imagens LANDSAT na detecção de desmatamentos na área da Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto em Rondônia.

5.4 - Pré-processamento

Segundo Schowengerdt (1997), a aplicação de técnicas de pré-processamento refere-se ao tratamento inicial dos dados brutos, obtidos do sistema sensor, removendo características indesejáveis produzidas na imagem. Após essas correções, as imagens podem ser submetidas a processamentos digitais posteriores ou à análise visual.

5.5 - Processamento Digital de Imagens

A função primordial do processamento digital de imagens é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas especializados de computação são utilizados para atividades interativas de análises e manipulação de imagens brutas. O resultado desse processo é a

produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir de imagens brutas (Crósta, 1992).

Para Crósta (1992), o objetivo principal do processamento de imagens é o de remover as barreiras inerentes ao sistema visual humano, facilitando a extração de informações a partir de imagens. Assim, o processamento digital deve ser encarado como um estágio preparatório, embora quase sempre obrigatório, da atividade de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

5.6 – Conversão de números digitais da imagem para reflectância aparente (Imagem Reflectância)

Esse procedimento é recomendado em estudos temporais, pois permite a análise de imagens de uma mesma área adquiridas em datas diferentes (Loebmann et al., 2005).

A transformação radiométrica permite minimizar as variações presentes durante a aquisição das cenas (Bentz, 1990). A transformação dos números digitais para valores de radiância compensa as diferenças entre ganhos e “offset” de cada banda espectral. Já a conversão desses valores de radiância em valores de reflectância compensa as diferenças devido a irradiância solar no topo da atmosfera e o ângulo de incidência da radiação sobre o alvo, no momento da aquisição da imagem. Desta forma, a transformação para dados de reflectância aparente é mais eficiente para reduzir a variabilidade da resposta espectral (Carvalho Júnior et al., 2005).

5.7 - Correção Geométrica

É a transformação de uma imagem de modo que ela possa adquirir um sistema de coordenadas terrestres. A realização deste processamento digital de imagens pode ser feita por meio da relação entre os sistemas de coordenadas da imagem e de uma carta planialtimétrica da região correspondente (mapa e imagem). A forma mais usual de calcular a relação entre os dois sistemas de coordenadas é por meio da definição de pontos de

controle no terreno, que devem ser reconhecíveis tanto na carta planialtimétrica como na imagem (Crósta, 1992).

De acordo com Davison (1986), embora os dados das plataformas orbitais sejam corrigidos de distorções, existe grande número de usuários que necessita de imagens transformadas geometricamente. Esse processamento é realizado para localizar pontos comuns em diferentes cenas da mesma área, realizar análises multitemporais pela sobreposição de imagens da mesma área adquiridas em diferentes datas, agrupar imagens adjacentes para formar mosaicos e sobrepor imagens da mesma área obtidas por diferentes sensores.

A correção geométrica por meio da utilização de pontos de controle (GCP, de *ground control points*), permite uma precisão mais elevada. A primeira condição para se aplicar essa transformação é a existência de um mapa planialtimétrico em uma escala adequada da área em questão, visto que os pontos de controle terão que estar precisamente localizados em ambos, imagem e mapa. Em áreas que não existem cartas planialtimétricas, a alternativa é medir precisamente no terreno a posição geográfica de alguns pontos identificáveis nas imagens, usando GPS (*Global Positioning System*) (Crósta, 1992).

5.8 - Classificação de imagens

Para Ribeiro e Centeno (2001), a classificação digital consiste em associar um determinado pixel a uma determinada categoria ou classe temática por meio de critérios pré-estabelecidos.

O objetivo principal do processo de classificação de imagem é categorizar automaticamente todos os pixels de uma imagem em classes temáticas presentes no terreno. Normalmente, os dados multiespectrais de uma imagem são utilizados para executar a classificação, isto é, o padrão espectral de cada pixel é usado como a base numérica para a classificação. As características de cada classe temática são manifestadas por combinações baseadas nos diferentes números digitais de acordo com as suas propriedades espectrais (Lillesand e Kiefer, 1994).

De acordo com o algoritmo utilizado, a classificação pode ser não supervisionada ou supervisionada. A classificação não supervisionada é indicada quando o analista não possui conhecimento, *a priori*, da área de

estudo. Neste sentido, o intuito é eliminar a subjetividade no processo de obtenção de amostras da área. Já na classificação supervisionada utilizam-se algoritmos cujo reconhecimento de padrões espectrais na imagem se faz com base numa amostra de área de treinamento, que é fornecida ao sistema de classificação pelo analista. Dentre os algoritmos supervisionados um dos mais empregados é o da máxima verossimilhança (MAXVER) (Moreira, 2003).

Tal método considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes e o pixel a ser classificado, utilizando parâmetros estatísticos, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe.

Diversos trabalhos têm utilizado a classificação MAXVER em seus estudos. UNESCO (2002) utilizou a classificação MAXVER em imagens de satélite de 1973, 1984, 1994 e 1998, com o objetivo de realizar uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no Distrito Federal.

Como outro exemplo de aplicação de classificação MAXVER, destaca-se o trabalho de Almeida et al. (2003) na avaliação dos usos da terra e de áreas degradadas no leste do estado do Pará. Os autores ressaltam que esse método possibilita que o analista esteja em constante interação com o sistema de análises de imagens digitais. Já Hernandez Filho et al. (1998), classificaram as imagens de satélite LANDSAT e SPOT utilizando o método MAXVER com o objetivo de realizar um mapeamento das fitofisionomias e uso da terra de parte da bacia do Rio Taquari no estado do Mato Grosso do Sul.

6 - Avaliação da exatidão do mapeamento

Para avaliar a exatidão de mapas de uso e ocupação das terras resultantes de classificações de imagens de satélite é importante verificar a acurácia da classificação que pode ser expressa como a probabilidade de uma certa classe estar correta em relação à realidade (Machado, 2002).

Uma classificação de imagens só pode ser considerada confiável após a análise da exatidão dos resultados gerados, independentemente dos dados e métodos que a originaram. A exatidão do processo de classificação encontra-se limitada por fatores como o método de classificação, a qualidade das

imagens utilizadas, o tamanho das unidades de mapeamento, escala de trabalho, entre outros (Rojas, 2005).

Assim, são calculadas matrizes de erro a partir da comparação dos dados de campo com os dados resultantes da classificação. Uma matriz de erro é um conjunto de números colocados na forma de matriz, em que as linhas normalmente correspondem aos dados de referência (verdade terrestre) e as colunas indicam os pontos concordantes entre a verdade terrestre e os resultados da classificação (Story e Congalton, 1986).

Entre os métodos mais utilizados para medir a exatidão a partir da matriz de erro é o coeficiente de concordância Kappa, definido por Congalton e Grenn (1999), como sendo uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da exatidão da classificação de dados de sensoriamento remoto, recomendada como uma medida apropriada de exatidão por representar inteiramente a matriz de erro. O coeficiente Kappa usa todos os elementos da matriz de erro e não apenas aqueles que se situam na diagonal da matriz, como é o caso do cálculo da exatidão global (Gong e Howart, 1990).

O coeficiente Kappa tem seus valores distribuídos entre 0 e 1, onde o valor 1 representa a concordância máxima e quando multiplicado por 100, dá a porcentagem da medida de exatidão da classificação. De acordo com Landis e Koch (1977), a avaliação a partir do coeficiente Kappa pode ser realizada com base nos valores apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Classificação dos valores do coeficiente Kappa, segundo Landis e Koch (1977).

Coeficiente Kappa	Exatidão
< 0	Péssima
0 – 0.2	Ruim
0.21 – 0.4	Razoável
0.41 – 0.6	Moderada / Boa
0.61 – 0.8	Muito Boa
0.81 – 1.0	Excelente

Atualmente, a aplicação do coeficiente Kappa vem sendo muito usada na avaliação dos mapas temáticos gerados por classificações de imagens de

satélite, como medida de validação estatística, sendo considerado, praticamente uma exigência a aplicação de métodos similares em trabalhos desta natureza. Assim, observa-se a utilização destas metodologias nos trabalhos mais recentes que objetivam a geração de mapas temáticos por meio de geoprocessamento, tais como o trabalho de Nepomuceno (2004), na classificação de redes neurais realizada em imagens de radar e Valente (2005), no mapeamento de uso e ocupação das terras elaborado para definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal, entre tantos outros.

7 - Software ENVI

Existem no mercado vários *softwares* de processamento digital de imagens, dentre eles o *software* ENVI, que realiza desde a correção geométrica até processamentos mais avançados de imagens de satélite.

O ENVI foi desenvolvido a partir da linguagem IDL (*Interactive Data Language*). Isso lhe garante robustez, velocidade e sofisticação, sem necessitar de equipamento poderoso, pois a linguagem IDL, possui os mais avançados algoritmos para o tratamento espectral de dados (SULSOFT, 2006).

A estrutura do ENVI permite que o operador obtenha bons resultados nos trabalhos que envolvem imagens fornecidas por sensores de última geração, como LANDSAT, ASTER, IKONOS, QUICK BIRD e CBERS.

8 - Geoprocessamento

O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (Rosa, 1995).

Rocha (2000) considera que o geoprocessamento é uma tecnologia transdisciplinar, conforme demonstra a figura 3, que, por intermédio da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas, para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

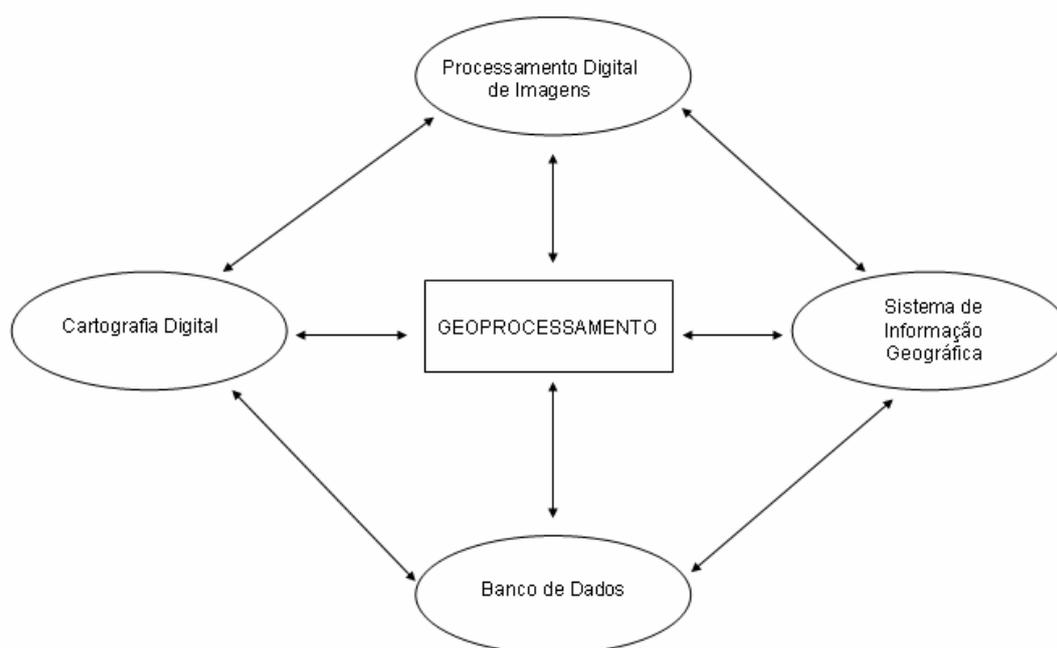


Figura 3. Fluxograma conceitual sobre geoprocessamento, extraído de (Rocha, 2000).

O geoprocessamento tem sido utilizado em diversas pesquisas de ênfase conservacionista relacionadas à agricultura, objetivando o melhor aproveitamento agrícola das terras, de acordo com características climáticas, pedológicas e geomorfológicas (Chaves, 2005). Sob este enfoque de utilização do geoprocessamento, pode-se citar o trabalho de Camargo et al. (2005) no estudo da sustentabilidade no meio rural no corredor ecológico Cerrado-Pantanal, com o objetivo de melhorar os processos de avaliação e planejamento do uso das terras, para auxiliar os gestores de planejamento do uso do solo na identificação das melhores práticas de manejo. Já Tsuchiya et al. (2000) realizaram um estudo de controle de nematóides da soja, com objetivo de reconstruir por meio de dados geoestatísticos, as áreas que apresentam fatores importantes à produção de soja, com relação ao controle de nematóides. Os resultados mostraram que as informações espaciais são valiosas no gerenciamento localizado de recursos aplicados na produção de soja.

8.1 - Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Rocha (2000) define um SIG como um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, atualização, análise e exibição de informações digitais de dados digitais georreferenciados, topologicamente estruturados, associados ou não a um banco de dados numéricos, como demonstra-se na figura 4.

As principais características do SIG são: a capacidade de inserir e integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, além de oferecer mecanismos para combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise. Possibilita, ainda, a consulta, manipulação e visualização do conteúdo da base de dados georreferenciados (Câmara e Medeiros, 1998).

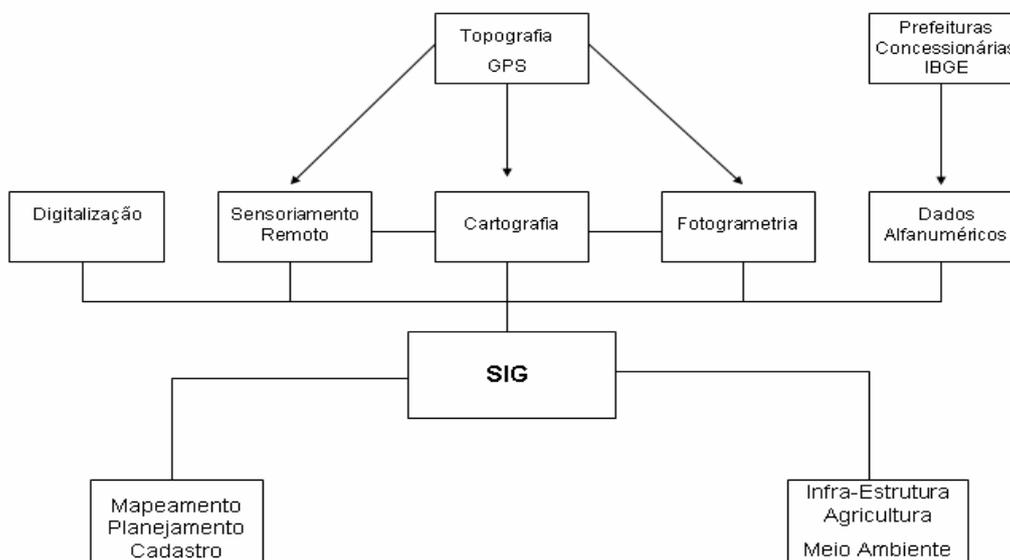


Figura 4. Componentes de um SIG, segundo Rocha (2000).

Filadelfo Júnior et al. (2001) consideram que o SIG tem evoluído desde a geração de simples mapas automatizados para poderosas ferramentas de

análise, planejamento e decisão, por meio de combinação e integração de todas as categorias de dados georreferenciados.

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem despertado, nos mais diferentes profissionais, o interesse em alocar o conhecimento e alavancar o desenvolvimento de ferramentas para casos cada vez mais particulares, relacionados ao planejamento ambiental, ideais para gestão, manejo e conservação dos recursos naturais (Pires et al., 2000).

A utilização de *software* de geoprocessamento tem permitido condições para a extração de informações georreferenciadas de parcelas do espaço geográfico a partir do cruzamento e análise de vários mapas temáticos, fornecendo uma visão sobre os diversos componentes do ambiente (solos, geologia, geomorfologia, uso e cobertura vegetal e declividade, entre outros) (Faria et al., 2003).

8.2 - Software ArcGis

Entre os software de SIG, destaca-se o *ArcGis 9.0*, criado pela empresa americana ESRI (Environmental Systems Research Institute. Inc) que constitui uma poderosa ferramenta para visualização, consulta, pesquisa e análise de dados georreferenciados.

Esse software, conhecido como “Desktop Mapping (DM)”, tinha como objetivo disseminar nas organizações o uso de dados geográficos que antes estavam restritos a laboratórios bem equipados e caros. Com os DMs os usuários passaram a acessar bancos de dados geográficos em seus próprios equipamentos pessoais, podendo gerar mapas e relatórios que antes precisavam ser “encomendados” em um centro de processamento de dados (ESRI, 2006).

A versão 9.0 do *ArcGis* possui as seguintes funções principais: utilização de várias projeções cartográficas, sem necessidade de transformações nos dados originais; interface que pode ser adaptada às necessidades dos usuários; disponibilidade de uma linguagem de programação orientada para objetos; edição de dados tabulares; geração de mapas de alta qualidade; digitalização de dados vetoriais; geração de análises espaciais com dados vetoriais e *raster* ou matricial, entre outras (ESRI, 2006).

No *ArcGis 9.0*, para cada tema de informação, pode ser gerado um banco de dados com as informações espaciais e quantitativas de cada atributo.

8.3 – Aplicação do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e do Sensoriamento Remoto no levantamento do uso e ocupação das terras no Distrito Federal.

No Distrito Federal alguns pesquisadores estudaram o uso e ocupação das terras, por meio da aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Destaca-se o trabalho da UNESCO (2002), que representa uma avaliação multitemporal, pois foram utilizadas informações de 1954 e 1964 com fotografias aéreas e 1973, 1984, 1994, 1998 e 2001 com imagens de satélite, para avaliar a perda de cobertura vegetal no Distrito Federal. O levantamento foi realizado na escala 1:100.000.

Com relação ao mapeamento das terras, também pode se citar Rodrigues (1998), que avaliou o uso e ocupação das terras na microbacia do Córrego Lamarão, Distrito Federal, utilizando imagens de 1987, 1996 e 1997, estabelecendo as seguintes classes: mata galeria, cerradão, cerrado, campo, agricultura anual, agricultura irrigada, pastagem, pastagem degradada, área desmatada, área queimada, solo exposto e reservatório de água, além da verificação da adequação com a aptidão agrícola das terras.

Com relação à área urbana, Anjos (1996), analisou a expansão urbana no Distrito Federal e sua região do entorno imediato no período de 1964 até 1990 e estabeleceu vetores de crescimento urbano da cidade.

O trabalho de Loebmann et al. (2005) realizado por meio de imagens LANDSAT (1984, 1994 e 2001) objetivou a avaliação do uso e ocupação das terras nas diferentes unidades pedológicas da bacia do Rio Jardim, Distrito Federal, e estabeleceram as seguintes classes: mata galeria, cerrado agricultura e áreas degradadas. Observaram que a área ocupada pela agricultura irrigada evoluiu de 6% em 1984 para 17% das terras cultivadas em 2002 e, também, constataram que as áreas degradadas entre as classes de Latossolos e Cambissolos tiveram um aumento na porção sudoeste da bacia.

No estudo de Ramos (2002), no mapeamento das áreas indicativas de degradação na Área de Proteção Ambiental (APA) da bacia do Rio São

Bartolomeu, foi gerado um mapa de uso e ocupação das terras que serviu de subsídios para a aplicação da Equação Universal de Perdas de Solos.

II – OBJETIVOS

1- Objetivo Geral

- Avaliar o uso e ocupação das terras da porção setentrional da Bacia do Rio São Bartolomeu, incluindo as microbacias dos córregos Mestre D'Armas, Pipiripau e Sobradinho, utilizando imagens de satélite de uma série temporal (1984, 1992 e 2003), por meio de técnicas de geoprocessamento.

2- Objetivos Específicos

- Verificar as características dos usos e ocupações das terras na área de estudo, nos anos de 1984, 1992 e 2003.

- Determinar as alterações no uso e ocupação das terras ao longo da série temporal estudada;

- Avaliar a adequação do uso e ocupação atual das terras da porção setentrional da Bacia do Rio São Bartolomeu;

III - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G.; LAMEIRA, W. J. M. Avaliação dos usos da terra e de áreas degradadas utilizando imagens de satélite videografia no leste do estado do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRA DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1243-1245.

ANDERSON, J. R.; HARDY, J. T.; WITMER, R. E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Rio de Janeiro: SUPREN – IBGE, 1979. 80p. (Tradução da revisão da U. S. Geological Survey circular 671 Documento Técnico 964 do Geological Survey).

ANJOS, R. S. A. **Monitoramento da expansão urbana no Distrito Federal e sua região do entorno imediato (1964-1990)**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1996. 94p.

ARAÚJO, M.; ROCHA, J. V. Sistema de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola das terras na região de Una, no sudeste da Bahia. **Caderno de Informações Georreferenciadas**, Campinas, v. 1, n. 2, 1997. CD-ROM.

ARAÚJO FILHO, M. C. **Desenvolvimento de um sistema de classificação hierárquico para mapas de uso e cobertura da terra por meio de imagens do satélite LANDSAT ETM.** Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2005, Dissertação de Mestrado.

ARONOFF, S. **Remote sensing for GIS managers.** Califórnia: Esri Press, 2005. 487p.

BENTZ, C. M. **Avaliação da transformação radiométrica dos dados TM/LANDSAT – 5 em reflectâncias.** São José dos Campos – SP: INPE, 1990. 142p. Dissertação de Mestrado.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269–321.

BRASIL. Ministério da agricultura. **Programa nacional de microbacias hidrográficas.** Manual operativo. Brasília, DF: Coordenação nacional do PNMH. Ministério da Agricultura, 1987. 60 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais.** São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996. 180p.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; ROCHA, V. M. Desenvolvimento de algoritmo para classificação considerando o comportamento espectral das imagens LANDSAT7/ETM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 20, 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2001. CD-ROM.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T.; MELO, A. F.; SILVA, P. A. Processamento e análise de imagens multiespectrais para o perímetro de irrigação de Gortuba (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 473 - 480.

CAMARGO, L. A. S.; SOUSA JÚNIOR, W. C.; MORELLI, F. Uso de geotecnologias na análise de sustentabilidade no meio rural: estudo de caso no Corredor Cerrado-Pantanal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 49-56.

CAMPOS, S.; ARAUJO JÚNIOR, A.A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; PIROLI, E. L. Sensoriamento remoto aplicado ao uso da terra em microbacias hidrográficas Jaboticabal/SP. **Revista de Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 24, n. 2, 2004.

CHAVES , A. A. A. **Avaliação do uso e qualidade do solo e da água da região de nascentes do Rio Descoberto, DF.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005. 92p. Dissertação de Mestrado.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** New York, Lewis publishers, 1999. 133 p.

CORDEIRO, L. A. Os assentamentos urbanos e o relatório Belcher In: PINTO, M. N. (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. p. 433 – 443.

CORINE. **CORINE Land Cover (Coordination of information on the environment).** Bruxelas: Comm European Communities, 1992.

CUNHA, S. B. Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org) **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 229 – 265.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, A. C.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: Sociedade brasileira de ciência do solo, 1993. 90p.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

DASP - DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DO SERVIÇO PÚBLICO. **O relatório técnico sobre a nova capital da república.** Rio de Janeiro, 2ª edição, 1956.

DAVISON, G. J. Ground control poiting and geometric transformation of satellite imagery. **Internacional Journal of Remote Sensing**, v.1, n. 7, 1986. p. 65-74.

ESRI. GIS and mapping software. **Guia ArcGis 9.0.** 2006. Disponível em: [http:// www.esri.com](http://www.esri.com) Acesso em: 5 de janeiro de 2006.

FARIA, A. L. L.; SILVA, J. X.; GOES, M. H. B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do ribeirão Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). **Revista Caminhos da Geografia**, v. 4, 2003. p. 50-65.

FERREIRA, C. S.; NUNES, S. F.; FERREIRA, N. C.; TEIXEIRA, C. V.; MENESES, P. R. Elaboração de mapa de tendência do desmatamento no município de Buritis (RO). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA, 15, 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. CD-ROM

FILADELFO JÚNIOR, W. S.; CAMPOS, S.; PIROLI, E. L.; CARDOSO, L. G.; BARROS, Z. X. de. Uso atual das terras da bacia hidrográfica do Ribeirão Água

Fria – Bofete (SP), obtidos por sistemas de informações geográficas. **Revista Irriga**, Botucatu, n. 1, 2001.

GONG, P.; HOWART, P. J. An assessment of some factors influencing multispectral land-cover classification. **Photogrammetric Engineering and Remote sensing**, Bethesda, v. 56, n. 5, 1990. p. 597 – 603.

GOUVÊA, L. A. A capital do controle e da segregação social. In: PAVIANI, A. (org.) **A conquista da cidade**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991. p. 75 – 96.

GUERRA, A. T.; GUERRA A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

HERNANDEZ FILHO, P., PONZONI, F. J. e PEREIRA, M. N. Mapeamento das fitofisionomias e uso da terra de parte da bacia do Rio Taquari. *Revista brasileira de engenharia agrícola*, Brasília, v. 33, 1998, p. 1755 – 1762.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, Primeira divisão de geociências do nordeste, Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598, nº 7, 1999, 58p.

JENSEN, J. R. Urban/suburban land use analysis. In: COLWELL, R. N. **Manual of remote sensing**. Falls Church, VA: ASP, v. 2, 1983. p. 1511-1666.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The Measurements of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, n. 3, 1977, p. 159-179.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacias hidrográficas: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 724 p.

