

**Geoprocessamento aplicado ao planejamento e gestão ambiental na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal**  
**Parte 1: processamento digital de imagens**

Paulo de Tarso Ferro de Oliveira Fortes<sup>1,2</sup>  
Gustavo Isac Monteiro de Oliveira<sup>1</sup>  
Edison Crepani<sup>3</sup>  
José Simeão de Medeiros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - Instituto de Geociências - UnB/IG  
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - 70.910-900 - Brasília - DF, Brasil  
pfortes@unb.br  
gustavoisac@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias - UFES/CCA  
Alto Universitário s/n - Centro - 29.500-000 - Alegre - ES. Brasil

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Sensoriamento Remoto - INPE/DSR  
Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim Granja - 12.227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
crepani@ltid.inpe.br  
simeão@dsr.inpe.br

**Abstract.** The Cafuringa Environmental Protection Area is situated at the Federal District northwestern portion, Central Brazil, close to the Brasília National Park and the Contagem Biological Reserve. Landsat images segmentation and classification by Isepeg allowed land use and vegetation cover mapping and multitemporal analysis (1973, 1984, 1987, 1990, 1993, 1996, 2000 and 2002). The results show the tendency of suppression of forest and savanna formations by agricultural and urban areas, especially at the Contagem-Rodeador tableland. The large farms (more than 100 ha), firstly characterized by soy and corn production and later by grass, are being substituted by small properties (2 ha), with no or minor agricultural production, and by residential villages, increasing the urbanization pressure over the environmental protection areas.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, land use and cover, multi-temporal analysis, Cafuringa Environmental Protection Area, Federal District, Central Brazil, sensoriamento remoto, processamento de imagens, uso do solo e cobertura vegetal, análise multitemporal, Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal, Centro-Oeste, Brasil.

## 1. Contextualização

A partir de meados do século XX, a intensa ocupação agropecuária e urbanização do Bioma Cerrado, especialmente nas três últimas décadas, vêm trazendo grandes prejuízos ecológicos, diretamente associados ao seu desmatamento. Como consequência, estima-se que o cerrado tenha somente 1/3 de sua cobertura original conservada, do qual apenas 5 % estão protegidos em unidades de conservação (IBAMA, 2002).

O aumento da população do Distrito Federal (DF), desde sua criação e com taxa de crescimento de quase 500.000 habitantes a cada dez anos (**Figura 1**), vem causando, especialmente nos últimos vinte anos, a ocupação desordenada de áreas de proteção ambiental, descaracterização de áreas rurais próximas ao Plano Piloto de Brasília, principalmente por parcelamento irregular de solo urbano e rural, por meio de proliferação de condomínios e de novos setores habitacionais.

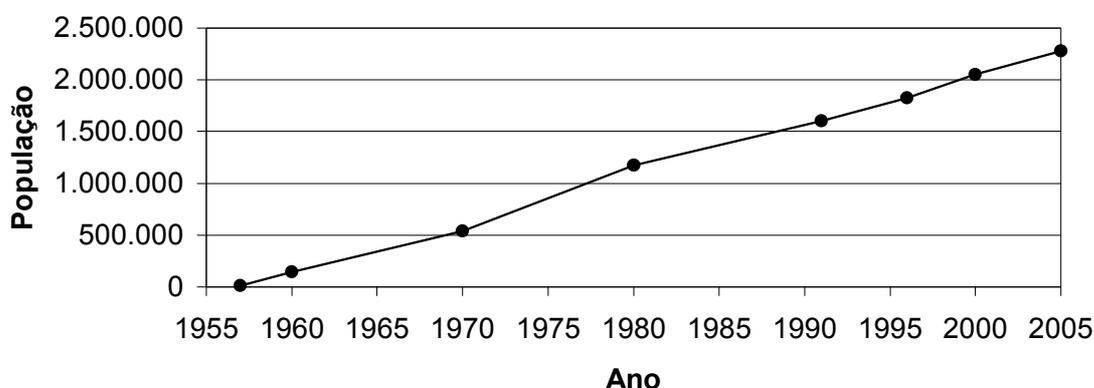
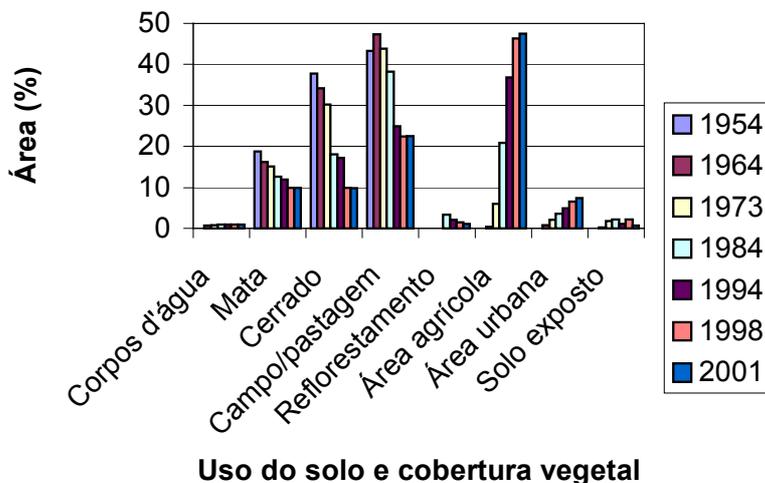


Figura 1 - Evolução da população do Distrito Federal (CODEPLAN, 1997; GDF, 2001)

Informações obtidas por fotografias aéreas e imagens de satélite, destacam a forte redução de mata (formações florestais), cerrado (formações savânicas) e campo/pastagem (formações herbáceas naturais e antrópicas), diretamente associada à expansão de áreas agrícolas e urbanas, ocorrida no DF entre os anos de 1954 a 2001 (UNESCO, 2002) (**Figura 2**).



Uso do solo e cobertura vegetal

Figura 2 - Evolução do uso do solo e cobertura vegetal no Distrito Federal nos anos de 1954, 1964, 1973, 1984, 1984, 1994, 1998 e 2001 (UNESCO, 2002)

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Cafuringa (Decretos Distritais 11.123/1988 e 11.251/1988), situa-se na porção noroeste do DF, ocupa área de aproximadamente 465 km<sup>2</sup>, é parte da Reserva da Biosfera do Cerrado (RBC) - Fase 1 (Lei Distrital 742/1994), confronta-se diretamente com o Parque Nacional de Brasília (PNB) e serve como sua zona de amortecimento, e passou a pertencer também à APA do Planalto Central (Decreto-Lei Federal s/nº de 10/01/2001) e a conter a Reserva Biológica de Contagem (ReBio de Contagem) (Decreto-Lei Federal s/nº de 13/12/2002) e parte do PNB (Lei 4.186/2006) (**Figura 2**).

O atual Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) (Lei Distrital 017/1997), elaborado pelo Governo do Distrito Federal (GDF), enquadra a APA de Cafuringa na Zona Rural de Uso Controlado II (ZRUC II), com as Áreas de Proteção de Manancial (APM) do Torto/Santa Maria, de Contagem e do Paranoazinho, e sua parte sul inserida em Área de Monitoramento Prioritário, pois apresenta forte incidência de parcelamentos irregulares de solo na Chapada da Contagem-Rodeador (CCR) (**Figura 3**).