LOEBMANN, D. G.; GUIMARÃES, R. F.; BETTIOL, G. M.; FREITAS, L. F.; REDIVO, A. L.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Mistura espectral de imagens LANDSAT para análise multitemporal de uso da terra nas diferentes unidades pedológicas da bacia do Rio Jardim, DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 557-564.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, 2003. p. 727-733.

MACHADO, M. L. **Caracterização de agroecossistemas cafeeiros da zona da mata de Minas Gerais, usando sensoriamento remoto e sistemas de**

informações geográficas. Lavras – MG: UFLA, 2002. 137 p. Dissertação de Mestrado.

MADEIRA NETTO, J. S. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais.** Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 127 - 154.

MAIA, M. R. e LAGE, C. S. Caracterização do uso do solo no município de Vitória da Conquista, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 6, 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. CD-ROM.

MENESES, P. R. Fundamentos da radiometria óptica espectral. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais,** Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 15 – 40.

MENESES, P. R.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Comportamento espectral de minerais e rochas. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais,** Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 63 – 123.

MENESES, P. R.; PONTARA, R. C. P.; SILVA, F. H. F.; MADEIRA NETTO, J. C. Comportamento da reflectância espectral de filitos carbonosos mineralizados em ouro. **Revista Brasileira de Geociências,** Brasília, v. 31, n.1, 2001. p. 83-88.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, **Decreto nº 94.076 Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas.** Brasília, 05 de março de 1997.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias e aplicações.** 2. ed., Viçosa – Minas Gerais: UFV, 2003. 307p.

MOREIRA, R. A.; RAMOS NETTO, M. B.; MACHADO, C. P.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; MENEZES, B. A. C.; MACHADO, S. J. M.; FERREIRA, R. G. Análise temporal do uso do solo nos municípios de entorno do Parque Nacional das Emas com a utilização de imagens Landsat e CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 633 – 641.

NEPOMUCENO, A. M. **Uso de rede neural artificial não supervisionada na classificação de dados de radar na banda-P para mapeamento de cobertura da terra em floresta tropical.** São José dos Campos: INPE, 2003. 197 p. Dissertação de mestrado.

NOVO, E. M. L. M., **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1995. 308p.

NOVO, E. M. L. M., Comportamento espectral da água. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais.** Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 203 - 224.

OKA-FIORI, C.; FIORI, A. P. ; HASUI, Y. Dinâmica da ocupação do solo na bacia do Rio Itiquira, Mato Grosso, Brasil. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 7, 2003. p. 19 – 31.

PARANHOS FILHO, A. C. **Análise geo-ambiental multitemporal: o estudo de caso da região de Coxim e da bacia do Taquarizinho (MS-Brasil)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. 213 p.. Tese de Doutorado.

PAVIANI, A. **Brasília, ideologia e realidade; espaço urbano em questão**. São Paulo: Projeto/ CNPq, 1985. 266 p.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; TONIAL, T. M.; MISSIO, E.; HENKE-OLIVEIRA, C. RITTERBUCH, M.; ZANG, N. Caracterização preliminar em áreas de vegetação em microbacias da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Pesquisa e Pós-Graduação**, Erechim – Rio Grande do Sul, v. 1, 2000. p. 107-130.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 157 - 199.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Aptidão Agrícola das Terras**. 3ª ed. Revisada, Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 1995. 65 p.

RAMOS, P. C. **Mapeamento das Áreas Indicativas da Degradação na APA da Bacia do Rio São Bartolomeu – DF, utilizando técnicas de Geoprocessamento**. Brasília: Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2002. 85 p. Dissertação de Mestrado.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 2002. 304 p.

RESENDE, M. 500 anos de uso do solo no Brasil. In: ARAÚJO, Q. R. (org) **500 anos do uso do solo no Brasil**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. 605 p.

RIBEIRO, S. R. A. e CENTENO, J. S. **Classificação do uso do solo utilizando redes neurais e o algoritmo MAXVER**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 1341-1348.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do autor, 2000. 220 p.

RODRIGUES, L. M. R. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da evolução e adequação do uso agrícola das terras na microbacia do Córrego Lamarão, DF**. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 1998. 109 p. Dissertação de Mestrado.

ROJAS, E. H. M. **Síntese genética de redes neurais artificiais ART2 na classificação de imagens Áster para mapeamento de uso e cobertura da**

terra na região norte do Mato Grosso. São José dos Campos – SP: INPE, 2005. 124 p. Dissertação de Mestrado.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 1995. 117 p.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: sistema de informação geográfica.** Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 104 p.

RUHOFF, A. L.; PORTO, V. A.; PEREIRA, R. S. Mapeamento de uso da terra e ocupação do espaço geográfico em Santa Maria, RS. **Revista RA'E GA**, Curitiba, nº 7, 2003. p. 87-94.

SANTOS, V. T. M. **Aplicação de classificação digital de imagens orbitais no mapeamento de uso da terra.** Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2006, Dissertação de Mestrado.

SCHOWENGERDT, R. A. **Models and methods for image processing.** 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997, 522p.

SILVA, M. T. G. **Utilização de geotecnologias no levantamento e adequação do uso dos solos na bacia do Rio João Leite – Goiânia-GO.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2003. 125 p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, M. K. A.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. Mapeamento de uso de solo no município de Pedrinópolis – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 285 – 291.

STEINBERG, M. Formação do aglomerado urbano de Brasília no contexto nacional e regional. In: PAVIANI, A. (org.) **Brasília – gestão urbana: conflitos e cidadania.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999, p. 23 – 51.

STONER, E. R.; BAUMGARDNER, M. F. Characteristics variations in reflectance of surface soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, 1981. p. 1161-1165.

STORY, M.; CONGALTON, R. Accuracy assessment: a user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote sensing**, Bethesda, v. 52, n. 3, 1986. p. 397 – 399.

SULFOFT. **Guia do ENVI.** 2006. Disponível em: [http:// www. Sulsoft.com.br](http://www.Sulsoft.com.br)
Acesso em: 5 de janeiro de 2006.

TEIXEIRA, C. V.; RIBEIRO, N. V.; NUNES, M. A. Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto – RO - Construção de um Sistema de Informações Geográficas. In: CONGRESSOS BRASILEIROS DE CARTOGRAFIA, 19, 1999, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBC, 1999. CD-ROOM.

TSUCHIVA, I.; IMAI, N. N.; SILVA, E. A. Aplicação do geoprocessamento no controle de nematóides da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1, 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2000. CD-ROM.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço** Brasília: Editora UNESCO Brasil, 2ª edição, 2002. 80 p.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.** Piracicaba – SP: Escola Superior de Agricultura, USP, 2005. 121 p. Tese de doutorado.

CAPÍTULO ÚNICO

Trabalho a ser encaminhado para a Revista Brasileira de Cartografia

AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU, DISTRITO FEDERAL, COM O AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS¹

Cristhian Spindola Ferreira² & Marilusa Pinto Coelho Lacerda³

¹ Projeto financiado pelo CNPq. ² Aluna do Mestrado em Gestão de Solo e Água, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto Central de Ciências Ala Sul, Caixa Postal 4.508, CEP: 70.910-970, Brasília, DF, cristhiansf@uol.com.br; ³ Professor Adjunto da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o uso e ocupação das terras da porção setentrional da Bacia do Rio São Bartolomeu, situada na Região Administrativa de Planaltina, no Distrito Federal (DF), incluindo as microbacias dos córregos Mestre D'Armas, Pipiripau e Sobradinho, ao longo de uma série histórica compreendendo os anos de 1984, 1992 e 2003. O trabalho foi realizado por meio da avaliação da evolução temporal e da adequabilidade do uso e ocupação das terras, com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Foram elaborados mapas de uso e ocupação das terras da área de estudo a partir de processamentos digitais de imagens de satélite LANDSAT para os anos de 1984, 1992 e 2003, por meio do software ENVI 4.1. Avaliou-se a evolução temporal do uso e ocupação das terras da área de estudo, a partir de operações de tabulação cruzada e cruzamentos no ArcGIS 9.0, entre os mapas de uso e ocupação das terras gerados. Posteriormente, verificou-se a adequabilidade do uso e ocupação das terras da área de estudo no ano de 2003, por meio de operações semelhantes no ArcGIS 9.0, entre o mapa de uso e ocupação e o mapa de aptidão agrícola das terras (Embrapa, 1978). A avaliação dos mapas de uso e ocupação das terras dos anos de 1984, 1992 e 2003 juntamente com os dados obtidos pela tabulação cruzada e pelos cruzamentos entre os mapas permitiu identificar as modificações ocorridas ao longo da série temporal estudada. Verificou-se que no período de 1984 a 1992

ocorreram as maiores alterações nos usos e ocupações das terras da área estudada pela expansão de agricultura e da área urbana, com grande substituição da vegetação nativa. De 1992 a 2003 observou-se a manutenção do uso antrópico, mas ainda com tendências de expansão urbana e substituições de usos moderados por usos cada vez mais intensivos. A avaliação da adequabilidade do uso e ocupação das terras na área de estudo permitiu constatar que a maior parte da área está com suas terras utilizadas de forma adequada em relação à aptidão agrícola das terras.

Palavras chaves: aptidão agrícola, sensoriamento remoto, geoprocessamento e sustentabilidade ambiental.

TEMPORARY EVALUATION OF LAND USE AND LAND COVER IN THE BASIN OF SÃO BARTOLOMEU RIVER, FEDERAL DISTRICT BY MEANS OF GEOPROCESSING

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the land use and land cover in the northern portion of the watershed of São Bartolomeu River, situated in the Administrative Area of Planaltina in Federal District (DF), including the watersheds of the streams Mestre D'Armas, Pipiripau and Sobradinho, along a historical series in the years of 1984, 1992 and 2003. The study was accomplished through the evaluation of the temporary evolution and the adequacy of the land use and land cover, with techniques of remote sensing and geoprocessing. Land use and land cover maps of the studied area were elaborated starting with digital processings of satellite images LANDSAT of the years 1984, 1992 and 2003, through the software ENVI 4.1. The temporary evolution of the land use and land cover of the studied area was evaluated, through operations of crossed tabulation and crossings in ArcGIS 9.0 between the land use and land cover maps that were generated. Later, the adequacy of the land use and land cover of the studied area in the year of 2003 was verified, through similar operations in ArcGIS 9.0 between the land use and land cover

map and the map of agricultural capability of the lands (Embrapa, 1978). The evaluation of the land use and land cover maps of the years 1984, 1992 and 2003 together with the data that were obtained by the crossed tabulation and by the crossings among the maps identified the modifications that occurred along the temporary series. It was verified that in the period of 1984 to 1992, the biggest alterations in the land use and land cover of the studied area occurred due to the expansion of agriculture and of the urban area, with great substitution of the native vegetation. From 1992 to 2003, the maintenance of the anthropic use was observed, but still with tendencies of urban expansion and substitutions of moderate uses for more intensive uses each time. The evaluation of the adequacy of the use and occupation of the lands in the studied area verified that most of the area is with its lands being used in an appropriate way in relation to the agricultural capability of the lands.

Key words: agricultural capability, remote sensing, geoprocessing and environmental sustainability.

I – INTRODUÇÃO

Ao longo do processo histórico vem ocorrendo intensa mudança no meio natural pela ação do homem. Gouvêa (1991) analisa que a modernização do sistema produtivo alicerçado no modelo capitalista de produção e as ações antrópicas tornaram-se a principal causa das modificações no espaço geográfico. Essas modificações na maioria das vezes são resultados de ações irracionais do uso e ocupação das terras e em conseqüência disso, observa-se que as alterações geraram um processo de desequilíbrio ambiental.

Por este motivo o estudo temporal do uso e ocupação das terras constitui um importante passo para o entendimento da relação entre homem e o meio físico, possibilitando estimar conseqüências futuras, considerando a progressão dos acontecimentos iniciados no passado.

De acordo com Rodrigues (1998), o estudo de uso e ocupação das terras constitui importante componente na pesquisa para o planejamento da utilização racional dos recursos naturais, contribuindo na geração de informações para avaliação da sustentabilidade ambiental. Estudos desta natureza necessitam de dados de outros levantamentos como: solos, geologia, relevo e aptidão agrícola, entre outros.

Atualmente, estes estudos são facilitados pelo desenvolvimento tecnológico no campo do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. A utilização e a evolução do sensoriamento remoto estabeleceram uma nova realidade de obtenção de informações espaciais e o geoprocessamento permite as análises dessas informações (Oka-Fiori et al., 2003).

Autores como Maia e Lage (2004), Moreira et al. (2005) e Silva et al. (2005), Chaves (2005), Lobo (2002) e Santos (2006) ressaltam que o mapeamento de uso e ocupação das terras com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento constitui um instrumento de grande importância na medida que revela informações acerca dos tipos de uso, podendo subsidiar ações de planejamento.

O monitoramento das modificações de uso e ocupação das terras deve ser acompanhado de avaliações técnicas que subsidiem a interpretação da sustentabilidade ambiental, principalmente em áreas com predominante uso agrícola.

Um parâmetro técnico utilizado para auxiliar a avaliação da sustentabilidade ambiental é o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995), que orienta o planejamento agrícola para uma diversidade de usos com diferentes níveis de manejo e considera as condições agrícolas das terras, por meio das características dos solos, fatores ecológicos e sócio-econômicos.

No Distrito Federal, as modificações territoriais foram intensas, principalmente no meio natural, onde grande parte dos recursos naturais foi utilizada de forma indiscriminada, em função da expansão dos processos de urbanização e agricultura, conseqüentemente, a alteração do equilíbrio do meio natural vem comprometendo a qualidade ambiental do Distrito Federal.

UNESCO (2002) realizou uma análise temporal do uso e ocupação das terras no Distrito Federal (DF) e constatou que a atividade agrícola e a urbanização foram as principais causas da retirada da cobertura vegetal natural do cerrado, fato este que coloca em risco as áreas de proteção ambiental da reserva da biosfera.

Em relação a expansão urbana, Anjos (1996), analisou por meio de técnicas de sensoriamento remoto o processo de expansão da urbanização no Distrito Federal e apontou que esse processo não leva em consideração as limitações ambientais do Distrito Federal (DF).

Autores como Rodrigues (1998), Lobo (2002) e Chaves (2005), avaliaram a adequação do uso e ocupação das terras em relação a aptidão agrícola das terras em diferentes microbacias do Distrito Federal e observaram que a maior parte das áreas não obedecem as potencialidades agrícolas das terras.

Já Loebmann et al. (2005), constatam por análise temporal de imagens de satélite do uso e ocupação das terras na bacia do Rio Jardim, que o uso agrícola foi o uso de maior crescimento durante o período estudado e que quase a totalidade da vegetação natural do cerrado foi retirada inclusive nas áreas de proteção permanentes.

Ramos (2002), em seu mapeamento das áreas indicativas da degradação ambiental na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio São Bartolomeu, verificou que nas áreas de alto risco à erosão possuem como uso principal a agricultura e sugeriu estudos mais aprofundados na região.

Diante deste cenário, o presente trabalho objetivou a avaliação temporal do uso e ocupação das terras no Distrito Federal (DF). Verificou-se as características dos usos e ocupações das terras nos anos de 1984, 1992 e 2003. Determinou-se as alterações no uso e ocupação das terras ao longo da série temporal. Avaliou-se, também, a adequabilidade dos diversos usos em relação ao potencial agrícola das terras.

Para tanto, a área selecionada para este estudo foi a porção setentrional da Bacia do Rio São Bartolomeu, que abrange as microbacias dos córregos Mestre D'armas e Pipiripau, considerada representativa das ocupações rurais e urbanas do DF, pois apresentam atividades agrícolas diversificadas e uma intensa expansão da área urbana.

II – MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de trabalho adotada para o desenvolvimento da pesquisa envolveu etapas de trabalho alternadas em atividades de laboratório, escritório e campo.

Inicialmente foram realizadas campanhas de campo para seleção da área de estudo, observando a representatividade das áreas no Distrito Federal, em relação à distribuição de classes de solos, superfícies geomorfológicas e usos e ocupações das terras, particularmente em atividades agrícolas desenvolvidas no Distrito Federal.

1- Base de Dados

Para realização deste estudo foi necessária a formação de uma base de dados que permitem a avaliação temporal do uso e ocupação das terras da área de estudo.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica que compreendeu estudos de mapeamentos e sistemas de uso e ocupação das terras com a utilização de sensoriamento remoto, processamento de imagens de satélite, classificação de imagens de satélite utilizando o algoritmo MAXVER, testes de exatidão do mapeamento, integração de dados utilizando e geoprocessamento e as características ambientais da área de estudo.

Em seguida, foram levantadas as bases cartográficas constituídas por: cartas planialtimétricas nas escalas 1:100.000 (CODEPLAN, 1996), hidrografia, curvas de nível e pontos cotados na escala 1:25.000 (CODEPLAN/SICAD, 1991) e hidrografia e rodovias na escala 1:10.000 (CODEPLAN/SICAD, 1991). E também, foram obtidos os mapas temáticos: Unidades Hidrográficas do DF na escala 1:100.000 (SEMATEC, 1994), Classes Climáticas do DF na escala 1:300.000 (CODEPLAN, 1984), Unidades Geológicas do DF na escala 1:100.000 (Freitas-Silva e Campos, 1998), Classes de Solos do DF na escala 1:100.000 (Embrapa, 1978) e o Mapa de Aptidão Agrícola das Terras na escala 1:100.000 (Embrapa, 1978).

O limite territorial da Estação Ecológica de Águas Emendadas foi fornecido pela DIREC/IBAMA - Diretoria de Ecossistemas do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Já o limite da Embrapa Cerrados foi obtido pelo CPAC/Embrapa - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da Embrapa.

E finalmente foram adquiridas as três imagens LANDSAT: TM 221-71 de 26 de maio de 1984, TM 221-71 de 21 de setembro de 1992 e a ETM 221-71 de 23 de maio de 2003, com todas as bandas espectrais. As imagens foram cedidas pela CGZAM/IBAMA - Coordenação Geral de Zoneamento e Monitoramento Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

2 – Caracterização da Área de Estudo

2.1 - Localização da Área de Estudo

A área de estudo corresponde às unidades hidrográficas dos Córregos Mestre D'Armas, Pipiripau e uma pequena parte do Córrego Sobradinho, pertencentes à porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu. Encontra-se situada na Região Administrativa de Planaltina e em uma pequena porção na região administrativa de Sobradinho.

A área de estudo compreende 54.592,77 hectares, sendo em sua totalidade situada no Distrito Federal, entre as coordenadas UTM 200485 e 235798 de latitude e 8284978 e 8259437 de longitude, apresentada na figura 1.

2.2 – Clima

O clima do Distrito Federal é marcado pela forte sazonalidade, com dois períodos distintos bem caracterizados. Os períodos entre maio e setembro são evidenciados pela baixa taxa de precipitação, baixa nebulosidade, alta taxa de evaporação, com baixas umidades relativas diárias (tendo sido registrados valores inferiores a 15%). O período entre outubro e abril apresenta padrões contrastantes, sendo que os meses de dezembro a março concentram 47% da precipitação anual (Campos, 2004).

A precipitação média anual é da ordem de 1.500 mm, sendo que existe uma distribuição irregular, onde as menores taxas pluviométricas anuais ocorrem na porção leste e as taxas mais elevadas estão concentradas em dois pontos a NE e SE do Distrito Federal (Baptista, 1998). De acordo com a CODEPLAN (1984), o clima do Distrito Federal, na classificação de Köppen, é do tipo tropical, concentrando-se as chuvas no verão. A classificação foi realizada em função da variação da temperatura do ar uma vez que as variações locais de precipitação não são relevantes. Assim, a variação da temperatura está relacionada apenas às variações altimétricas locais.

Observa-se na figura 2, que de acordo com a classificação de Köppen, observam-se os seguintes tipos climáticos na área de estudo: tropical (Aw): temperatura do mês mais frio superior a 18°C e mais quente de 32°C, caracterizado nas áreas com cotas altimétricas abaixo de 1.000 m; tropical de altitude (Cwa): temperatura do mês mais frio superior a 18°C, com média superior a 22°C no mês mais quente, definido em áreas com cotas altimétricas entre 1.000 e 1.200 m; e tropical de altitude (Cwb): temperatura do mês mais frio inferior a 18°C, nas áreas com cotas altimétricas superiores a 1.200 m.

2.3 – Hidrografia

O Distrito Federal possui uma hidrografia de grande importância estratégica para a manutenção dos recursos hídricos brasileiros. No território do Distrito Federal localizam-se as nascentes de afluentes dos três maiores rios brasileiros - o rio Maranhão (afluente do rio Tocantins), o rio Preto (afluente

do rio São Francisco) e os rios São Bartolomeu e Descoberto (tributários do rio Paraná).

De acordo com SEMATEC (1994), a área de estudo está localizada em três unidades hidrográficas do Distrito Federal: Unidade Hidrográfica do Pipiripau, Mestre D'Armas e uma parte da unidade Sobradinho. Essas unidades pertencem à bacia do rio São Bartolomeu tributária da bacia do rio São Francisco, conforme mostra a figura 3.

Além dos rios a área possui duas lagoas: a Lagoa Bonita que está localizada dentro dos limites da Estação Ecológica de Águas Emendadas e a Lagoa Joaquim Medeiros.

2.4 – Geologia

A geologia do Distrito Federal (DF) foi recentemente revista e atualizada a partir da confecção de um novo mapa geológico sem as coberturas de solos, desenvolvido por Freitas-Silva e Campos (1998). Quatro conjuntos litológicos distintos compõem o contexto geológico regional do Distrito Federal: os Grupos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí e suas respectivas coberturas de solos residuais ou coluvionares. Os grupos Paranoá e Canastra apresentam idade meso/neoproterozóica e os grupos Araxá e Bambuí, idade neoproterozóica.

O Grupo Paranoá ocupa, no DF, 65% do território e apresenta-se dividido em seis unidades, conforme sua coluna estratigráfica (da base para o topo): Unidade S (Metassiltito), Unidade A (Ardósia), Unidade R₃ (Metarritmito Arenoso), Unidade Q₃ (Quartzito Médio), Unidade R₄ (Metarritmito Argiloso), Unidade PPC (Litologias psamo-pelito-carbonatado) (Freitas-Silva e Campos 1998).

Na área de estudo, conforme mostra a figura 4, a geologia é caracterizada pela ocorrência predominante de unidades litológicas do Grupo Paranoá, tais como: Clorita Carbonato Filito (MNPccf); Unidade Ardósia (MNPpa); Unidade Pelito Carbonatada (MNPppc); Unidade Quartzito (MNPpq3); Unidade Metarritmito Arenoso (MNPpr3); Unidade Metarritmito Argiloso (MNPpr4); além da unidade Metassiltito Argiloso e Arcóseos (NPb) pertencente ao Grupo Bambuí e da unidade Clorita Carbonato Filito (MNPccf) do Grupo Canastra.

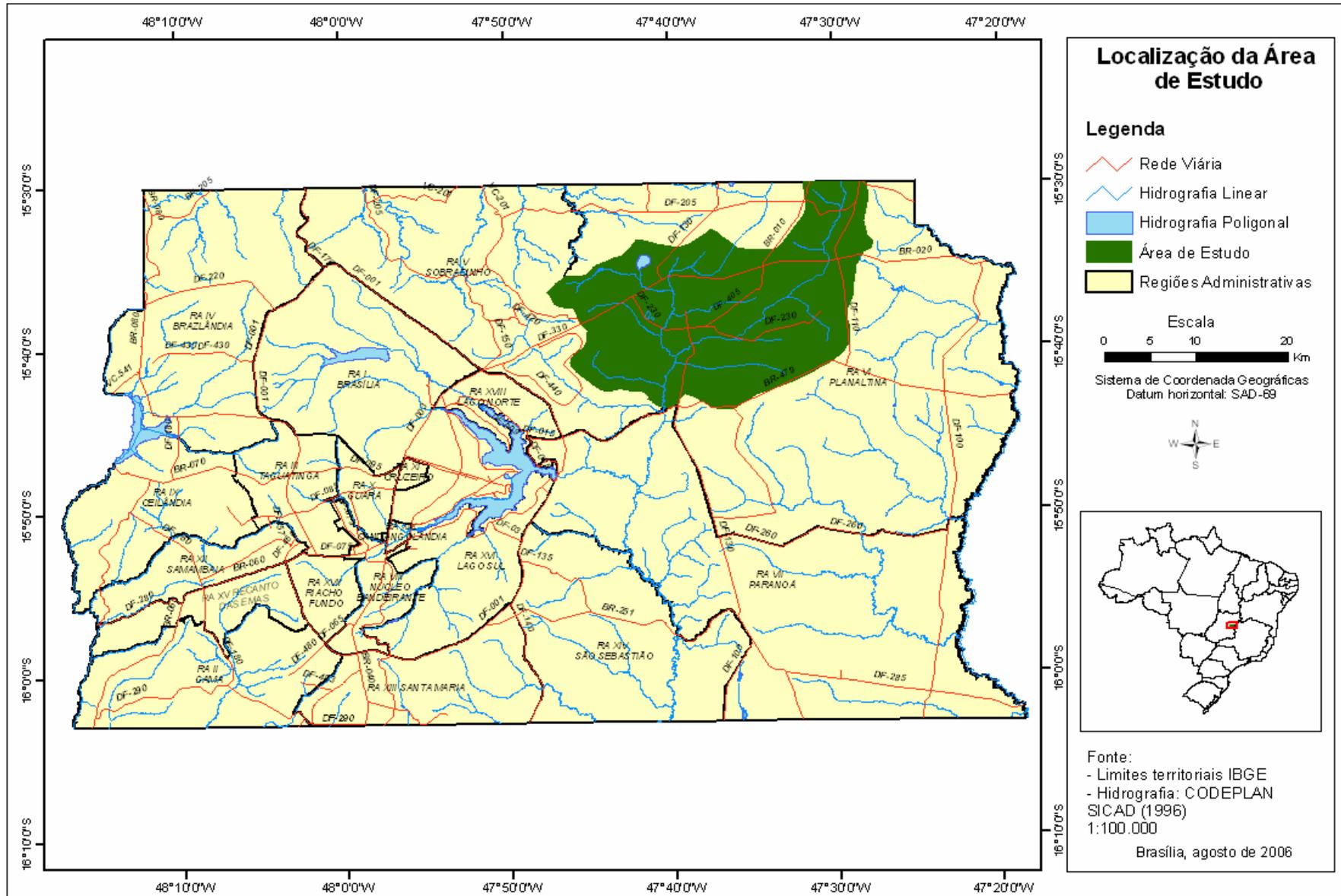


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no Distrito Federal.

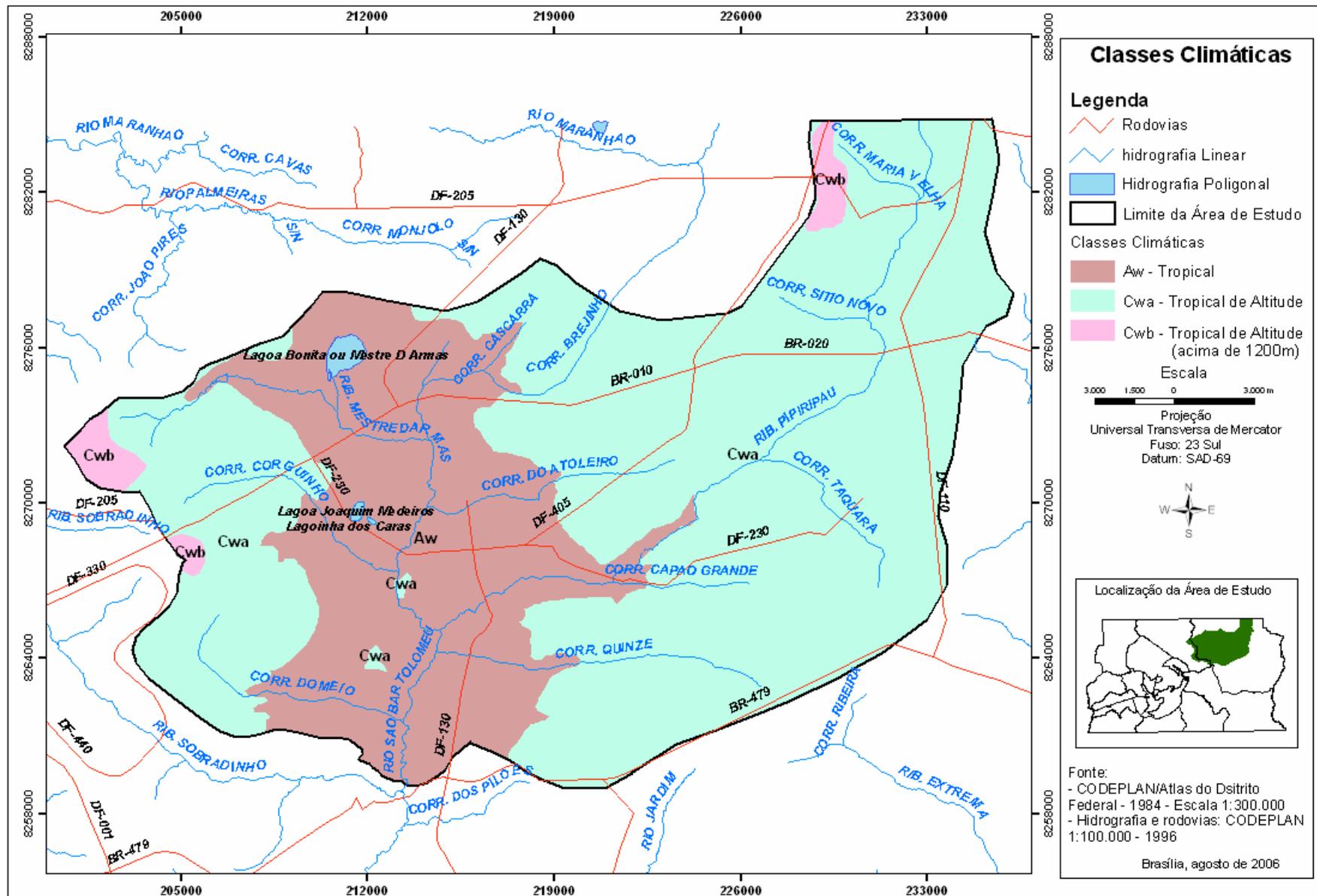


Figura 2. Mapa de classes climáticas da área de estudo.

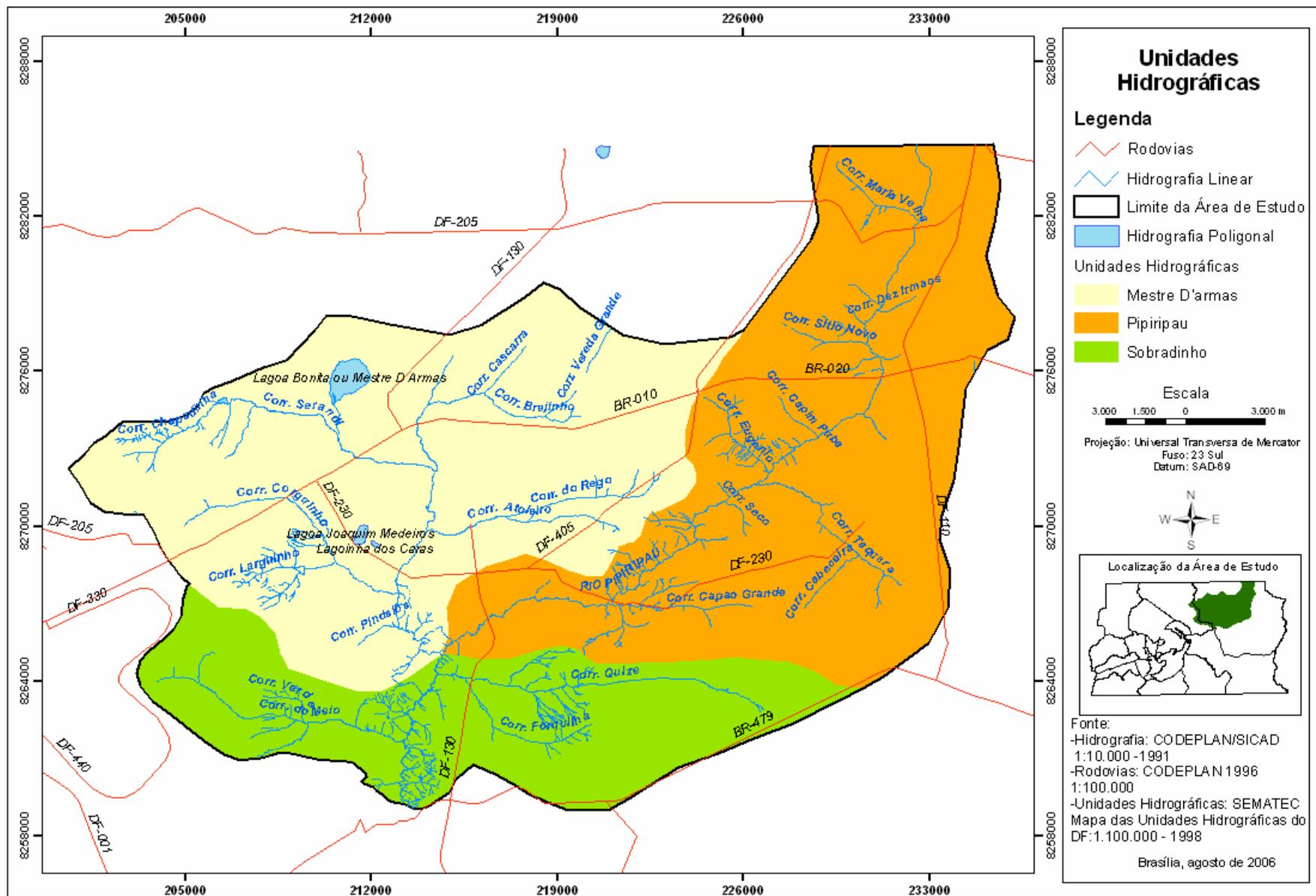


Figura 3. Mapa das unidades hidrográficas da área de estudo.

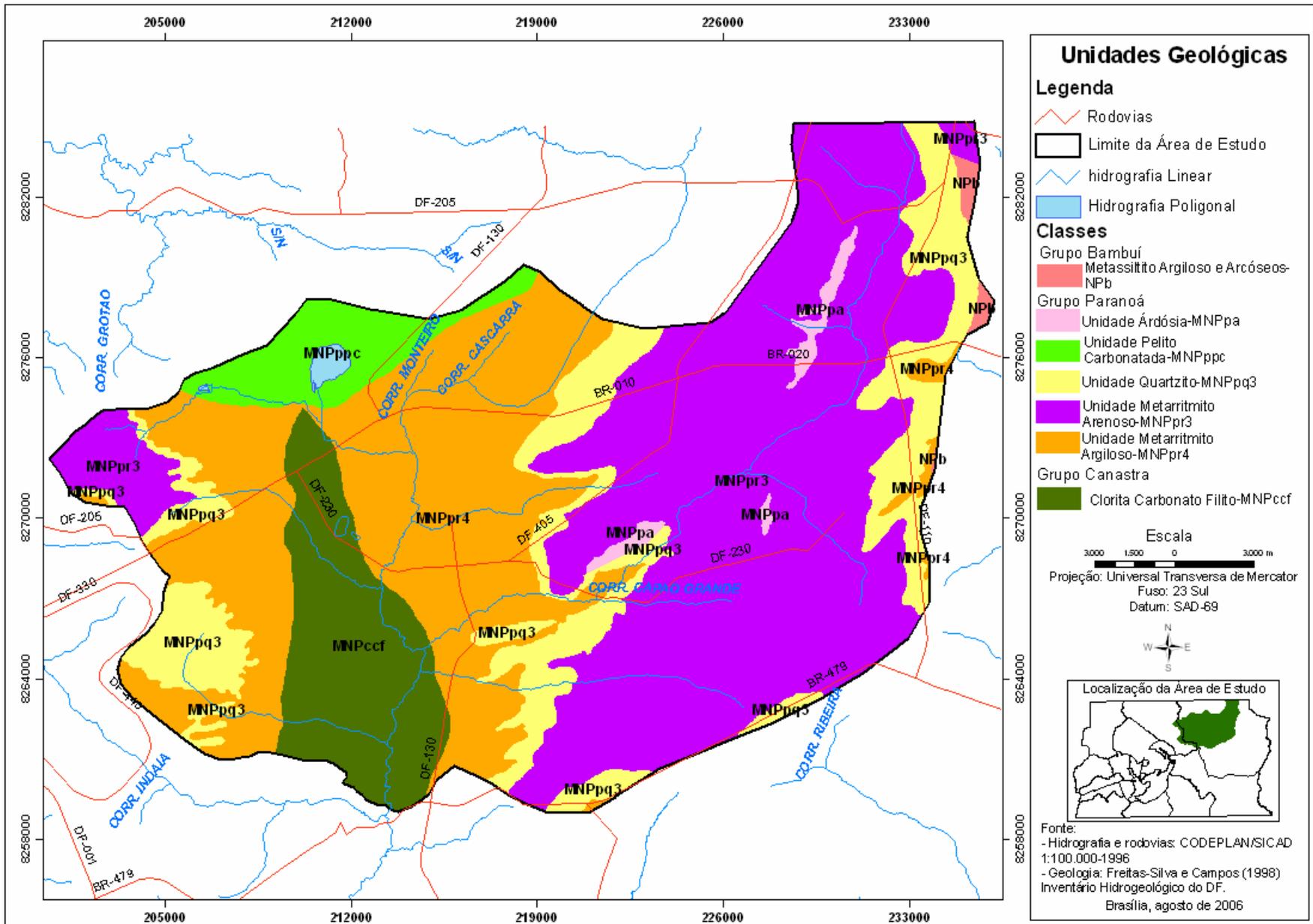


Figura 4. Mapa das unidades geológicas da área de estudo.

2.5 – Geomorfologia

Dentre os fatores responsáveis pela evolução morfodinâmica do Distrito Federal, destacam-se o clima, a evolução dos perfis de alteração, a estruturação neotectônica, além de processos de incisão de vales nas amplas chapadas elevadas (Campos, 2004). O substrato litológico apresenta um notável controle da compartimentação e evolução geomorfológica.

Novaes Pinto (1993), reconheceu no Distrito Federal três macrounidades geomorfológicas (domínios geomorfológicos) que englobam 13 unidades. As macrounidades foram denominadas de A = Região de Chapadas, B = Área de Dissecação Intermediária; e C = Região Dissecada de Vale.

Novaes Pinto (1993), estabeleceu, também, um quadro evolutivo morfogenético no qual considerou que tanto as chapadas como os pediplanos e pedimentos representam residuais de aplainamentos cenozóicos, superimpostos, em regime de alternância das condições climáticas entre úmidas e áridas, sobre uma extensa superfície de aplainamento cretácea. As chapadas observadas, tanto no Domínio da Região de Chapadas quanto aquelas fracamente dissecadas presentes no Domínio da Área de Dissecação Intermediária foram elaboradas por processos de etchiplanação.

De acordo com a compartimentação geomorfológica de Novaes Pinto (1993), a área de estudo, compreende as unidades geomorfológicas da região de Chapada da Contagem e Pípiripau e a unidade da Região Dissecada de Vale do Alto Curso do Rio São Bartolomeu. Nas áreas de chapada têm-se as maiores cotas altimétricas variando de 1.000 m a 1250 m e a região dissecada está em cotas bem menores, variando de 850 m a 950 m (figura 5).

2.6 – Solos

O trabalho realizado pelo Serviço Nacional de Levantamento de Solos (Embrapa, 1978), no qual foi elaborado o mapa de levantamento de reconhecimento de solos do Distrito Federal, na escala 1:100.000, considera que os solos do Distrito Federal (DF) representam bem os solos do bioma do Cerrado.

O Distrito Federal apresenta três classes de solos mais relevantes: Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos, com representatividade territorial no DF de 85,5%.

Os Latossolos representam 54,48% da área do Distrito Federal, divididos em Latossolos Vermelhos (38,65%) e Latossolos Vermelho-Amarelos (15,83%). A classe Latossolo Vermelho ocorre, sobretudo, nos topos das chapadas, divisores principais de bacias hidrográficas, com topos planos, na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto. A classe Latossolo Vermelho-Amarelo ocorre, principalmente, nas bordas de chapadas e ao longo dos divisores de drenagens, em superfícies planas, abaixo dos topos da Chapada de Contagem, sempre adjacentes à classe de Latossolo Vermelho.

Os Cambissolos (31,02%) ocorrem nas vertentes das bacias dos Rios Maranhão, Descoberto e São Bratolomeu e nas encostas com declividades mais elevadas, na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto.

As outras classes que ocorrem no Distrito Federal cobrem 9,06% do total da área, representadas por: Argissolos (4,09%), Chernossolos e Nitossolos (0,09%), Neossolos Flúvicos (0,19%), Gleissolos (4,16%), Neossolos Quartzarênicos (0,53%) e Plintossolos. O restante da área é constituída por superfícies aquáticas e áreas urbanas (5,45%). Os Argissolos são mais típicos na Bacia do Maranhão, associados aos Chernossolos e Nitossolos. Os Neossolos Flúvicos ocorrem em porções restritas dos vales dos rios Preto e Maranhão. Os Gleissolos são importantes ao longo de córregos e nascentes dos principais Rios. A classe Neossolo Quartzarênico é típica do rebordo de chapadas, desenvolvidas sobre quartzitos.

Como se pode visualizar na figura 6, na área de estudo predominam os Latossolos. Os Latossolos Vermelhos ocorrem na maior parte da área e subordinadamente ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos e Argissolos.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999), essas classes de solo possuem as seguintes características:

Latossolos Vermelhos: compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico (Bw) imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizontes diagnósticos superficiais, exceto H hístico.

Possuem matiz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte Bw.

São solos muito evoluídos, em estágio avançado de intemperização, como resultado de intensas transformações no material de origem. Os solos são destituídos de minerais primários ou secundários facilmente intemperizáveis.

Variam de fortemente a bem drenados e são normalmente muito profundos, sendo a espessura de *solum* raramente inferior a um metro. Tem seqüência de horizontes A, Bw e C, com pouca diferenciação entre os horizontes. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação de bases.

São típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais distribuídos em relevo plano e suave ondulado.

Latossolos Vermelho-Amarelos: diferenciam-se da classe anterior por possuir matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte Bw.

Cambissolos: compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente (Bi) subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Esta classe comporta solos fortemente a imperfeitamente drenados, geralmente rasos, de cor bruna ou bruna-amarelada até vermelho escuro, alta a baixa saturação por bases.

Neossolos Quartzarênicos: são solos com seqüência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentado textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. São essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis.

Gleissolos: compreendem solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo.

Argissolos: solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argilas de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E.

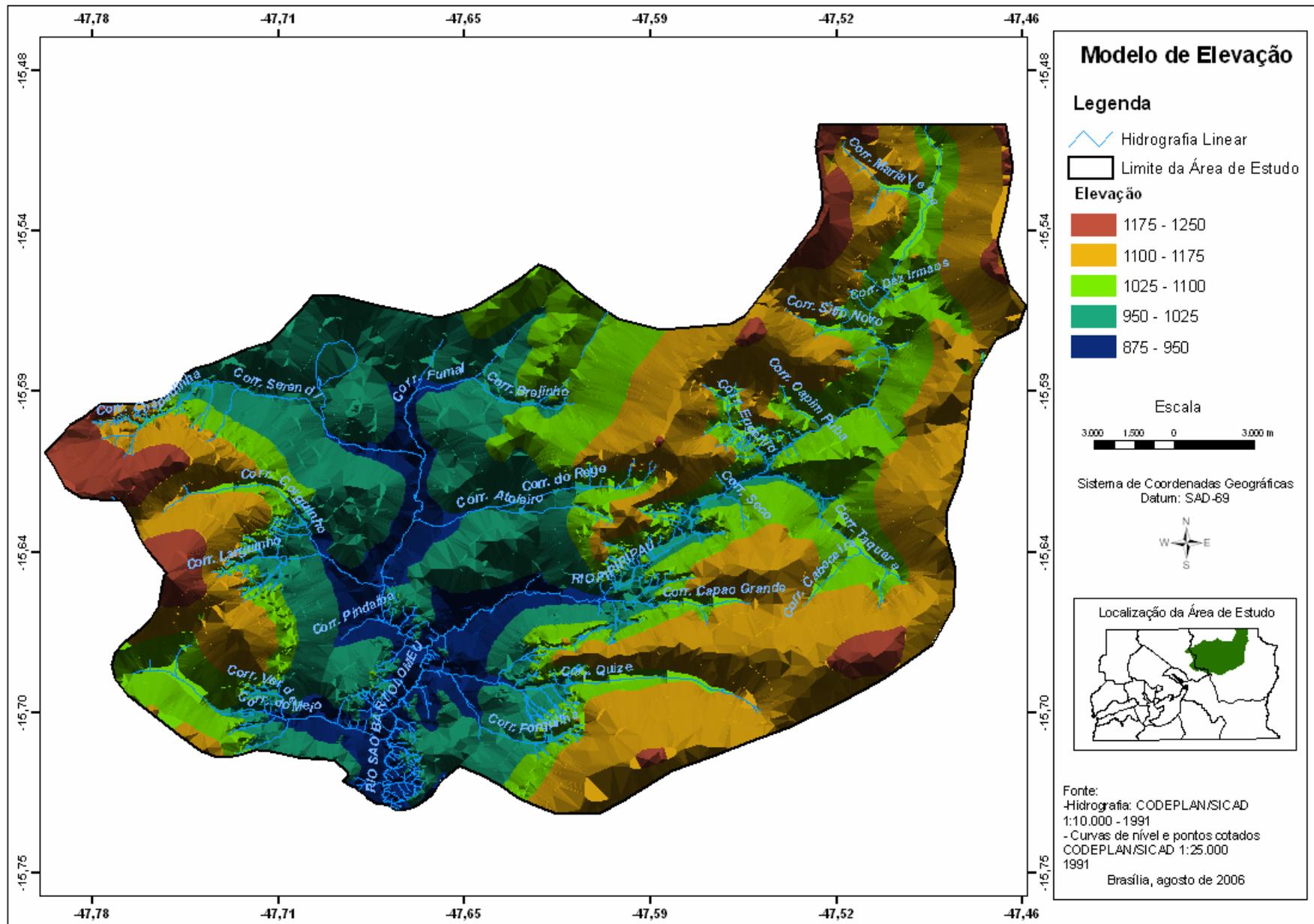


Figura 5. Mapa altimétrico da área de estudo, estabelecido pela TIN (*Triangulated Irregular Network*).

2.7 - Cobertura Vegetal

Segundo Ribeiro e Walter (1998), o Distrito Federal é caracterizado, no aspecto fitogeográfico, pelo domínio morfológico dos Cerrados. Apresenta subdividido em gradações do estrato e da densidade vegetal: Cerradão, Cerrado Típico, Cerrado Ralo ou Campo Cerrado, Campo Sujo e Campo Limpo.

Na área de estudo encontram-se as seguintes fitofisionomias do Cerrado, estudadas por Eiten (1993):

- Cerradão: caracteriza-se por apresentar vegetação exuberante, considerado como um tipo de formação florestal, com fechamento do dossel de 70%, em média, com espécies arbóreas de 15 m e algumas atingindo 18 a 20 m de altura. As condições de luminosidade favorecem, ainda, a formação de estratos arbustivos e arbóreos.

- Cerrado: também chamado de Cerrado Típico, caracteriza-se por uma vegetação constituída por árvores mais espaçadas e de porte baixo, possui uma camada lenhosa com aparência característica: troncos e galhos de caule grosso e retorcido.

- Campo Sujo: é a forma de vegetação predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência de árvores, com destaque para as gramíneas que medem de 0,3 a 1m.

- Campo Limpo de Cerrado: caracteriza-se pela predominância do estrato herbáceo-graminoso, em que as gramíneas campestres típicas se mesclam com outras ervas.

Além dessas gradações, encontram-se ainda duas outras formações vegetais associadas ao bioma do Cerrado, as Matas Galerias e as Veredas.

As Matas Galerias são formações que ocorrem ao longo dos cursos d'água. Apresentam largura variável em função das condições de solo e relevo. Constituem florestas perenifólias, com formação arbórea alta e sempre verde.

As veredas são comuns ao longo dos fundos de vales, ocorrem somente em áreas permanentemente alagadas. É um campo graminoso úmido estacional ou permanente.

2.8 - Aptidão Agrícola das Terras

De acordo com Embrapa (1978), a área de estudo é caracterizada pelas seguintes classes de aptidão agrícola das terras, apresentadas na figura 7.

1(a)bc – Aptidão para lavouras restrita para o nível de manejo A e regular para os níveis b e c;

1aBc - Aptidão para lavouras boa no nível de manejo B e regular para os níveis de manejo A e C;

2(a)bc – Aptidão regular para lavouras com nível de manejo B e C e restrita para o nível de manejo A;

2(b)c – Aptidão regular para lavouras com nível de manejo B e restrita para o nível de manejo C;

3(a) – Aptidão restrita para lavouras no nível de manejo A;

3(bc) – Aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo B e C;

4p – Aptidão regular para pastagem plantada;

5(n) – Aptidão restrita para pastagem natural;

5(sn) – Aptidão restrita para silvicultura e para pastagem natural;

6 – Sem Aptidão Agrícola: deve ser estabelecida ou mantida a cobertura vegetal.

2.9 - Áreas de Destinações Especiais

A área de estudo compreende duas áreas de destinações especiais de uso da terra, conforme ilustra a figura 8: a Estação Ecológica de Águas Emendadas e uma área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), denominada Embrapa Cerrados.

A unidade de conservação foi criada pelo Decreto nº 771 em 12/08/1968 recebeu o nome de Reserva Biológica de Águas Emendadas, alcançando a categoria de Estação Ecológica pelo Decreto Distrital nº 11.137 de 15/16/1988, abrangendo uma área de 10.000 ha. Engloba também a Lagoa Bonita.

É considerada a reserva natural mais importante do Distrito Federal, pois nela ocorre a união das duas maiores bacias hidrográficas da América Latina a Amazônica e a Platina, em uma vereda de 6 Km de extensão. Representa um

corredor ecológico interligando a flora e a fauna das duas bacias. Sua fauna abriga animais em extinção, tais como: onça pintada, lobo guará e a anta.

A Embrapa Cerrados, unidade de pesquisa da Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é caracterizada como uma empresa pública de direito privado. Foi criada em 1975 como um centro de pesquisa regional com foco no Bioma Cerrado, com o objetivo de gerar e difundir tecnologias para a ocupação racional da Região, que ocupa 24% do território nacional (Embrapa Cerrados, 2006).

Foi nesse contexto que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária criou a Embrapa Cerrados (então denominado Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados) para estudar os recursos da região. Em pouco tempo, os resultados obtidos pela pesquisa contribuíram para transformar o Cerrado no terceiro maior produtor de grãos do país e, graças à seleção de forrageiras adaptadas às condições da região e desenvolvimento da pecuária, o Cerrado já abriga mais de 40% do rebanho bovino nacional (Embrapa, 2006).

Atualmente, o Cerrado constitui alternativa para a produção de alimentos, tanto para consumo interno, como para exportação dos excedentes. Estima-se que, com a utilização dos estoques de tecnologias hoje disponíveis, seja possível produzir cerca de 350 milhões de toneladas de alimentos na área potencialmente utilizável para a agrossilvicultura (Embrapa, 2006).

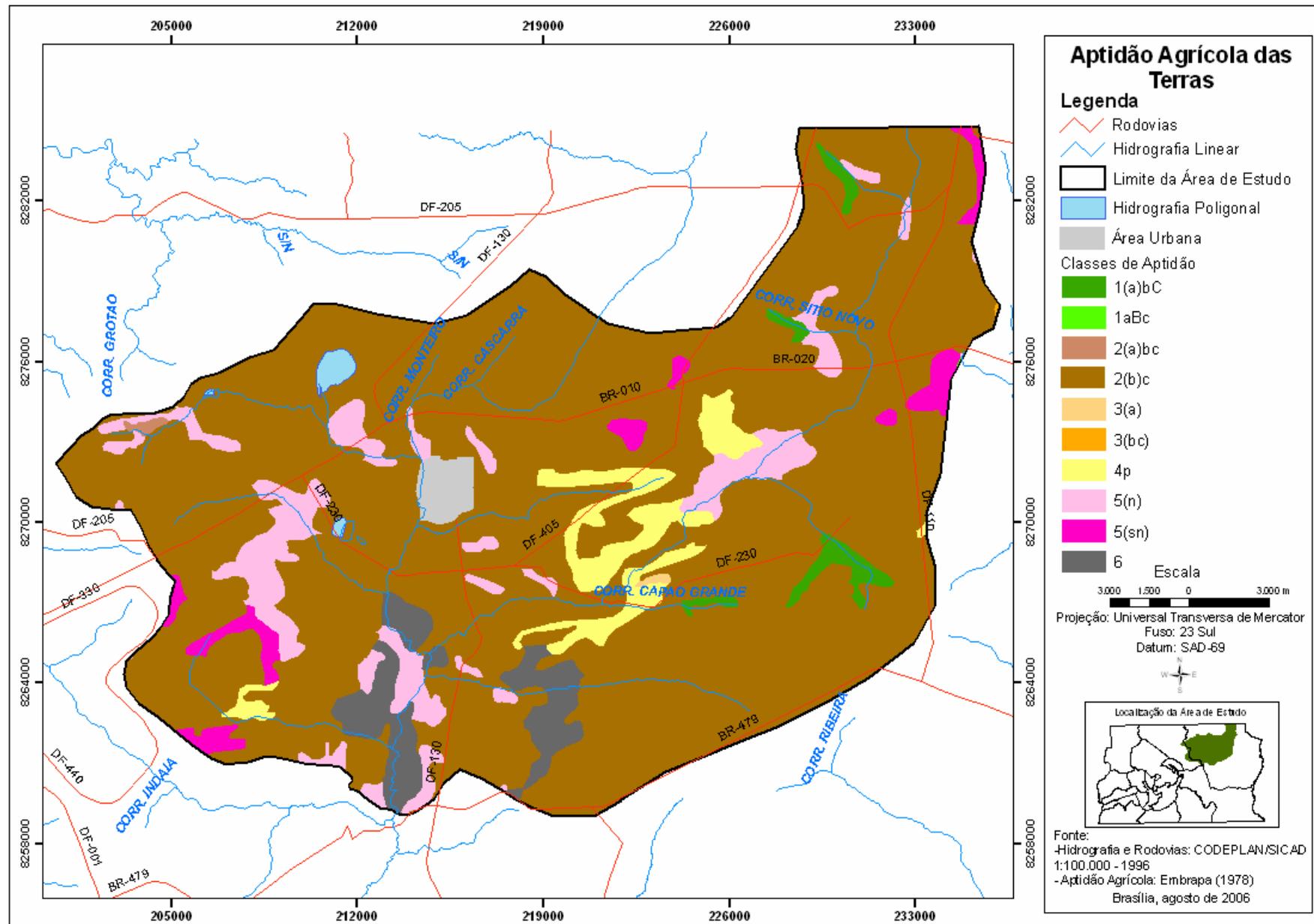


Figura 7. Mapa de aptidão agrícola da área de estudo.

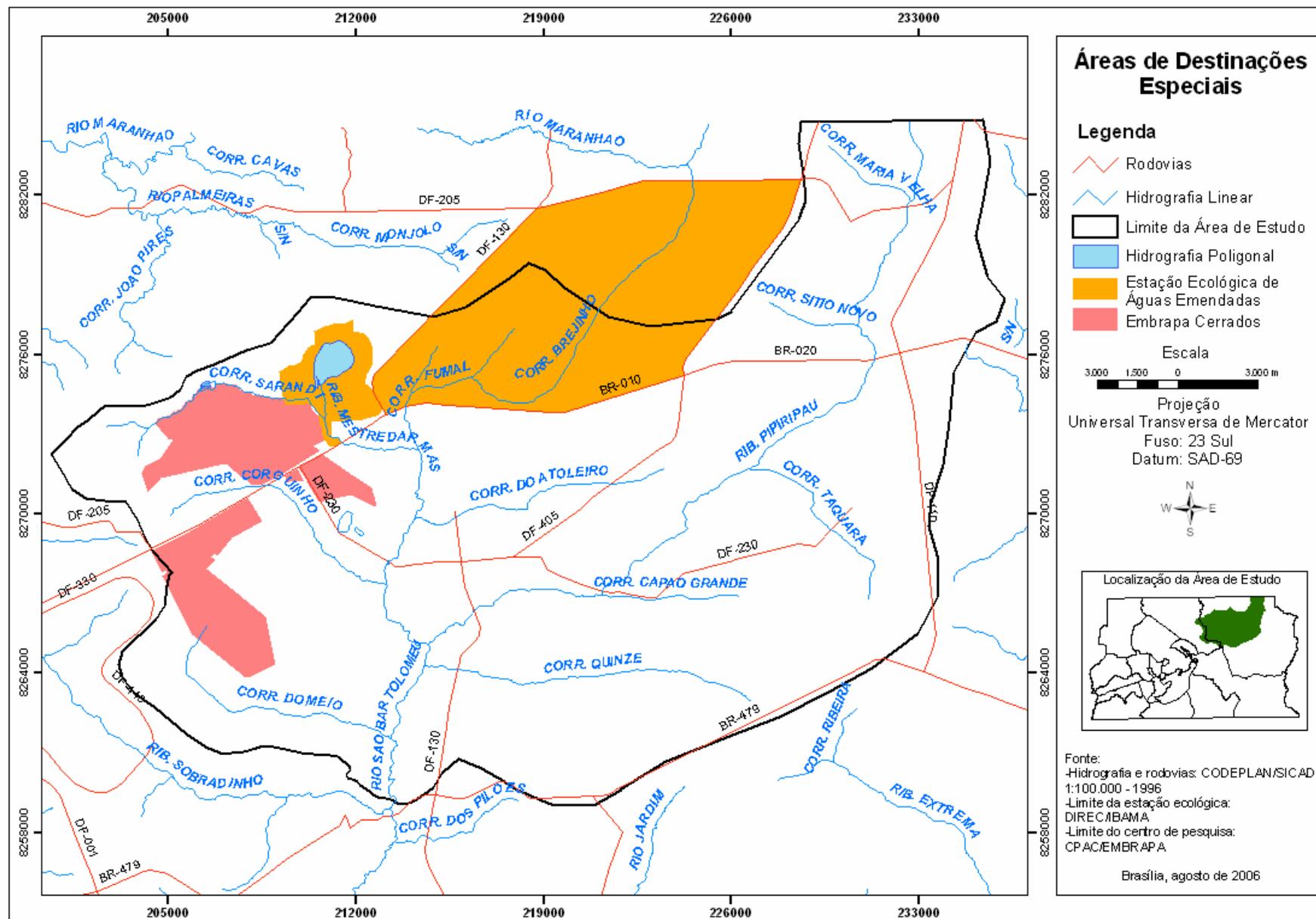


Figura 8. Mapa de áreas de destinações especiais da área de estudo.

3 – Pré-processamento das imagens LANDSAT

3.1 - Conversão de números digitais da imagem para reflectância aparente (Imagem Reflectância)

Este procedimento é recomendado para comparação de dados multitemporais e consiste na conversão dos números digitais da imagem para a reflectância.

Para a conversão das imagens (1984 e 1992) foi utilizado o módulo *ferramentas de calibração* do software ENVI 4.1 que utiliza informações de ganhos e offset relativos ao sensor antes do lançamento, a data da imagem e o ângulo de elevação solar. Esses dados são encontrados no arquivo *product description* que acompanha as imagens.

Porém, para a conversão da imagem de 2003 que é uma imagem LANDSAT 7 foi seguido o seguinte procedimento descrito por Carvalho Júnior et al. (2005) no software ENVI 4.1 :

- Edição do *header* da imagem *File* (Menu Principal) > *Edit Envi Header* > (seleciona a imagem) > *Edit Attributes* > *Wavelength* – para colocar os seguintes valores de comprimento de onda:

Banda 1: 0.4787

Banda 2: 0.561

Banda 3: 0.6614

Banda 4: 0.8347

Banda 5: 1.65

Banda 7: 2.22

- Criação de um arquivo de texto para os valores de *gain*.

ENVI*ASCII*Plot*File

Column*1:*Wavelength

Column*2:*Gain

0.478700*0.775686274509803

0.561000*0.795686274509803

0.661400*0.619215686274509

0.834700*0.637254901960784

1.650000*0.125725490196078

```
**2.220000***0.043725490196078
```

- Criação de um arquivo de texto para os valores de *offset*.

```
ENVI*ASCII*Plot*File
```

```
Column*1:*Wavelength
```

```
Column*2:*Offset
```

```
**0.478700***-6.2
```

```
**0.561000***-6.4
```

```
**0.661400***-5.0
```

```
**0.834700***-5.1
```

```
**1.650000***-1.0
```

```
**2.220000***-0.35
```

- Criação de um arquivo de texto para os valores de *ESun* (ou *Isol*).

Escreva o seguinte texto:

```
ENVI*ASCII*Plot*File
```

```
Column*1:*Wavelength
```

```
Column*2:*ESun
```

```
**0.478700***1969.000
```

```
**0.561000***1840.000
```

```
**0.661400***1551.000
```

```
**0.834700***1044.000
```

```
**1.650000***225.7
```

```
**2.220000***82.07
```

- No *Basic Tools (Menu Principal) > Spectral Math/ Enter an expression*, digite o seguinte texto: $(\text{float}(s1)*\text{float}(s2))+\text{float}(s3)$

- Criação do arquivo.exp com o nome *radiance*.

- Na janela *Variables to Spectra Pairings*, clique em *S1-(undefined)* e sobre *Gain*. Clique em *S3-(undefined)* e *Offset*.

- Para a próxima etapa (conversão p/ reflectância), no *Spectral Math* e digite a seguinte expressão: $(3.141593*\text{float}(s1)*((d)^2))/(\text{float}(s2)*\cos(90-\theta))$ onde:

- *d*: é a distância entre a terra e o sol: 1.012394 e

- *θ*: corresponde ao ângulo de elevação solar: 43.1749

3.2– Recorte das imagens

Para facilitar o processo de correção geométrica a imagens LANDSAT da órbita-ponto 221-71 de 1984 foi cortada no software ENVI 4.1 no módulo *basic tools/resize data/spacial subset*.

Os recortes das imagens de 1992 e 2003 seguiram os mesmos procedimentos, mas com o recorte de 1984 como referência para que todas as imagens ficassem nas mesmas dimensões.

3.3 – Correção geométrica

As cenas das imagens de satélite das diversas datas em estudo foram corrigidas geometricamente e registradas no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

A correção geométrica da imagem de 1984 foi realizada no software ENVI 4.1, na função *registro*, por meio do modelo polinomial de primeiro grau e o método de reamostragem do vizinho mais próximo, usando como referência a base cartográfica de hidrografia e rodovias da base planialtimétrica do CODEPLAN/SICAD (1991), escala 1:10. 000. Para a correção das imagens de 1992 e 2003 utilizou-se como referência a imagem corrigida de 1984.

4 – Processamento das Imagens

4.1 - Classificação das Imagens

Primeiramente foi realizada uma interpretação visual das imagens, observando as variações de alvos existentes na área de estudo, para auxiliar a escolha das classes de uso e para determinação da escala do mapeamento e a legenda do mapeamento de uso e ocupação das terras.

A legenda de mapeamento de uso e ocupação das terras foi uma adaptação do programa CORINE (CORINE, 1992).

De acordo com o objetivo do trabalho juntamente com as características de resolução espacial e espectral das imagens utilizadas (LANDSAT 5 e 7), a escala de mapeamento utilizada foi de 1:100.000. Esta escala de mapeamento

permite associações de alguns tipos de usos que possuem dificuldades de individualização pela classificação automática. Para o sistema de classificação do uso da terra por sensoriamento remoto desenvolvido por Jensen (1983), a escala de 1:100.000 possui um caráter de mapeamento regional e apresenta uma área mínima mapeável de 25 ha.

Posteriormente, foram determinadas as classes de uso e ocupação das terras da área de estudo:

- **Cerrado:** compreendeu as fitofisionomias do cerrado de porte alto como o cerradão e as matas mesofíticas e de encosta e também a vegetação natural de porte médio a baixo constituída por árvores e arbustos tortuosos (cerrado típico). A individualização das várias fitofisionomias do cerrado não se fez necessária devido aos tipos de análises posteriores.

- **Campo/pastagem:** vegetação com predomínio do estrato herbáceo-subarbustivo com no máximo de 3 m de altura, na qual espécies gramíneas se sobressaem, podendo ter o uso de pastagem natural. Associa-se a pastagem plantada.

- **Mata Galeria:** formações que ocorrem ao longo dos cursos d'água. Apresentam largura variável em função das condições de solo e relevo. Constituem florestas perenifólias, com formação arbórea alta e sempre verde.

- **Reflorestamento:** áreas de revegetação com predomínio das espécies de eucaliptos e pinus.

- **Agricultura Anual:** áreas com o cultivo de culturas anuais e terrenos em preparo para o cultivo.

- **Agricultura Irrigada:** compreendeu áreas de cultura anual de ciclo curto ou longo utilizando-se o uso da irrigação por pivôs centrais.

- **Área Urbana:** áreas ocupadas pela urbanização e outras áreas antrópicas isoladas das concentrações urbanas e estradas com ou sem revestimento asfáltico.

- **Corpos Hídricos:** constituem os reservatórios de água naturais ou artificiais.

Após a determinação das classes de uso e ocupação das terras iniciou-se o processo de classificação automática das imagens de satélite utilizando a composição colorida 3, 4 e 5. O tipo de classificação utilizado no trabalho foi o supervisionado, que consiste na utilização de algoritmos cujo reconhecimento

de padrões espectrais na imagem se faz com base numa amostra de área de treinamento, que é fornecida ao sistema de classificação pelo analista (Moreira, 2003).

O algoritmo utilizado foi o da Máxima Verossimilhança (MAXVER) que assume que um vetor de observação pertence à classe se a probabilidade que associa este pixel à classe for maior que a probabilidade que associa o pixel a qualquer outra classe (Ribeiro e Centeno, 2001).

Para geração do processo de classificação utilizando o algoritmo da Máxima Verossimilhança (MAXVER), inicialmente foram obtidas as amostras das classes estabelecidas de uso e ocupação, por meio do ENVI 4.1, na função *região de interesse (roi)*, com amostras de 800 a 1000 pixel para cada classe.

Após a determinação das regiões de interesse seguiu-se o procedimento de classificação das imagens de satélite no ENVI 4.1, utilizando a função *classificação/supervisionada/MAXVER*.

O problema de “pixel isolados” foi minimizado pelo ENVI 4.1 na função *classificação/pós-classificação/clump*. O clump é um filtro de passa baixa que tem por função aglutinar os pixel classificados.

4.2 – Edição e vetorização das imagens e geração dos mapas de uso e ocupação das terras

Depois da classificação das imagens, foram realizadas campanhas de campo para verificação da legenda preliminar adotada. Com os dados de campo realizou-se o processo de edição da classificação, utilizando a extensão do ENVI 4.1 *ClassEdit*, que permitiu a retirada de pontos discordantes e a eliminação pontos menores do que a unidade mínima mapeável.

Posteriormente, as classificações das imagens foram vetorizadas no ENVI 4.1 e implementadas no ArcGis 9.0, no qual, foram realizados os procedimentos de cálculo de área na função *XTools/cálculo de área* e elaboração dos mapas de uso e ocupação das terras para os anos de 1984, 1992 e 2003.

5 – Teste de exatidão do mapeamento de uso e ocupação das terras

A análise da exatidão temática foi realizada no mapa de uso e ocupação das terras do ano de 2003 na escala de 1:100.000, criado por meio de classificação digital de imagens de satélite LANDSAT.

Para realizar esse procedimento foi utilizado o coeficiente Kappa, descrito por Congalton e Green (1999). Para a utilização da estatística Kappa foi gerada uma matriz de erro que possibilitou a comparação entre as classes mapeadas e os dados de campo.

Com isso, foram calculados a Exatidão Global, o índice Kappa e os erros de omissão e inclusão.

Para a obtenção da matriz de erro e a determinação do Coeficiente Kappa foram adotados os seguintes procedimentos recomendados por Santos (2006):

- Obtenção no campo de 156 (cento e cinquenta e seis) pontos amostrais dentro do limite da área de estudo, utilizando um GPS Garmin 76, de maneira aleatória, porém, procurando manter uma distribuição espacial regular de modo a levantar dados de toda a área, como demonstra a figura 9;
- Identificação, no campo, das categorias de usos das terras pertencentes a cada ponto, para obtenção da realidade terrestre;
- Montagem da matriz de erro por meio da sobreposição dos pontos de verdade de campo sobre o mapa e uso e ocupação das terras de 2003. Os componentes da diagonal principal da matriz de erro fornecem o número de pontos corretamente classificados para cada classe correspondente, enquanto que suas linhas e colunas, indicam a quantidade de pontos mal classificados, denominados erros de inclusão e omissão, respectivamente.

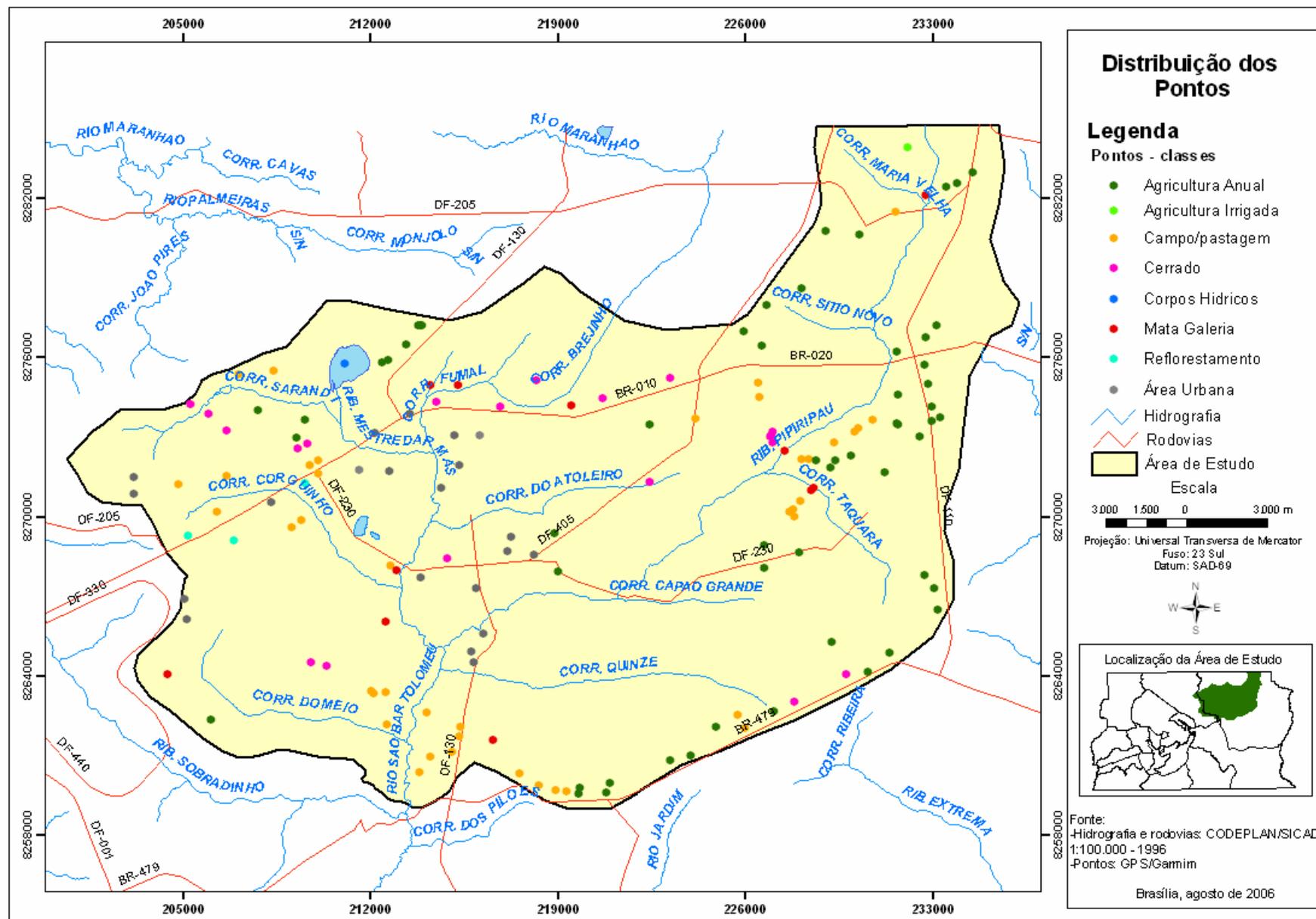


Figura 9. Distribuição dos pontos de realidade de campo.

- Cálculo da exatidão global, que é dado pela equação 5.1:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ii}}{n} \quad (5.1)$$

onde:

n_{ii} = elementos da diagonal da matriz de erro,

n = número total de observações,

m = número de temas mapeados.

- Cálculo do coeficiente Kappa (\hat{k}), que é dado pela equação 5.2.

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}} \quad (5.2)$$

onde:

r = número de linhas e colunas da matriz de erro,

x_{ii} = número de observações na linha i e coluna i ,

x_{i+} = total de observações na linha i ,

x_{+i} = total de observações na coluna i ,

N = número total de observações.

6 – Evolução temporal do uso e ocupação das terras

Com a geração dos mapas de uso e ocupação das terras na série histórica de 1984, 1992 e 2003 foi verificada a evolução temporal do uso e ocupação das terras na área de estudo.

Essa verificação foi realizada a partir de operações de cruzamento de mapas e tabulação cruzada entre os mapas de uso e ocupação das terras, primeiramente o de 1984 com 1992 e depois o de 1992 com 2003. Esses procedimentos foram realizados no *software* ArcGis 9.0, utilizando a extensão *spatial analyst, map calculator e tabulate área*, respectivamente.

Por meio das operações de cruzamento, utilizando *map calculator* realizou-se a soma entre os mapas de uso e ocupação das terras. Foram gerados dois mapas, o primeiro é composto pela evolução das modificações

espaciais de 1984 para 1992 e o segundo de 1992 e 2003, denominados de evolução temporal de uso e ocupação das terras.

Por meio desses procedimentos foi possível determinar as seguintes classes de modificações espaciais na área de estudo:

- Conservação da cobertura natural: áreas que ao longo da série histórica permaneceram com a cobertura natural;
- Manutenção do uso antrópico: áreas que ao longo da série histórica permaneceram com o uso antrópico (agricultura, pastagem e área urbana).
- Substituição intensiva: áreas que tiveram seu uso anterior (vegetação nativa e reflorestamento) substituído por usos de agricultura e pastagem.
- Substituição moderada: áreas que tiveram seu uso anterior substituído por reflorestamento.
- Expansão da área urbana: áreas que tiveram seu uso anterior substituído por uso de área urbana.

7 – Adequabilidade do uso e ocupação das terras

Para a avaliação de adequabilidade do uso e ocupação das terras realizou-se operações de cruzamento e tabulação cruzada entre os mapas temáticos de uso e ocupação das terras de 2003, gerado neste trabalho, e o mapa de aptidão agrícola das terras (Embrapa, 1978) de acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), conforme mostra a figura 7, utilizando o *software* ArcGis 9.0 extensão *spatial analyst*.

Com este cruzamento foi gerado o mapa de adequabilidade de uso, com a identificação das seguintes categorias de uso proposto neste estudo:

- Preservação ambiental: áreas que mantiveram o uso de cobertura vegetal natural.
- Uso adequado: uso de acordo com sua aptidão agrícola.
- Uso abaixo do potencial: uso menos intensivo que sua aptidão agrícola.
- Uso acima do potencial: uso mais intensivo que a sua aptidão agrícola.

III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

1- Geração de cartas imagens da área de estudo

Com o procedimento da correção geométrica as imagens LANDSAT de 1984, 1992 e 2003 tornaram-se espacialmente referenciadas no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator.

Para as imagens LANDSAT, SULSOFT (2006) recomenda que um dos parâmetros de verificação da qualidade da correção geométrica é o erro médio quadrático e que para essas imagens o ideal que este erro fique abaixo de um pixel. A tabela 1 demonstra a quantificação dos pontos e do erro médio quadrático das imagens utilizadas no estudo.

Tabela 1: Quantificação do procedimento de correção geométrica.

Imagem	Pontos	RMS
1984	15	0,997873
1992	17	0,768866
2003	12	0,886378

Além da verificação do erro médio quadrático foi avaliada, também, a distribuição dos pontos nas imagens e a sobreposição da base cartográfica utilizada como recomenda Crósta (1992).

Assim, verificou-se que a qualidade da correção geométrica das imagens utilizadas foi satisfatória para este estudo.

Após o procedimento de conversão de números digitais para reflectância, recorte das imagens LANDSAT e a correção geométrica das imagens LANDSAT de 1984, 1992 e 2003 foi elaborado para cada ano uma carta imagem, como podem ser visualizadas as figuras 10, 11 e 12, constituída das imagens em composição colorida RGB com as bandas 3, 4 e 5, vetor de hidrografia linear e rodovias CODEPLAN/SICAD (1991) na escala 1:10.000.

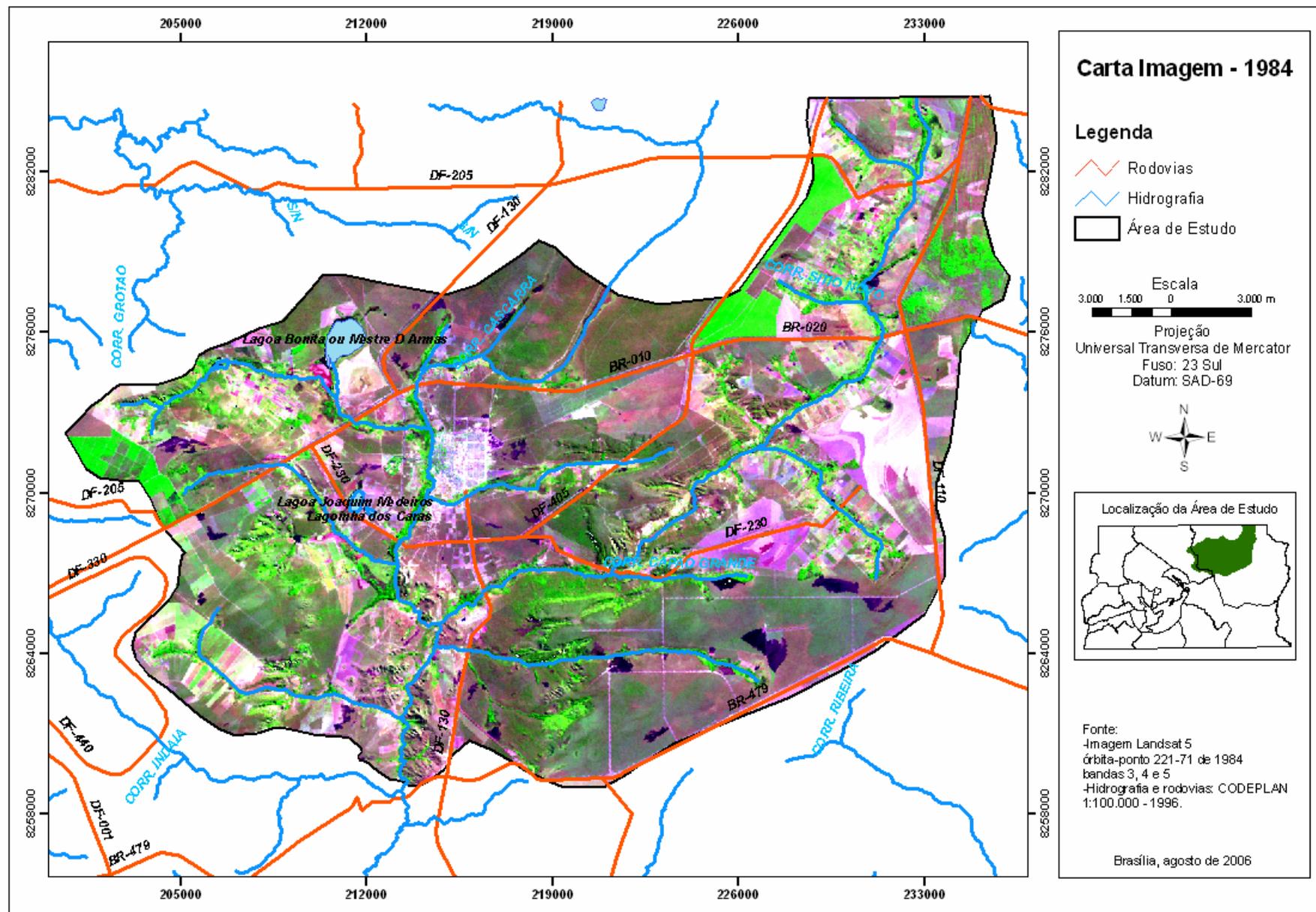


Figura 10. Carta imagem de 1984 da área de estudo.

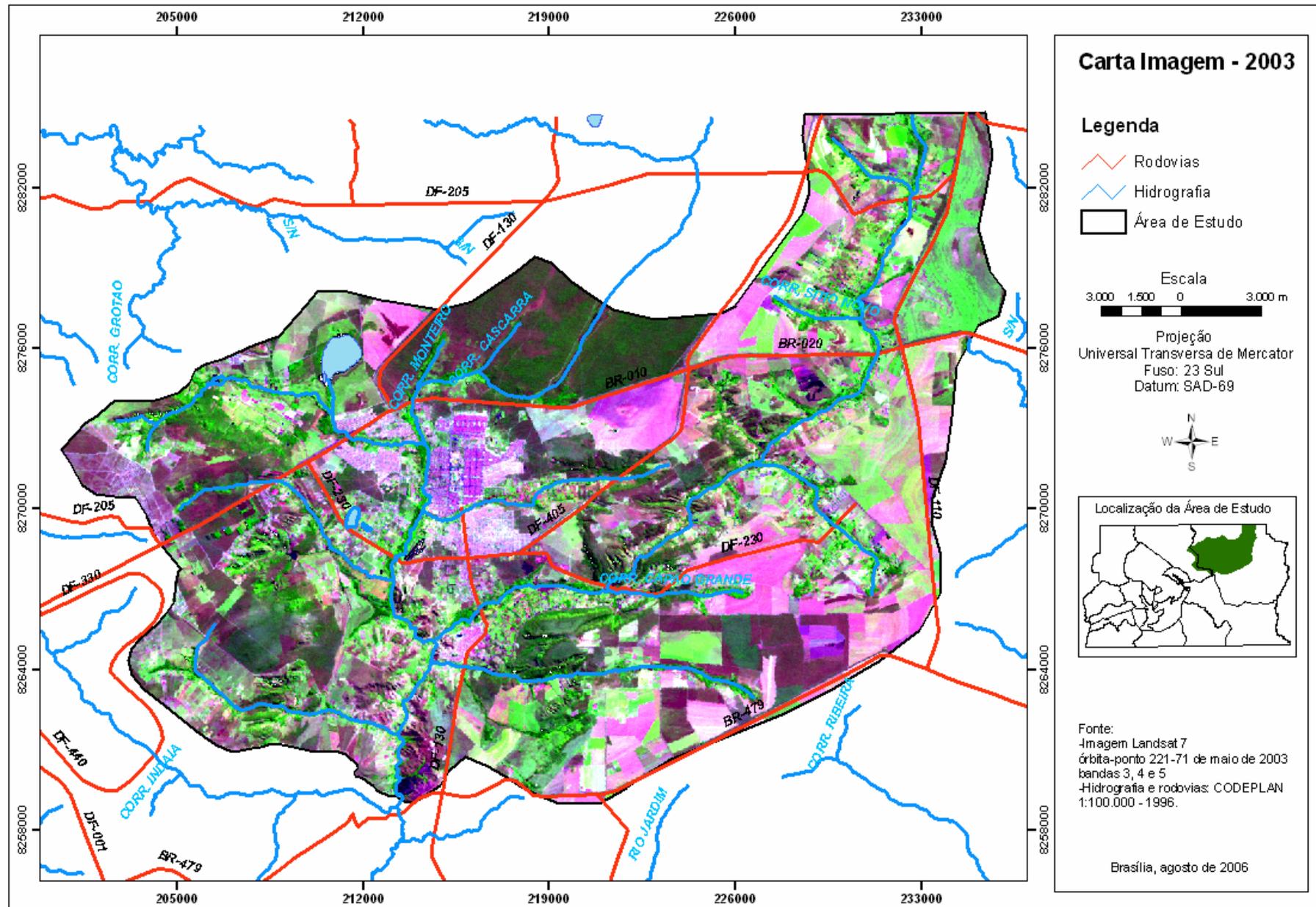


Figura 12. Carta imagem de 2003 da área de estudo.

2 - Uso e Ocupação das Terras

A partir da interpretação das imagens LANDSAT, da identificação das classes de uso e ocupação das terras e da classificação supervisionada das imagens utilizando o algoritmo MAXVER, foi realizada a classificação digital das imagens (figuras 13, 14 e 15).

A aplicação do algoritmo MAXVER foi satisfatória apesar das dificuldades de individualização de algumas classes como, por exemplo: a classe reflorestamento com mata galeria, agricultura anual e pastagem plantada e principalmente área urbana com solo exposto associado à classe de agricultura anual. Essas confusões são relativamente normais, em função do comportamento espectral bastante semelhante destes alvos terrestres.

Ribeiro e Centeno (2001) verificaram, também, essas dificuldades de individualização de algumas classes utilizando o algoritmo MAXVER, principalmente agricultura e solo exposto, mas apesar dessas dificuldades outros alvos são bem individualizados.

Unesco (2002) considerou o algoritmo MAXVER como o de melhor resultado na classificação de imagens LANDSAT para estudos multitemporais de uso e ocupação das terras no Distrito Federal (DF).

Com a geração das imagens classificadas foram realizadas saídas de campo para a verificação das áreas que apresentaram uma maior confusão na classificação digital da imagem.

Após a verificação em campo foram realizados procedimentos de edição das classificações sendo possível obter os mapas de uso e ocupação das terras dos anos de 1984, 1992 e 2003 da área de estudo (figuras 16, 17 e 18).

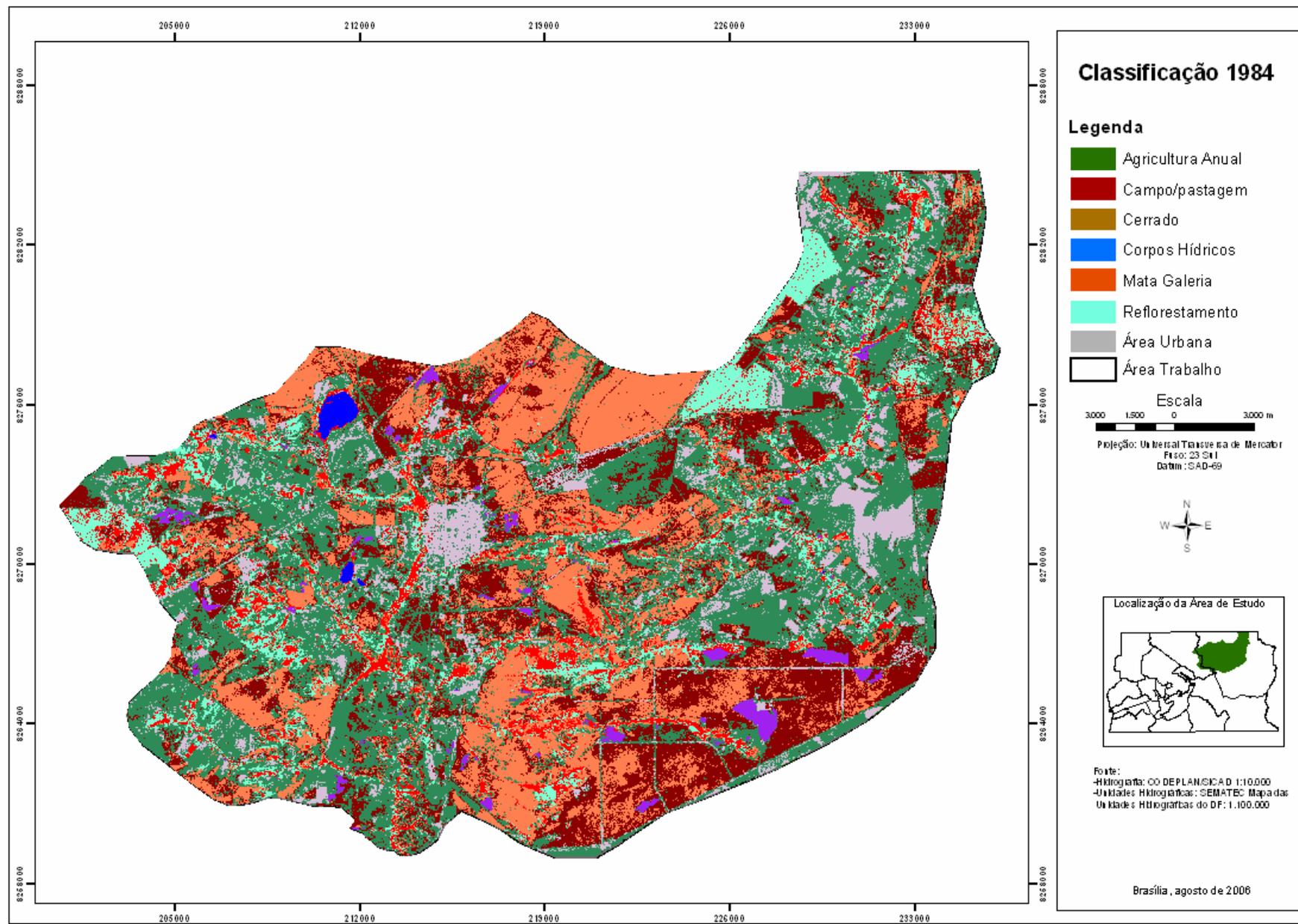


Figura 13. Classificação digital de 1984 da área de estudo.

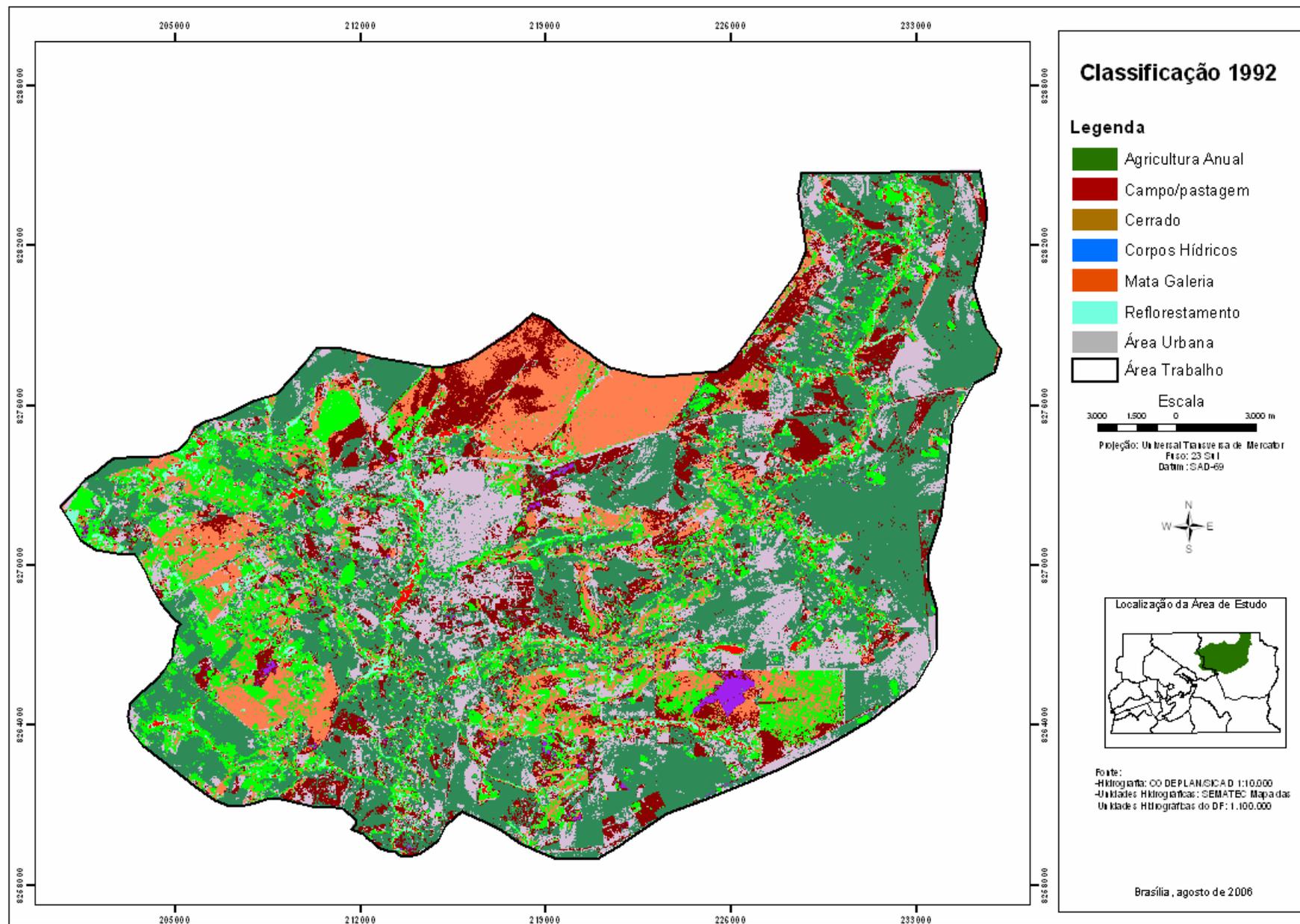


Figura 14. Classificação digital de 1992 da área de estudo.

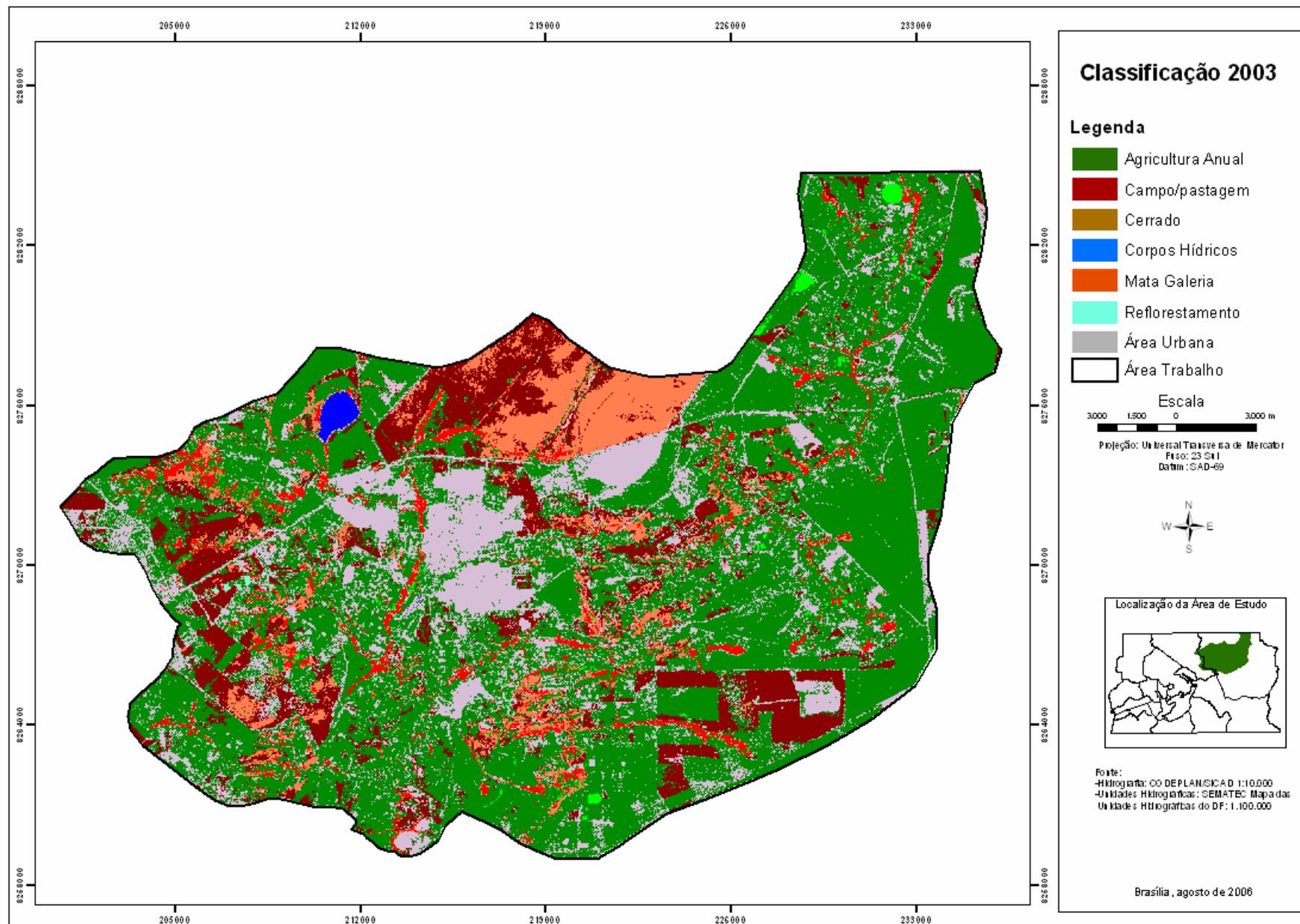


Figura 15. Classificação digital de 2003 da área de estudo.

2.1 - Uso e ocupação das Terras em 1984

A partir do mapa de uso e ocupação das terras do ano de 1984 (figura 16), com a individualização das seguintes classes: cerrado, mata galeria, campo/pastagem, reflorestamento, agricultura anual, área urbana e corpos hídricos, foi possível calcular a área de cada classe de uso e ocupação das terras, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2: Uso e ocupação das terras da área de estudo em 1984.

Classes	Área (ha)	%*
Cerrado	16.661,12	30,51
Campo/pastagem	10.434,94	19,11
Mata Galeria	4.677,06	8,56
Reflorestamento	3.286,25	6,01
Agricultura Anual	16.811,35	30,79
Agricultura Irrigada	0,00	0,00
Área Urbana	2.464,74	4,51
Corpos Hídricos	257,31	0,47
Total	54.592,77	100,00

* Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total da área de estudo.

Por meio da análise do mapa de uso e ocupação das terras de 1984 e dos dados da tabela 2, que apresenta o cálculo das áreas de cada classe de uso e ocupação, foi possível verificar que no ano de 1984 a cobertura vegetal natural formada pelas classes de cerrado, mata galeria e uma contribuição da classe campo/pastagem era a classe de maior contribuição na área de estudo perfazendo quase a metade (48,18%). Tal fato demonstra que neste período ainda se verificava uma certa conservação dos recursos naturais, principalmente da vegetação.

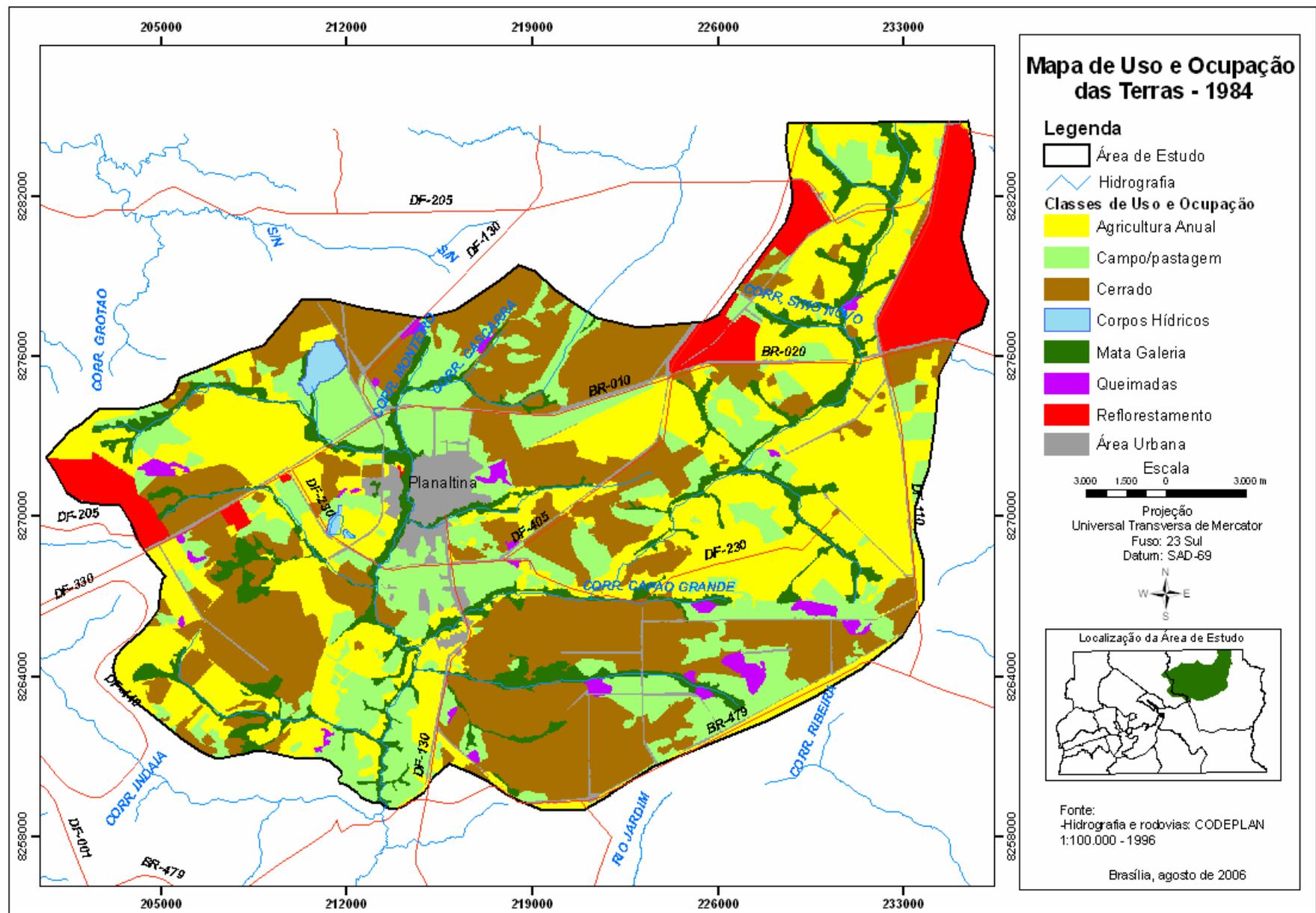


Figura 16. Uso e ocupação das terras da área de estudo, em 1984.

A classe de mata galeria, individualmente, ocupava 8,56% da área de estudo tal como mostra a figura 16, que esta acompanhava todas as principais drenagens, fato este que provavelmente propiciava a manutenção dos recursos hídricos na área estudada.

Entretanto, já se observava o crescimento da agricultura que individualmente já perfazia 30,79% do total da área de estudo, sendo já no ano de 1984, a classe de maior área de ocupação. UNESCO (2002) verificou que o período que inclui o ano de 1984 foi caracterizado pelo desenvolvimento tecnológico da agricultura na região com a adoção de técnicas de manejo químico dos solos, como a calagem e aplicação de fertilizantes químicos, o que possibilitou o avanço da fronteira de grãos no cerrado, intensificando-se a utilização da agricultura mecanizada.

Loebmann et al. (2005) em sua avaliação temporal do uso e ocupação das terras na bacia do Rio Jardim (DF) verificou que no ano de 1984 a agricultura já ocupava 61% da área da bacia.

Outra classe de considerável contribuição em 1984 é a classe reflorestamento que ocupava 6,01% da área total. UNESCO (2002), relata que este foi um período de consolidação pela PROFLOSA S/A – Florestamento e Reflorestamento, de extensa área de reflorestamento, mais especificamente monoculturas de pinus e eucaliptos, que contribuíram na modificação da paisagem natural de cerrado em várias áreas do Distrito Federal (DF).

Já a classe de área urbana que constituía apenas 4,51% da área de estudo era formada basicamente da cidade-satélite de Planaltina, que já existia mesmo antes da inauguração da capital em 1960, mas ao longo do processo histórico se consolidou como o centro urbano mais a leste do Distrito Federal.

Em relação a classe corpos hídricos que compõe 0,74% da área de estudo era constituída pela Lagoa Bonita e Lagoa Joaquim de Medeiros.

2.2 - Uso e ocupação das Terras em 1992

O mapa gerado de uso e ocupação das terras em 1992 (figura 17), com a separação das seguintes classes: cerrado, mata galeria, campo/pastagem, reflorestamento, queimadas, agricultura anual, agricultura irrigada, área urbana

e corpos hídricos, permitiu calcular a área de cada classe de uso e ocupação de acordo com dados apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Uso e ocupação das terras da área de estudo em 1992.

Classes	Área (ha)	%*
Cerrado	9.521,89	17,43
Campo/pastagem	7.559,57	13,85
Mata Galeria	2.587,16	4,74
Reflorestamento	972,89	1,80
Agricultura Anual	29.231,32	53,54
Agricultura Irrigada	160,12	0,30
Área Urbana	4.307,46	7,90
Corpos Hídricos	252,36	0,46
Total	54.592,77	100,00

* Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total da área de estudo.

Com a geração do mapa de uso e ocupação das terras em 1992 da área de estudo e da tabela 3 que apresenta o cálculo das áreas de cada classe de uso e ocupação observa-se modificações na distribuição das classes de uso e ocupação na área de estudo.

Primeiramente, nota-se uma diminuição considerável da cobertura de vegetação natural da área de estudo. As áreas de cerrado e mata galeria no ano de 1992 diminuíram, em relação ao ano de 1984, de 29,29% para 17,43% e de 8,56% para 4,74%, respectivamente. Tal acontecimento foi causado, pela expansão da classe de agricultura anual, agricultura irrigada e área urbana.

Em relação ao uso agrícola constatado em 1984 a classe de agricultura anual passou a ocupar 53,54% da área de estudo e a classe de agricultura irrigada que não era observada em 1984, conta em 1992 com 0,30%. UNESCO (2002), observou que nesse período houve uma formação de um corredor agrícola entre as bacias dos rios Preto e São Bartolomeu, localizado a leste do DF, que se consolidou como principal eixo da ocupação agrícola no DF.

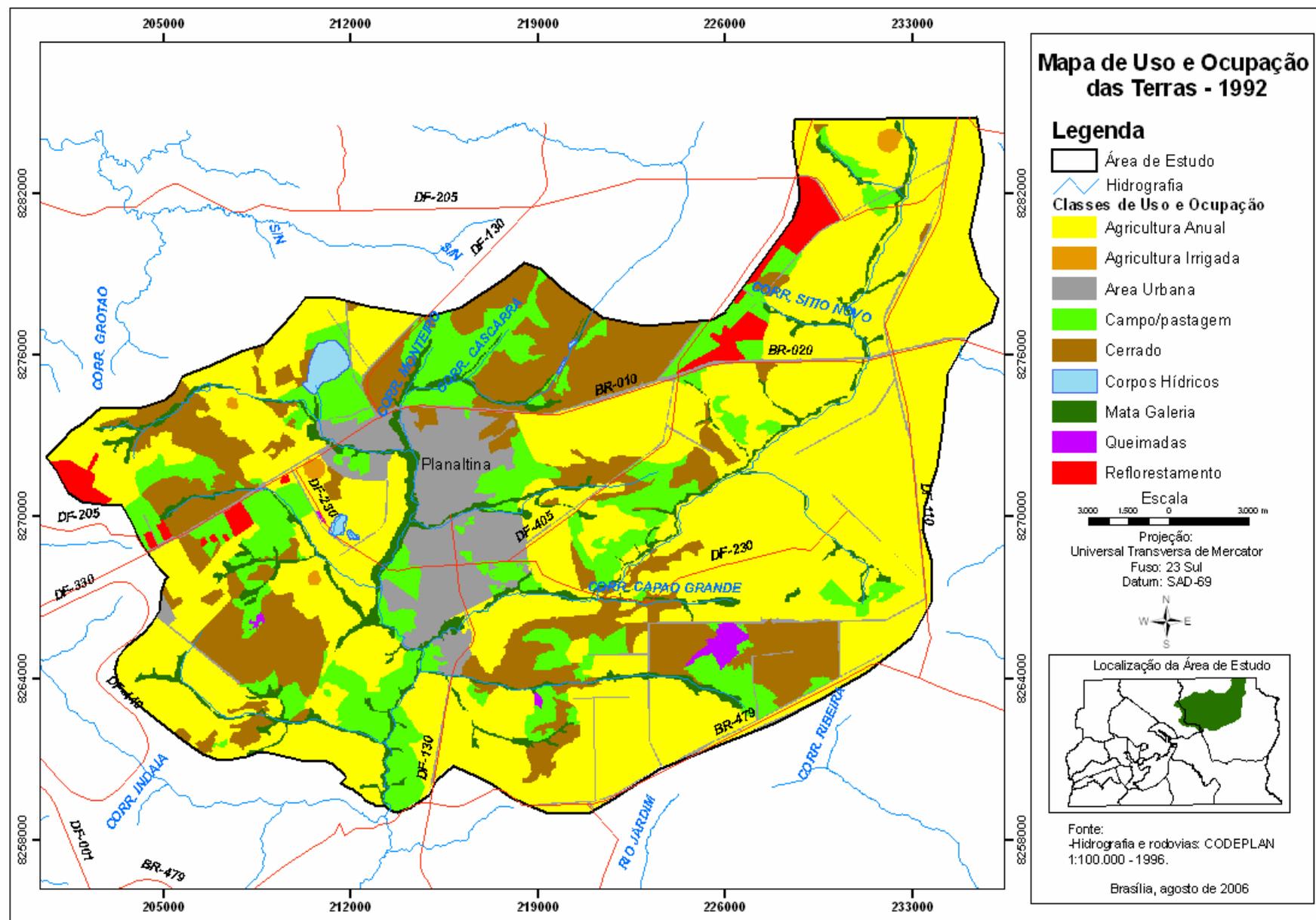


Figura 17. Uso e ocupação das terras da área de estudo, em 1992.

Tanto que os estudos de Rodrigues (1998) e Loebmann et al. (2005) em microbacias do rio Preto verificaram neste período a consolidação do uso agrícola e a inserção da agricultura irrigada por pivôs centrais.

O desenvolvimento da classe de agricultura irrigada e a diminuição da cobertura vegetal natural aumentaram, consideravelmente, a pressão sobre a utilização dos recursos hídricos.

Outra classe que teve um crescimento nesse período foi a de área urbana com a ocupação de 7,90% da área de estudo, mostrando uma expansão ao redor da cidade-satélite de Planaltina. Tal fato, também, foi observado por Anjos (1996) que além de Planaltina, verificou o adensamento urbano em áreas como o Setor de Mansões Park Way, ao redor das cidades-satélites de Sobradinho, Gama e Santa Maria e em localidades mais próximas à barragem do Descoberto.

Já a classe de reflorestamento apresentou uma diminuição, ocupando nesse período apenas 1,80% da área de estudo. Esse fato, também foi observado por UNESCO (2002), em todo Distrito Federal.

Outra classe que apresentou diminuição foi a de mata galeria, perfazendo nesse período 4,74% da área, quase a metade em relação a 1984. Essa diminuição foi causada principalmente, pela expansão da área urbana e da agricultura.

2.3 - Uso e ocupação das Terras de 2003

O mapa de uso e ocupação das terras do ano de 2003 (figura 18), permitiu a individualização das seguintes classes: cerrado, mata galeria, campo/pastagem, reflorestamento, agricultura anual, agricultura irrigada, área urbana e corpos hídricos, foi possível calcular a área de cada classe de uso e ocupação conforme mostra a tabela 4.

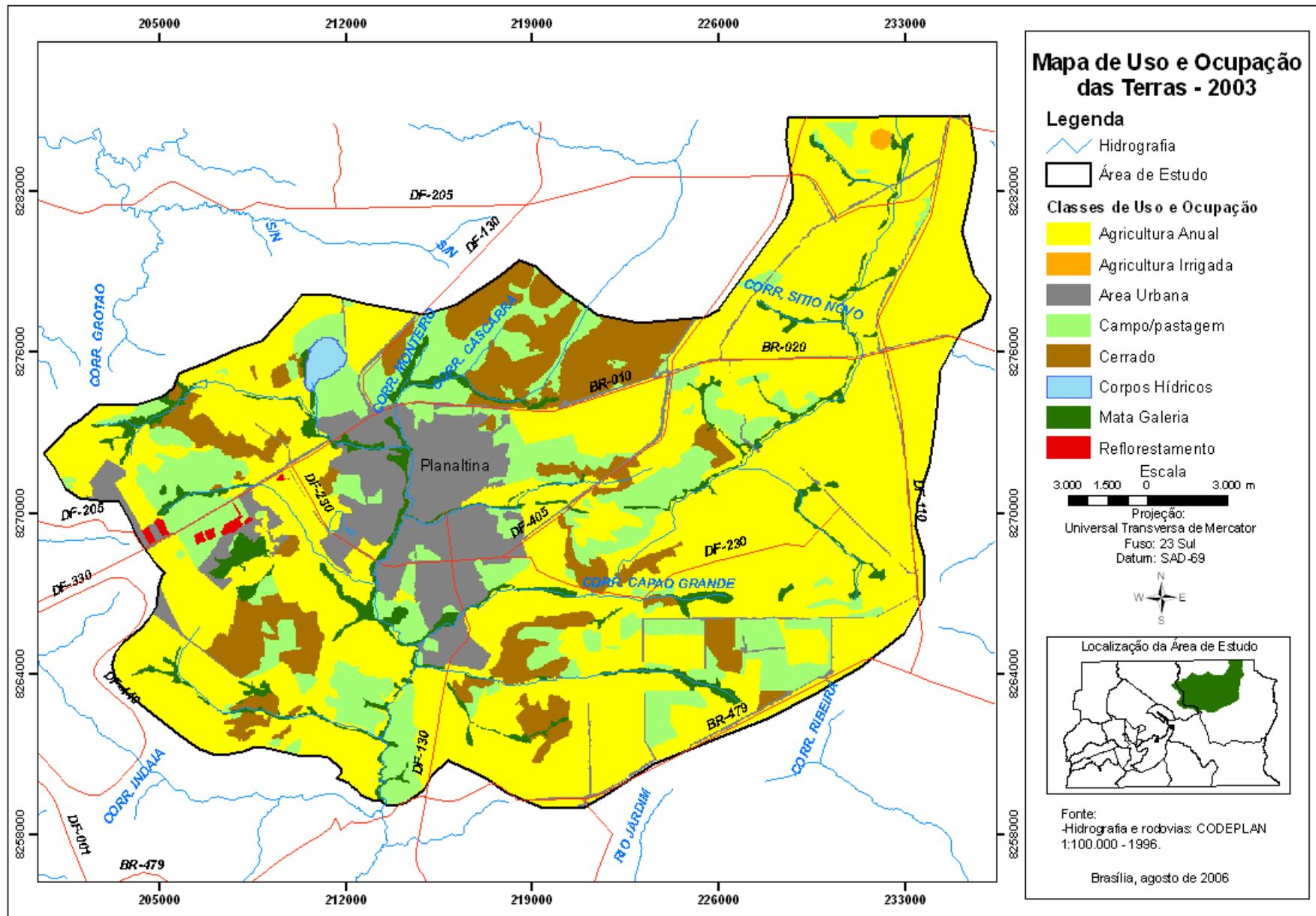


Figura 18. Uso e ocupação das terras da área de estudo, em 2003.

Tabela 4: Uso e ocupação das terras da área de estudo em 2003.

Classes	Área (ha)	%*
Cerrado	5.684,70	10,41
Campo/pastagem	8.606,61	15,76
Mata Galeria	2.481,44	4,55
Reflorestamento	122,29	0,22
Agricultura Anual	31.932,11	58,49
Agricultura Irrigada	60,18	0,11
Área Urbana	5.503,02	10,08
Corpos Hídricos	202,39	0,37
Queimadas	0,00	0,00
Total	54.592,77	100.00

* Indica o percentual ocupado pela classe em relação à área total da área de estudo.

No ano de 2003, o uso e ocupação das terras na área de estudo são caracterizados pela intensificação da tendência de mudança já descrita em 1992, isto é, retirada da cobertura vegetal natural do bioma do cerrado e a expansão da atividade agrícola e da área urbana.

As áreas de cerrado têm sua cobertura diminuída para apenas 10,41% da área de estudo. As áreas que possuem ainda essa cobertura estão sob controle do uso por serem áreas de proteção ambiental, como mostra a foto 1, ou são áreas de maior declividade, o que dificulta o acesso e conseqüente substituição da ocupação natural das terras.



Foto 1. Área de cerrado (fitofisionomia cerradão) nos limites do CPAC/Embrapa (Ferreira, C. S.; 20/02/2006).

As áreas de mata galeria também tiveram uma considerável diminuição perfazendo apenas 4,55% da área de estudo, apesar de ser uma área de manutenção dos recursos hídricos, como mostra a foto 2, em área de preservação. Esse processo continua sendo acentuado pela atividade agrícola e pela expansão urbana, fato este que vem gerando riscos à manutenção dos recursos hídricos, pois com a retirada dessa cobertura os processos erosivos podem ser intensificados gerando inclusive assoreamento dos cursos d'água.



Foto 2. Área com mata galeria no Córrego Sítio Novo (Ferreira, C. S.; 17/02/2006).

Entretanto, as áreas de campo/pastagem tiveram aumento de 13,85% em 1992 para 15,76% em 2003. Houve a manutenção de algumas áreas de campo cerrado, principalmente em relevo de maior declividade, como é visto na foto 3. O aumento se deu principalmente, pelo uso de pastagem plantada como mostra a foto 4.

Ramos (2002) em seu estudo de mapeamento de áreas indicativas de degradação na Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu verificou, que já no ano de 2000 o uso campo/pastagem ocupava 15,86% da área e apresentava algum nível de degradação ambiental.



Foto 3. Área de campo cerrado em relevo de maior declividade (Ferreira, C. S.; 17/02/2006).



Foto 4. Área de pastagem plantada (Ferreira, C. S.; 20/02/2006).

Outra classe que apresentou acentuada diminuição ao longo da série histórica estudada foi a de reflorestamento, apresentando em 2003, 0,22% da área de estudo, sendo que em 1984 representava 6,01%. Os remanescentes de reflorestamento encontram-se nos limites da área do CPAC/Embrapa e as outras áreas de reflorestamento foram substituídas pela agricultura e área urbana, como mostra a foto 5.



Foto 5. Área remanescente de reflorestamento (Ferreira, C. S.; 01/03/2006).

A classe de corpos hídricos, também, vem sofrendo alterações com a diminuição dos espelhos d'água das lagoas pelos processos de assoreamento, fato este observado na Lagoa Joaquim Medeiros, onde toda margem é ocupada por pastagem ou área urbana (foto 6) que inclusive, no ano de 2003 possuía uma quantidade tão grande de sedimentos em suspensão que na classificação automática da imagem não foi detectada como corpo hídrico.



Foto 6. Lagoa Joaquim Medeiros (Ferreira, C. S.; 20/02/2006).

Já a classe de agricultura anual teve um aumento considerável ao longo da série histórica avaliada apresentando em 2003 um percentual de 58,49% da área de estudo, quando correspondia a 30,79% em 1984. Essa atividade diferencia-se por dois tipos de desenvolvimento tecnológico, o primeiro acontece nas grandes propriedades de terra com a produção de grãos em larga escala e alto nível tecnológico com utilização de mecanização e técnicas de manejo conservacionistas como o sistema de cultivo de plantio direto (foto 7). O segundo tipo apresenta menor nível tecnológico, com sistema de cultivo convencional e é desenvolvido em propriedades de terras menores (foto 8).

A utilização do sistema de cultivo de plantio direto foi um importante ganho conservacionista em relação ao sistema de cultivo convencional. Benatti Jr. et al. (1977) aponta que o sistema de cultivo convencional consiste na aração, gradagem e cultivo subsequente para o controle do mato. Já, o sistema de cultivo de plantio direto o solo é movimentado o mínimo possível, por não ser arado. Em seu estudo sobre perdas de solo por erosão em plantio direto e convencional de milho verificou uma grande redução nas perdas de solo por erosão em sistema de cultivo de plantio direto.

Seganfredo et al. (1997) verificou uma redução de 99% e 94% nas perdas de solo e água, respectivamente, em sistema de cultivo direto em relação ao sistema de cultivo convencional, que apresentou elevadas perdas de solo, água e matéria orgânica. Na região de cerrado, Dedecek et al. (1986) analisou que o plantio de soja em sistema de cultivo direto foi o que permitiu a maior diminuição das perdas de solo.

Ramos (2002), verificou que 18.400 ha em uso agrícola na Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu possui alto risco a erosão. Com isso, práticas como o sistema de cultivo direto são importantes para a conservação do solo e da água.



Foto 7. Área de cultivo de soja em sistema de cultivo de plantio direto (Ferreira, C. S.; 27/11/2005).



Foto 8. Área de cultivo de milho em sistema de cultivo de plantio convencional (Ferreira, C. S.; 17/02/2006).

Diferentemente, da microbacia do Córrego Lamarão, DF, estudada por Rodrigues (1998) que apresenta uma quantidade grande de pivôs centrais, na área de estudo esta prática não foi tão adotada, verificando-se até a diminuição da classe de uso denominada de agricultura irrigada ao longo da série histórica, em 1992 era de 0,30% e em 2003 diminuiu para 0,11% da área de estudo.

Atualmente, a irrigação por pivô central é uma prática questionada devido o alto custo e o alto consumo de água, com desperdícios e, portanto, prejudicial à manutenção dos recursos hídricos. Dayrell (1993) ao estudar os cerrados no norte de Minas Gerais observou que a ampliação da irrigação por pivôs centrais provocou problemas de abastecimento em cidades próximas ao rio Verde Grande.

Além da agricultura anual outra classe que apresentou crescimento em 2003 foi a área urbana com 10,08% da área de estudo, mais que o dobro verificado em 1984. Esse crescimento ao redor da cidade-satélite de Planaltina (foto 9), que já vinha se intensificando em 1992 permaneceu ao longo dos

anos. Paviani (1989) denominou esse processo de periferização da cidade, caracterizado por um nível de urbanização muito baixo típico de adensamentos urbanos para classe de baixa renda. Esse fato também foi observado pelos estudos da UNESCO (2002). Enquanto em Planaltina se estabeleceu uma expansão pela classe de baixa renda em assentamentos urbanos, em Sobradinho verificou-se, além desse tipo de assentamento, uma ocupação intensiva com grandes condomínios voltados para a classe média e alta.



Foto 9. Área urbana de baixa renda ao redor da cidade-satélite de Planaltina (Ferreira, C. S.; 01/03/2006).

Assim, ao longo da série histórica estudada que compreendeu os anos de 1984, 1992 e 2003, observou-se grandes alterações no uso e ocupação das terras na área de estudo, fato este que pode ser constatado pelos dados apresentados na figura 19, que demonstra as observações dos anos estudados, evidenciando de forma sintética, as mudanças no uso e ocupação das terras na área de estudo.

Verificou-se a diminuição progressiva da cobertura de vegetação natural do bioma do cerrado e das áreas de reflorestamento, que na maioria das

vezes, foi substituída pela classe de agricultura anual, que foi a classe de uso de maior crescimento, além da expansão da classe de área urbana.

Oka-Fiori et al. (2003), verificou uma dinâmica muito semelhante na bacia do Rio Itiquira, em MT, onde em 1966 a cobertura vegetal era de 90,64% e em 1996 passou a ser de 36,66% e atividade agrícola cresceu de 0,52% em 1966 para 59,04% em 1996.

Essa expansão tanto da agricultura e principalmente, da área urbana, geralmente não levou em consideração as características ambientais da área de estudo, onde áreas de preservação permanentes foram suprimidas e futuros problemas ambientais são eminentes.

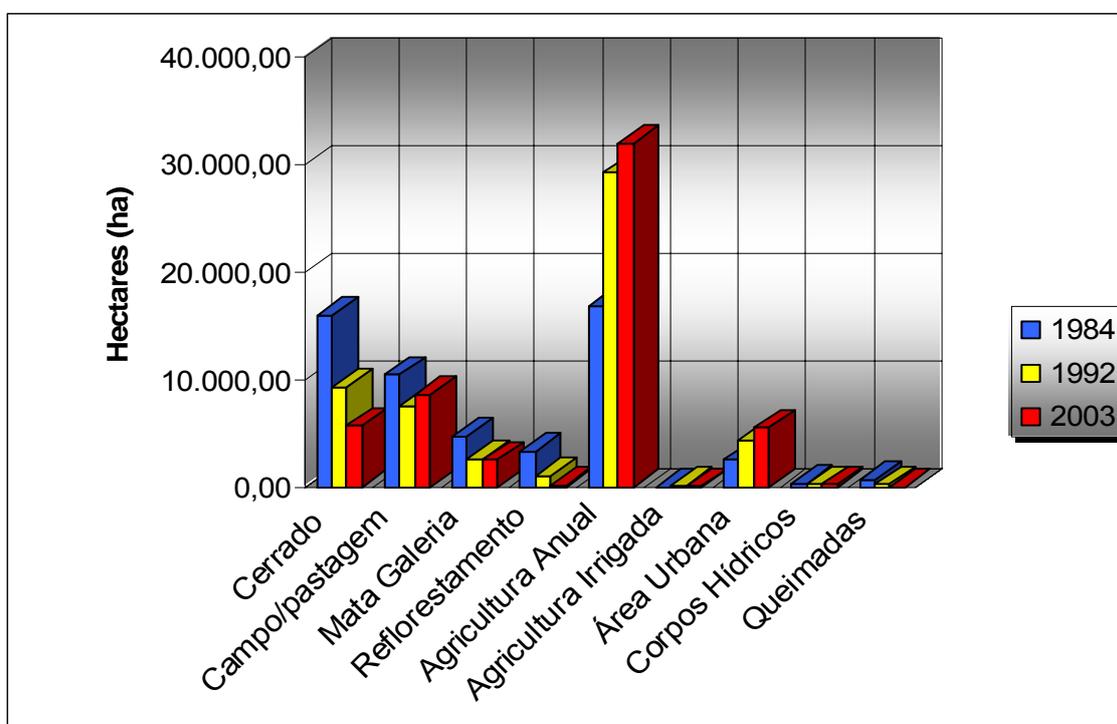


Figura 19. Quantificação temporal do uso e ocupação das terras na área de estudo.

Nos estudos realizados por Anjos (1996), houve no Distrito Federal a formação de quatro pólos de expansão urbana: o Plano Piloto, um pólo complementar constituído por localidades no entorno de Taguatinga, o pólo Gama e Santa Maria e finalmente, na direção norte do DF o pólo Sobradinho e Planaltina. Essa expansão dos centros urbanos existentes no Distrito Federal é o que Paviani (1989) denominou de cidade polinucleada, processo este favorecido pela periferização das cidades.

As áreas de corpos hídricos, com exceção da Lagoa Bonita que fica dentro dos limites da Estação Ecológica de Águas Emendadas, tiveram uma ocupação intensiva da classe de agricultura, campo/pastagem e área urbana, fato este que proporcionou uma pequena diminuição dos corpos hídricos.

3 – Avaliação da exatidão do mapeamento de uso e ocupação das terras da área de estudo no ano de 2003.

A matriz de erro do mapeamento de uso e ocupação das terras, utilizada para avaliar as classes de uso e ocupação das terras, apresentadas no mapa do ano de 2003 (figura 18), é apresentada na tabela 5. Nesta, as amostras classificadas corretamente em relação ao dado de referência de campo são mostradas na diagonal principal, seguindo os procedimentos de Santos (2006).

Tabela 5. Matriz de erro entre a verdade terrestre e o mapeamento de uso e ocupação das terras de 2003, da área de estudo.

Classes do mapeamento	Verdade terrestre								
	MG	C	C/P	AA	AI	R	CH	AU	Total
MG	9	1	0	0	0	0	0	0	10
C	0	12	0	0	0	0	0	0	12
C/P	0	7	9	1	0	0	0	0	17
AA	2	0	31	57	0	0	0	0	91
AI	0	0	0	0	1	0	0	0	1
R	0	0	0	0	0	3	0	0	3
CH	0	0	0	0	0	0	1	0	1
AU	0	0	1	0	0	0	0	21	22
Total	11	20	41	58	1	3	1	21	156

MG - Mata Galeria; C – Cerrado; C/P – Campo/pastagem; AA – Agricultura Anual; AI – Agricultura Irrigada; R – Reflorestamento; CH – Corpos Hídricos e AU – Área Urbana.

Com base nos valores apresentados na matriz de erro, e a aplicação da fórmula 5.1 a exatidão global do mapeamento foi de 72,44% e o grau de concordância individual entre a classificação e os dados de referência terrestre são mostrados na tabela 6.

Tabela 6. Indicadores de exatidão para as classes individuais.

Classes de Uso e Ocupação das Terras	Erro de Omissão (%)	Erro de Inclusão (%)
Mata Galeria	18,18	10,00
Cerrado	40,00	0,00
Campo/pastagem	78,04	47,05
Agricultura Anual	1,72	36,26
Agricultura Irrigada	0,00	0,00
Reflorestamento	0,00	0,00
Corpos Hídricos	0,00	0,00
Área Urbana	0,00	4,54

O valor estimado pelo coeficiente de Kappa foi de acordo com aplicação da fórmula 5.2 de 0,62 ou 62%. Este valor indicou que o algoritmo de classificação apresentou uma concordância muito boa em relação aos dados de referência terrestre, conforme os intervalos adaptados da avaliação de Landis e Koch (1977).

Em conformidade com os dados obtidos nos estudos Brites et al. (1996) e Ponzoni (2002), o índice de exatidão global foi maior que o coeficiente Kappa. Para estes autores isso pode acontecer, pois a exatidão global considera apenas a diagonal da matriz de erro, ignorando a ocorrência de concordância casual entre as classes.

De modo geral, os erros associados a cada classe de uso e ocupação das terras estão relacionados à similaridade do padrão de resposta espectral entre elas. Neste trabalho, foram evidenciados por algumas confusões existentes entre as classes de agricultura anual e campo/pastagem.

4- Evolução temporal do uso e ocupação das terras

4.1 – Uso e ocupação das terras em 1984 e 1992

Os resultados das operações de tabulação cruzada realizadas com os mapas de uso e ocupação das terras em 1984 e 1992, estão apresentados na tabela 7. A espacialização da evolução temporal das classes estabelecidas de uso e ocupação das terras de 1984 e 1992, pode ser visualizada pelo mapa gerado pelo cruzamento dos mapas de uso e ocupação das terras da área estudada apresentado na figura 20.

Tabela 7. Tabulação cruzada entre as classes de uso e ocupação das terras de 1984 e 1992 da área de estudo.

1984	Classes de uso e ocupação das terras /1992									Total
	(%)									
	MG	AA	AI	C	C/P	R	AU	Q	CH	
C	0,34	11,51	0,00	12,14	4,24	0,05	0,86	0,19	0,00	29,32
C/P	0,24	7,71	0,04	2,01	6,06	0,04	2,80	0,19	0,03	19,12
CH	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,42	0,47
AA	0,53	26,26	0,21	1,35	1,50	0,03	0,90	0,00	0,00	30,79
AU	0,06	1,04	0,00	0,25	0,17	0,05	2,94	0,00	0,00	4,50
Q	0,02	0,54	0,00	0,23	0,37	0,00	0,06	0,00	0,00	1,23
R	0,02	3,58	0,00	0,01	0,71	1,61	0,07	0,00	0,00	6,00
MG	3,65	2,86	0,03	1,00	0,78	0,00	0,25	0,00	0,01	8,58
Total	4,85	53,52	0,28	17,00	13,84	1,77	7,89	0,38	0,46	100,00

MG - Mata Galeria; C – Cerrado; C/P – Campo/pastagem; AA – Agricultura Anual; AI – Agricultura Irrigada; R – Reflorestamento; CH – Corpos Hídricos; Q – Queimadas e AU – Área Urbana.

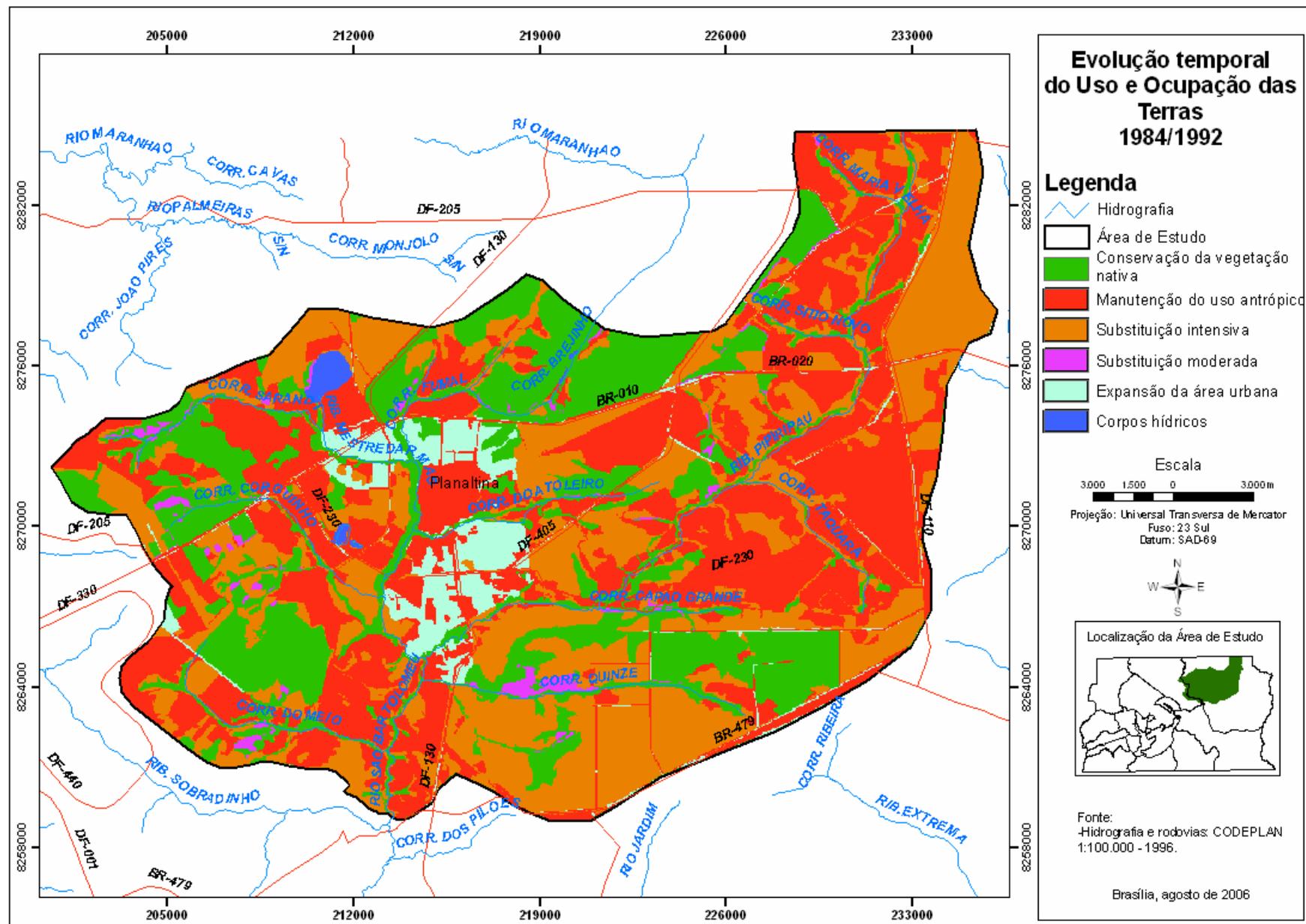


Figura 20. Mapa representativo da evolução temporal do uso e ocupação das terras de 1984 a 1992 da área de estudo.

Foram avaliadas as tendências que marcaram o processo de evolução do uso e ocupação das terras na área de estudo. Verificaram-se as áreas de conservação da vegetação nativa, as de manutenção do uso antrópico, as de substituição intensiva, as de substituição moderada, as de expansão da área urbana e os corpos hídricos.

As áreas caracterizadas como de conservação da vegetação nativa, em parte, estão localizadas em áreas de proteção ambiental e próxima aos recursos hídricos como pode ser visto na figura 20. Ao avaliar os dados obtidos pela operação de tabulação cruzada, apresentados na tabela 7, observou-se que 24,63% da área de estudo, corresponde ao somatório de 0,34% (C – MG), 0,24% (C/P – MG), 0,53% (AA – MG), 0,06% (AU – MG), 0,02 (R – MG), 3,65% (MG – MG), 12,14% (C – C), 2,01% (C/P – C), 1,35% (AA – C), 0,25% (AU – C), 0,23% (Q – C), 0,01% (R – C), 1% (MG – C), 0,37% (Q – C/P), 1,61% (R – R), 0,19% (C – Q), 0,19% (C/P – Q) e 0,42% (CH – CH), ao longo dos anos de 1984 até 1992 permaneceram conservando sua vegetação nativa. O fato citado não significa que os usos mais intensivos como a agricultura e a área urbana pouparam as áreas de vegetação nativa, mas sim que neste período as áreas de agricultura e área urbana já eram bem significativas. Outro fator é a existência da Estação Ecológica de Águas Emendadas na área de estudo que permitiu a preservação da cobertura natural.

Ao avaliar a classe de manutenção do uso antrópico foi possível retificar que as áreas de agricultura e área urbana no período de 1984 e 1992 já eram significativas, ocupando 38,6% da área estudada. Com os dados obtidos pela tabulação cruzada, observou-se que a classe (AA – AA) foi a que mais contribuiu para a manutenção do uso antrópico com 26,26% da área, esse dado demonstrou que áreas agrícolas dificilmente têm seu uso convertido em usos mais conservacionistas.

Ao contrário de ações de reconstituição do sistema natural foram observadas nos anos de 1984 e 1992 áreas que tiveram seu uso anterior substituído pela agricultura, estas áreas foram denominadas áreas de substituição intensiva como podem ser visualizadas na figura 20. Por meio dos dados obtidos pela tabulação cruzada, a classe de substituição intensiva ocupou 31,66% da área estudada. As classes (C – AA), (C/P – AA) e (C – C/P),

(R – AA) e (MG – AA), foram as que tiveram os maiores valores conversão de uso com 11,51%, 7,71%, 4,24%, 3,58% e 2,86% respectivamente. Por conseguinte observou-se que a substituição intensiva gerou desmatamento das áreas de vegetação nativa como o cerrado, as matas galerias e os campos, juntamente com as áreas de reflorestamento.

As áreas que tiveram seu uso anterior substituída por reflorestamento ou de mata galeria para cerrado foram denominadas de áreas de substituição moderada. Ao observar a figura 20 pode-se observar que essas áreas são bem reduzidas e por meio dos dados obtidos pela operação de tabulação cruzada, a classe de substituição moderada ocupava apenas 1,17% da área estudada.

Outra modificação observada foi a expansão da área urbana, processo que se pode observar na figura 20, e utilizando os dados da tabulação cruzada verificou-se que a expansão da área urbana ocupou 4,88% da área de estudo. Esse fato pode ser explicado pelo processo de periferização da cidade-satélite de Planaltina, já descrito por Paviani (1991) e Anjos (1996).

Após o cruzamento entre os mapas de uso e ocupação 1984 e 1992 foi realizada a quantificação das classes de evolução temporal do uso e ocupação das terras na área de estudo (figura 21).

Tal figura demonstra que a classe de manutenção de uso antrópico, como já relatado anteriormente foi a classe mais observada, seguidas das classes de substituição do uso intensivo e a classe de conservação de vegetação nativa, respectivamente.

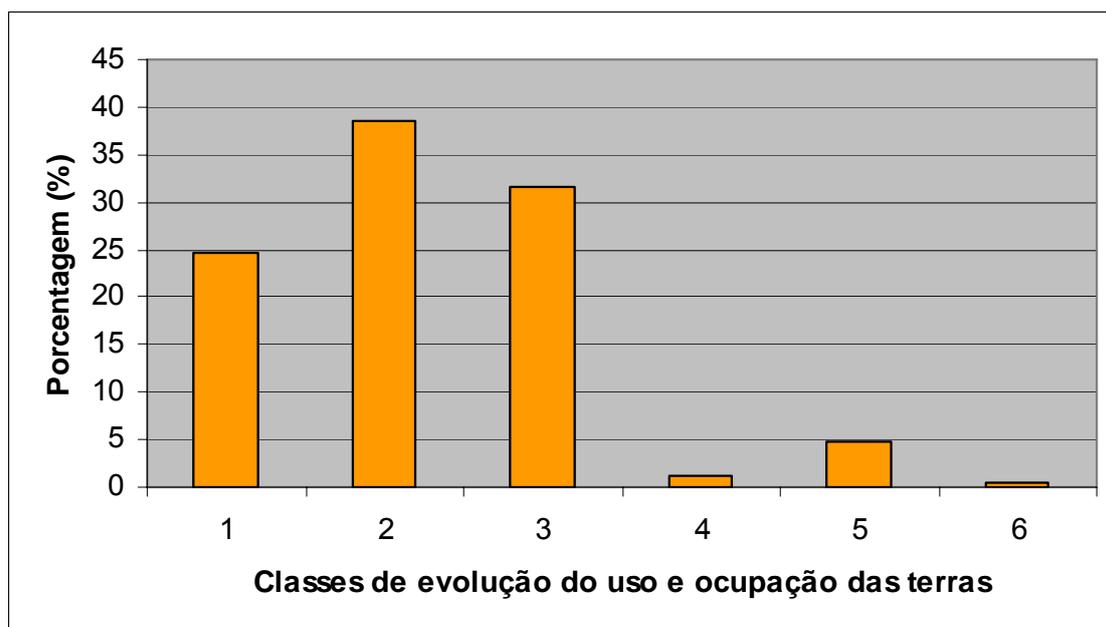


Figura 21. Quantificação das classes de evolução temporal do uso e ocupação das terras (1984 – 1992) da área estudada.

1- Conservação da vegetação nativa; 2 – Manutenção do uso antrópico; 3 – Substituição por uso intensivo; 4 – Substituição por uso moderado; 5 – Expansão da área urbana e 6 – Corpos hídricos.

4.2 – Uso e ocupação das terras em 1992 e 2003

Os resultados das operações de tabulação cruzada realizadas com os mapas de uso e ocupação das terras em 1992 e 2003, estão apresentados na tabela 8. A espacialização da evolução temporal das classes estabelecidas de uso e ocupação das terras de 1992 e 2003, pode ser visualizada pelo mapa gerado pelo cruzamento dos mapas de uso e ocupação das terras da área estudada apresentado na figura 22.

Assim, como na evolução temporal do uso e ocupação das terras de 1984 e 1992, foram avaliadas as tendências que marcaram o processo de evolução do uso e ocupação das terras na área de estudo. Verificaram-se as áreas de conservação da vegetação nativa, as de manutenção do uso antrópico, as de substituição intensiva, as de substituição moderada, as de expansão da área urbana e os corpos hídricos.

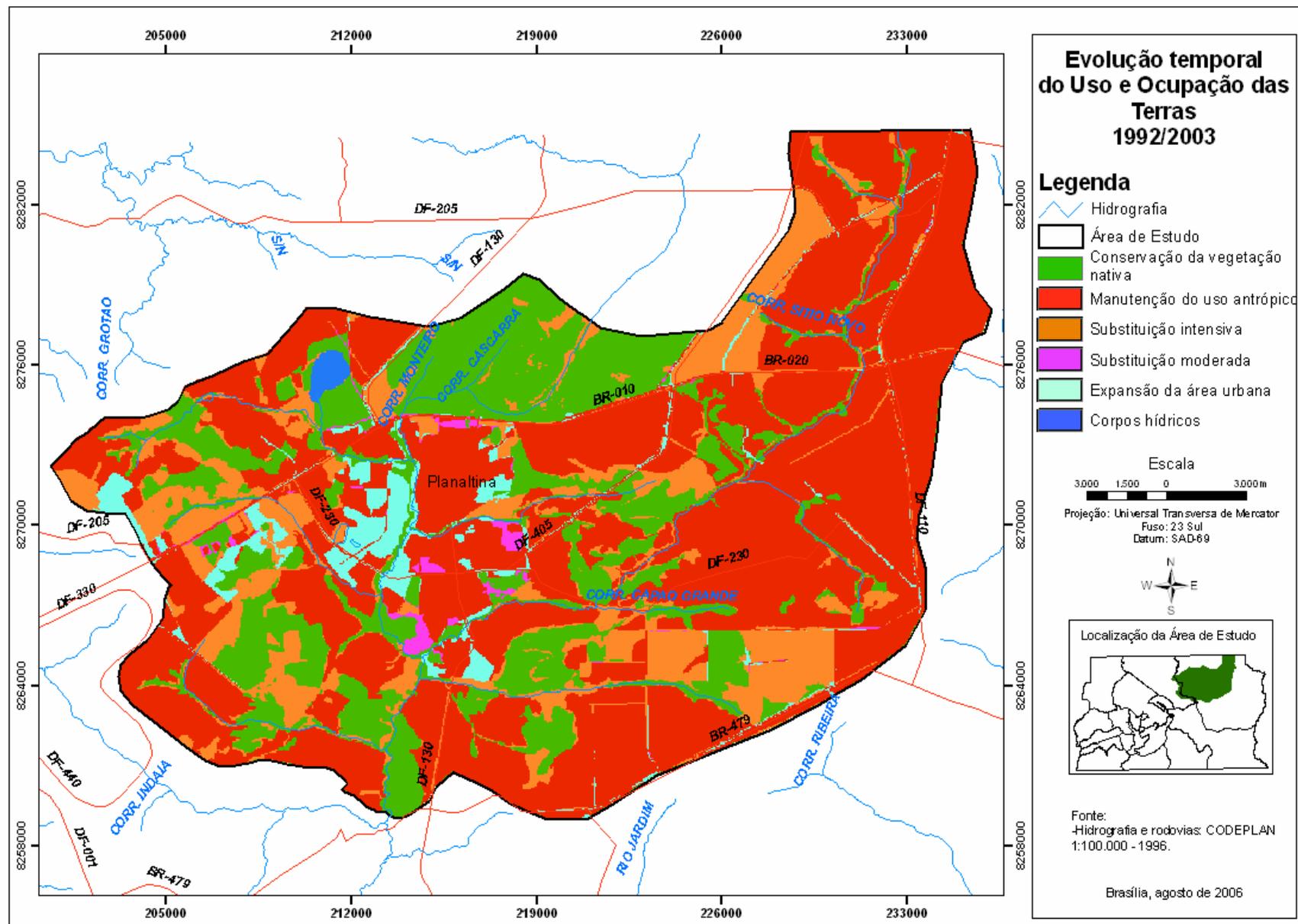


Figura 22. Mapa representativo da evolução temporal do uso e ocupação das terras de 1992 a 2003 da área de estudo.

Tabela 8. Tabulação cruzada entre as classes de uso e ocupação das terras de 1992 e 2003 da área de estudo.

1992	Classes de uso e ocupação das terras 2003								Total
	MG	C	C/P	AA	R	AU	CH	AI	
MG	2,83	0,13	0,26	1,30	0,00	0,33	0,00	0,00	4,85
AA	0,86	0,61	2,66	47,24	0,01	2,15	0,00	0,00	53,52
AI	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,09	0,28
C	0,37	8,28	4,85	3,20	0,01	0,30	0,00	0,00	17,01
C/P	0,50	1,08	7,03	4,08	0,03	1,10	0,01	0,00	13,84
R	0,00	0,00	0,14	1,38	0,15	0,10	0,00	0,00	1,77
AU	0,10	0,03	0,77	0,95	0,01	6,03	0,00	0,00	7,89
Q	0,00	0,26	0,03	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,38
CH	0,01	0,00	0,03	0,07	0,00	0,02	0,34	0,00	0,46
Total	4,67	10,39	15,76	58,49	0,21	10,03	0,35	0,09	100,00

MG - Mata Galeria; C – Cerrado; C/P – Campo/pastagem; AA – Agricultura Anual; AI – Agricultura Irrigada; R – Reflorestamento; CH – Corpos Hídricos; Q – Queimadas e AU – Área Urbana.

Ao avaliar os dados resultados da operação de tabulação cruzada apresentada na tabela 8, pode-se constatar que 53,7% da área de estudo, correspondente ao somatório 47,24% (AA – AA), 6,03% (AU – AU), 0,19% (AI – AA), 0,15% (R – R) e 0,09% (AI – AI) é caracterizada pela manutenção do uso antrópico. Estes fatos demonstram que mais da metade da área de estudo foi ocupada em maior parte pela agricultura e pela área urbana.

As áreas de cobertura de vegetação nativa diminuíram em relação a evolução temporal de 1984 e 1992, mas o cruzamento ente as áreas ocupadas por cerrado em 1992 e 2003 (C – C), apresentou um valor de 8,28% a maior contribuição. O fato que explica esse índice já citado anteriormente é a existência da Estação ecológica de Águas Emendadas e áreas de maior declividade que dificultam as modificações do uso.

Mesmo com a metade da área ocupada pela manutenção do uso antrópico, tem-se a permanência do processo de substituição por usos

intensivos. Tanto que, 16,01% da área de estudo tiveram seus usos modificados por usos intensivos, resultado da somatória de 0,26% (MG – C/P), 1,30% (MG – AA), 4,85% (C – C/P), 3,20% (C – AA), 4,08% (C/P – AA), 0,14% (R – C/P), 1,38% (R – AA), 0,03% (CH – C/P) e 0,07% (CH – AA).

A área ocupada pela expansão da área urbana foi de 3,9% da área de estudo, resultado do somatório de 0,33% (MG – AU), 2,15% (AA – AU), 0,30% (C – AU), 1,10% (C/P – AU) e 0,02% (CH – AU).

Com o cruzamento dos mapas de uso e ocupação das terras de 1992 e 2003 foi realizada a quantificação das classes de evolução temporal do uso e ocupação das terras na área de estudo, como mostra a figura 23.

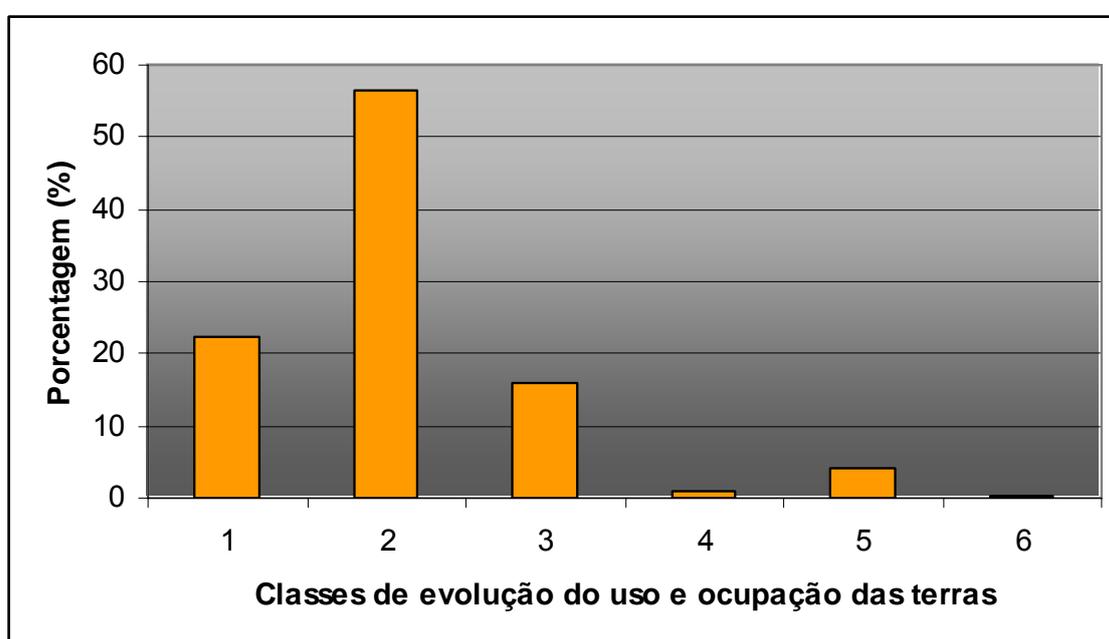


Figura 23. Quantificação das classes de evolução temporal do uso e ocupação das terras (1992 – 2003) da área estudada.

1- Conservação da vegetação nativa; 2 – Manutenção do uso antrópico; 3 – Substituição por uso intensivo; 4 – Substituição por uso moderado; 5 – Expansão da área urbana e 6 – Corpos hídricos.

Ao aplicar a metodologia de cruzamento de mapas para verificar a evolução do uso e ocupação das terras ao longo da série histórica estudada foi possível identificar alguns fatores que caracterizam a área de estudo.

Primeiramente, constatou-se a importância da Estação Ecológica de Águas Emendadas - ESECAE, como uma unidade de conservação de uso

restrito, essa área é a principal responsável pela conservação da vegetação nativa na área de estudo, entretanto, os usos antrópicos ao redor dos seus limites podem gerar problemas como a falta de interação das espécies animais e vegetais da ESECAE com outras áreas naturais. UNESCO (2002), analisou esse problema e propôs a consolidação de corredores ecológicos no Distrito Federal.

Porém, essas características de uma unidade de conservação não são exclusividade de Águas Emendadas nem do Distrito Federal. Ao analisar a tendência do desmatamento em um município de Rondônia, Ferreira et al. (2004), constataram que a unidade de conservação existente naquele município era a única barreira de contenção do processo de desmatamento.

Outro fator de caracterização da área foi a consolidação da agricultura como principal uso na área de estudo, processo este também verificado por Loebmann et al. (2005), nos estudos temporais na bacia do Rio Jardim. Todavia, a atividade agrícola não acontece de forma homogênea, pois existem as diferenciações de níveis tecnológicos que são resultantes do acesso diferenciados dos proprietários rurais aos instrumentos de produção.

Ruhoff et al. (2003) verificou, que em Santa Maria no Rio Grande do Sul, esse fato, também é procedente, pois essa área foi caracterizada pela retirada da cobertura vegetal natural para implantação de áreas urbanas e agricultura.

Na área de estudo existem desde grandes propriedades agrícolas com alto nível tecnológicos para produção de grãos, propriedades menores com nível tecnológico bem inferior e assentamentos rurais, nos quais a produção é incipiente, onde percebe-se a falta de integração com as instituições governamentais responsáveis por estas atividades. Além disso, foi observado na área, pelo menos três acampamentos do Movimento Sem Terra em precárias condições sociais. Tais observações concordam com Becker (2001) que ao analisar o processo de ocupação da Amazônia advertiu que o principal problema social brasileiro é a má distribuição fundiária.

Por fim, vê-se a necessidade da realização, pelos dos produtores rurais, de planejamentos de usos sustentáveis das suas terras, com a adoção de técnicas de conservação ambiental. Foi observado que a maioria das propriedades da área de estudo, inclusive as grandes propriedades, plantam desmatando toda cobertura vegetal natural da área, até em áreas de veredas.

Uma das atividades de manejo conservacionista praticada é sistema de cultivo por plantio direto, porém, só a aplicação desse sistema não garante manutenção sustentável das terras na área de estudo.

5- Avaliação da adequabilidade do uso e ocupação das terras

Tendo em foco a avaliação do uso agrícola das terras, visando fornecer dados para a verificação da sustentabilidade dos diversos usos verificados na área estudada, foi realizada operações de tabulação cruzada (tabela 9) dos mapas de uso e ocupação das terras em 2003 gerado neste trabalho, e o mapa de aptidão agrícola das terras do Distrito Federal (Embrapa,1978). Esse procedimento indica se o uso está de acordo com as pontencialidades das terras. Esta metodologia tem sido utilizada por vários autores, entre eles Rodrigues (1998), Silva (2003), Lobo (2002) e Chaves (2005), mostrando bons resultados na avaliação da adequabilidade do uso e ocupação das terras das regiões estudadas.

Realizou-se, também, o cruzamento entre os mapas de uso e ocupação das terras em 2003 e o mapa de aptidão agrícola das terras do DF (Embrapa,1978) gerando o mapa de adequabilidade do uso e ocupação das terras da área de estudo, como mostra a figura 24. Estabeleceu-se por meio da avaliação do uso em relação ao mapa de aptidão agrícola quatro categorias de adequabilidade: preservação ambiental, uso abaixo do potencial, uso acima do potencial e uso adequado.

Ao avaliar os dados obtidos pela tabulação cruzada (tabela 9), pode-se verificar que 51,18% da área de estudo resultante do somatório de 50, 22% (2(b)c – AA), 0,09% (2(b)c – AI) e 0,02% (3(a) – AA), 0,84% (1(a)bC – AA) e 0,01% (3(bc) – AA) foram classificado como áreas adequadas ao uso agrícola, mas vale ressaltar que em termos de classe de aptidão essas áreas apresentaram níveis de manejos que variam de restrita para os níveis de manejo (a e b) e regular para o (c). O principal fator limitante dessas terras na região do cerrado é a deficiência de fertilidade, que pode ser resolvido com correção e fertilização do solo. Com isso, produtores rurais que não possuem condições de corrigir a deficiência de fertilidade dos solos na área de estudo, acabam possuindo baixa produtividade agrícola.

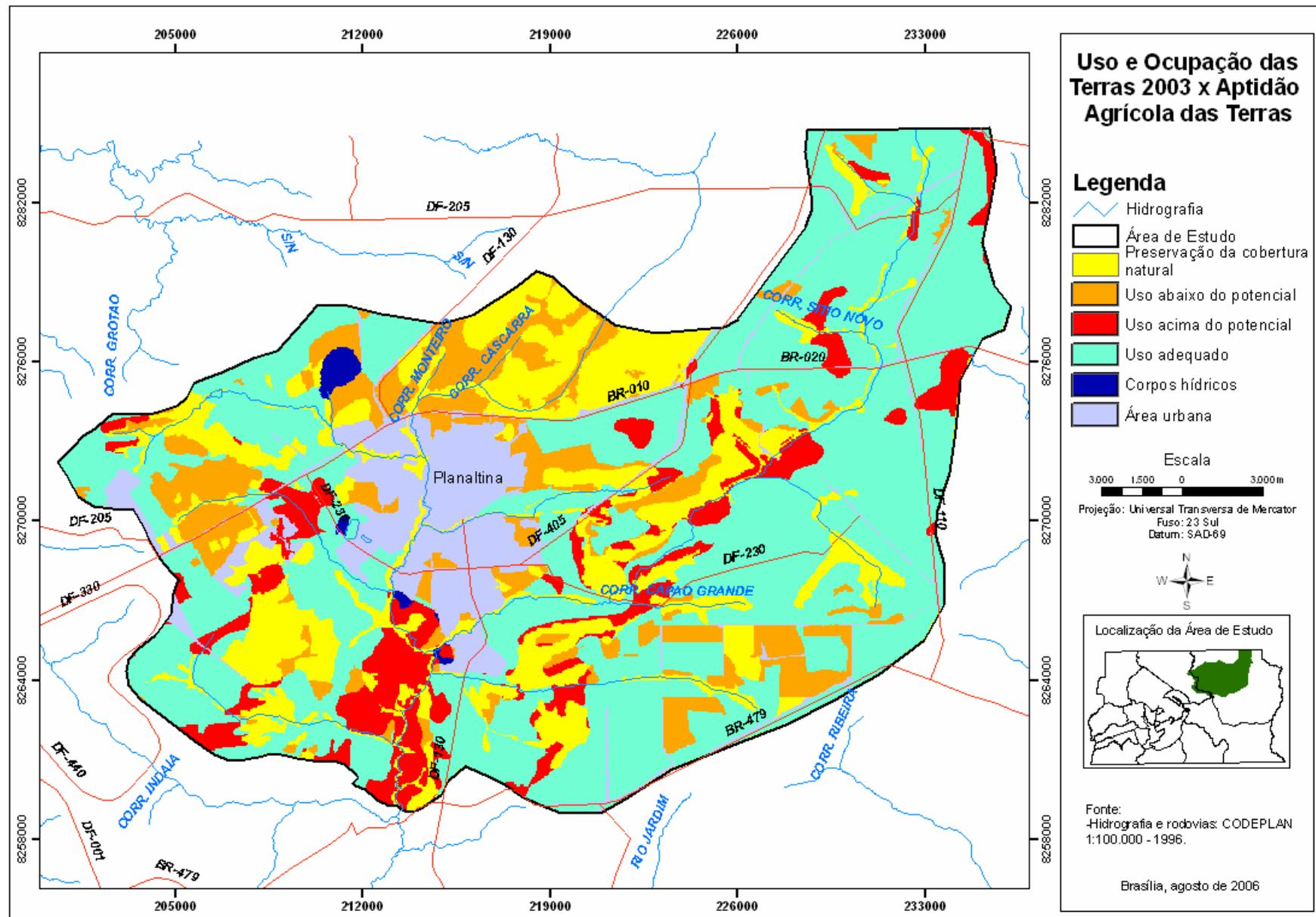


Figura 24. Mapa de adequabilidade do uso e ocupação das terras da área de estudo.

Tabela 9. Dados de tabulação cruzada entre o uso e ocupação das terras em 2003 e a aptidão agrícola das terras da área de estudo.

Aptidão das terras	Uso e ocupação das terras de 2003 (%)								Total
	MG	C	C/P	AA	R	AU	CH	AI	
2(b)c	3,16	7,76	11,66	50,22	0,21	7,84	0,05	0,09	81,00
5(sn)	0,02	0,27	0,08	1,61	0,00	0,09	0,00	0,00	2,1
1(a)bC	0,28	0,01	0,01	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13
5(n)	0,68	0,54	1,33	3,33	0,00	1,09	0,00	0,00	6,96
3(bc)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
CH	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,30	0,00	0,36
1aBC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4p	0,16	0,95	1,15	1,47	0,00	0,04	0,00	0,00	3,77
2(a)bc	0,03	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
AU	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,87
3(a)	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
6	0,32	0,81	1,47	0,93	0,00	0,10	0,00	0,00	3,63
Total	4,67	10,39	15,76	58,49	0,21	10,03	0,35	0,09	100,00

MG - Mata Galeria; C – Cerrado; C/P – Campo/pastagem; AA – Agricultura Anual; AI – Agricultura Irrigada; R – Reflorestamento; CH – Corpos Hídricos e AU – Área Urbana.

Estão sendo utilizadas abaixo do potencial agrícola 11,74% da área de estudo, com a contribuição principal de 11,66% (2(b)c – C/P), isto é, em áreas com aptidão para lavouras o uso existente é de campo/pastagem. Entretanto, se uma área foi considerada como uso abaixo do potencial agrícola não quer dizer que o seu uso deva ser intensificado, significa apenas que as terras têm o potencial de uso mais intensivo. A prática de usos menos intensivos podem proporcionar a manutenção ambiental dessas áreas. Tal fato foi verificado na área de estudo de Chaves (2005), onde 48,05% das terras também estavam sendo utilizadas abaixo do potencial agrícola.

Porém, 8,8% da área de estudo possuem um uso acima do potencial em relação à aptidão agrícola das terras, demonstrados pelos cruzamentos: (5(n) – AA) 3,33%, (5(sn) – AA) 1,61% e (4p – AA) 1,47. A não adequação do uso dessas áreas devem-se, principalmente, ao uso de agricultura em áreas com aptidão agrícola para pastagem plantada, pastagem natural e silvicultura, gerando assim, um uso altamente intensivo sobre as terras correspondentes à estas classes de aptidão.

Contudo, ainda existe na área de estudo 15,26% que foram classificados como de preservação ambiental. Representam as áreas de diferentes classes de aptidão agrícola que preservam a sua cobertura vegetal natural do bioma do cerrado. Novamente, a Estação Ecológica de Águas Emendadas é a área que mais contribui ao longo do processo de utilização da área de estudo com a preservação ambiental das terras.

Por fim, pode-se afirmar com auxílio dos dados da figura 25, que a maior parte do uso das terras na área de estudo estão adequadas em relação à aptidão agrícola. Ressalta, entretanto, que é importante monitorar as áreas de usos considerados inadequados.

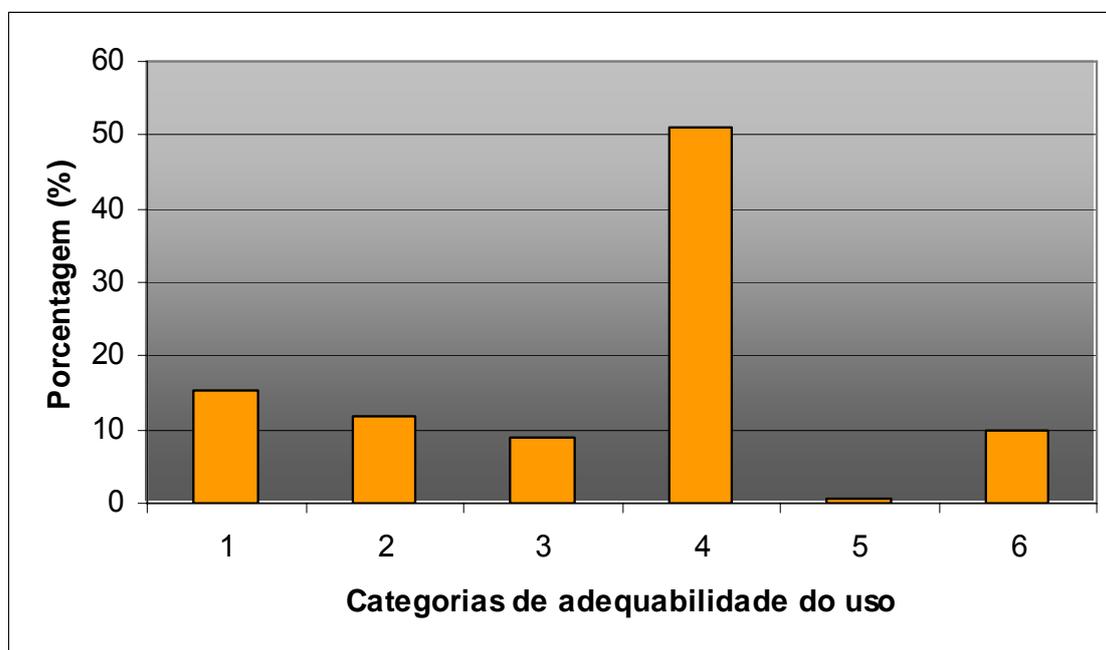


Figura 25. Quantificação das categorias de adequabilidade do uso e ocupação das terras (2003).

1- Preservação ambiental; 2 – Uso abaixo do potencial agrícola; 3 – Uso acima do potencial agrícola; 4 – Adequado; 5 – Corpos hídricos e 6 – Área urbana.

IV – CONCLUSÕES

1 - Verificou-se ao longo do período de 1984, 1992 e 2003, que as tendências principais da evolução do uso e ocupação das terras foi uma constante substituição da cobertura vegetal natural por usos antrópicos, com conseqüente acréscimo da agricultura e da área urbana.

2- A utilização da técnica de classificação digital de imagens utilizando o algoritmo MAXVER para a elaboração de mapas de uso e ocupação das terras apresentou uma eficácia muito boa de acordo com o cálculo de procedimentos de validação.

3 - Os cruzamentos de mapas de uso e ocupação das terras, juntamente com os dados fornecidos pelas operações de tabulação cruzada, possibilitou determinar as seguintes alterações ao longo da série histórica estudada: 1984 a 1992 constituiu o período de maior alterações nos usos e ocupações das terras da área estudada, principalmente, pela expansão da agricultura e da área urbana, com grande porcentual de substituição da vegetação nativa. De 1992 a 2003 observou-se manutenção do uso antrópico, porém com tendências de expansão urbana e substituição de usos agrícolas por usos cada vez mais intensivos.

4 - A avaliação da adequabilidade do uso e ocupação das terras na porção norte da bacia do São Bartolomeu permitiu constatar que 51,18% da área de estudo estão com suas terras utilizadas de forma adequada ao sistema brasileiro de aptidão agrícola.

V – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, R. S. A. **Monitoramento da expansão urbana no Distrito Federal e sua região do entorno imediato (1964-1990)**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1996. 100p.

BAPTISTA, G. M. M. Caracterização Climatológica do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. 1. ed. Brasília: SEMATEC, 1998. p. 1-25.

BECKER, B. K. Síntese do processo de ocupação da Amazônia: lições do passado e desafios do presente. In: Ministério do Meio Ambiente, **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: MMA, 2001. p. 5 – 28.

BENATTI JR.; BERTONI, J.; MOREIRA, C. A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas: SBCS, v. 1, 1977. p. 121-123.

BRITES, R. S.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S. Comparação de desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificação de imagens orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** São Paulo: INPE, 1996. CD-ROM.

CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**. Brasília, v. 34, n. 1, 2004. p. 41-48.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T.; MELO, A. F.; SILVA, P. A. Processamento e análise de imagens multiespectrais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 473 - 480.

CHAVES, A. A. A. **Avaliação do uso e qualidade do solo e da água da região de nascentes do Rio Descoberto, DF**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005. 92p. Dissertação de Mestrado.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília: CODEPLAN, 1984. 100p.

CODEPLAN. **Mapa topográfico do Distrito Federal, escala 1:100.000, formato digital**, 1 ed., GDF, Brasília, 1996.

CODEPLAN. **Cartas planialtimétricas em formato vetorial, na escala 1:25.000 e 1:10.000**, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD, com informações sobre sistema viário, hidrografia, hipsometria, áreas urbanas. Brasília/DF. 1991

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York, Lewis publishers, 1999. 133 p.

CORINE. **CORINE Land Cover (Coordination of information on the environment)**. Bruxelas: Comm European Communities, 1992.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

DAYRELL, C. A. A questão ecológica no limiar da questão agrária: o caso dos cerrados do norte de Minas. **Reforma Agrária**, vol.23, nº 01, 1993. p.70-80

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JR. E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho-escuro dos cerrados em

diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas: SBCS, v. 10, 1986. p. 265-272.

EITEN, G. Vegetação. In: NOVAES PINTO, M. (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed., Brasília: Edunb/Sematec, 1993. p.17-73.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Boletim Técnico, n. 53, SNLCS, Rio de Janeiro, 1978. 455 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. **Embrapa cerrados**. 2006. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br>. Acesso em: 5 de janeiro de 2006.

FERREIRA, C. S.; NUNES, S. F.; FERREIRA, N. C.; TEIXEIRA, C. V.; MENESES, P. R. Elaboração de mapa de tendência do desmatamento no município de Buritis (RO). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA, 15, 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004.

FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: **Inventário hidrológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília: SEMATEC/IEMA/UnB, 1998. 186 p.

GOUVÊA, L. A. A capital do controle e da segregação social. In: PAVIANI, A. (org.) **A conquista da cidade**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991. p. 75 – 96.

JENSEN, J. R. Urban/suburban land use analysis. In: COLWELL, R. N. **Manual of remote sensing**. Falls Church, VA: ASP, v. 2, 1983. p. 1511-1666.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The Measurements of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, n. 3, 1977. p. 159-179.

LOBO, G. A. S. **Aplicação de geotecnologias na planejamento de uso se áreas rurais**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2002. 144p. Dissertação de Mestrado.

LOEBMANN, D. G.; GUIMARÃES, R. F.; BETTIOL, G. M.; FREITAS, L. F.; REDIVO, A. L.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Mistura espectral de imagens LANDSAT para análise multitemporal de uso da terra nas diferentes unidades pedológicas da bacia do Rio Jardim, DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 557-564.

MAIA, M. R. e LAGE, C. S. Caracterização do uso do solo no município de Vitória da Conquista, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 6, 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. CD-ROM.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias e aplicações**. 2. ed., Viçosa – Minas Gerais: UFV, 2003. 307p.

MOREIRA, R. A.; RAMOS NETO, M. B.; MACHADO, C. P.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; MENEZES, B. A. C.; MACHADO, S. J. M.; FERREIRA, R. G. Análise temporal do uso do solo nos municípios de entorno do Parque Nacional das Emas com a utilização de imagens Landsat e CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 633 – 641.

NOVAES PINTO M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO M. (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora UnB. 3 ed., 1993. p. 285-320.

OKA-FIORI, C.; FIORI, A. P. ; HASUI, Y. Dinâmica da ocupação do solo na bacia do Rio Itiquira, Mato Grosso, Brasil. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 7, 2003. p. 19 – 31.

PAVIANI, A. **Brasília: a metrópole em crise**. Brasília: Editora UnB, 1989. 113p.

PONZONI, F. J.; REZENDE, A. C. Influências da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**. Viçosa: SIF, v. 26, n. 4, 2002. p. 403-410.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Aptidão Agrícola das Terras**. 3ª ed. Revisada, Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 1995. 65 p.

RAMOS, P. C. **Mapeamento das Áreas Indicativas da Degradação na APA da Bacia do Rio São Bartolomeu – DF, utilizando técnicas de Geoprocessamento**. Brasília: Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2002 85 p. Dissertação de Mestrado.

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.

RIBEIRO, S. R. A. e CENTENO, J. S. **Classificação do uso do solo utilizando redes neurais e o algoritmo MAXVER**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 1341-1348.

RODRIGUES, L. M. R. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da evolução e adequação do uso agrícola das terras na microbacia do Córrego Lamarão, DF**. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 1998, 109 p. Dissertação de Mestrado.

RUHOFF, A. L.; PORTO, V. A.; PEREIRA, R. S. Mapeamento de uso da terra e ocupação do espaço geográfico em Santa Maria, RS. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 7, 2003. p. 87-94.

SANTOS, V. T. M. **Aplicação de classificação digital de imagens orbitais no mapeamento de uso da terra.** Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2006, Dissertação de Mestrado.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas: SBCS, v. 21, 1997. p. 287-291.

SEMATEC (Secretaria de meio ambiente e tecnologia). **Mapa das unidades hidrográficas do Distrito Federal,** 1994.

SILVA, M. K. A.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. Mapeamento de uso de solo no município de Pedrinópolis – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 285 – 291.

SILVA, M. T. G. **Utilização de geotecnologias no levantamento e adequação do uso dos solos na bacia do Rio João Leite – Goiânia-GO.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2003, 125 p. Dissertação de Mestrado.

SULFOFT. **Guia do ENVI.** 2006. Disponível em: [http:// www. Sulsoft.com.br](http://www.Sulsoft.com.br)
Acesso em: 5 de janeiro de 2006.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço** Brasília: Editora UNESCO Brasil, 2ª edição, 2002. 80 p.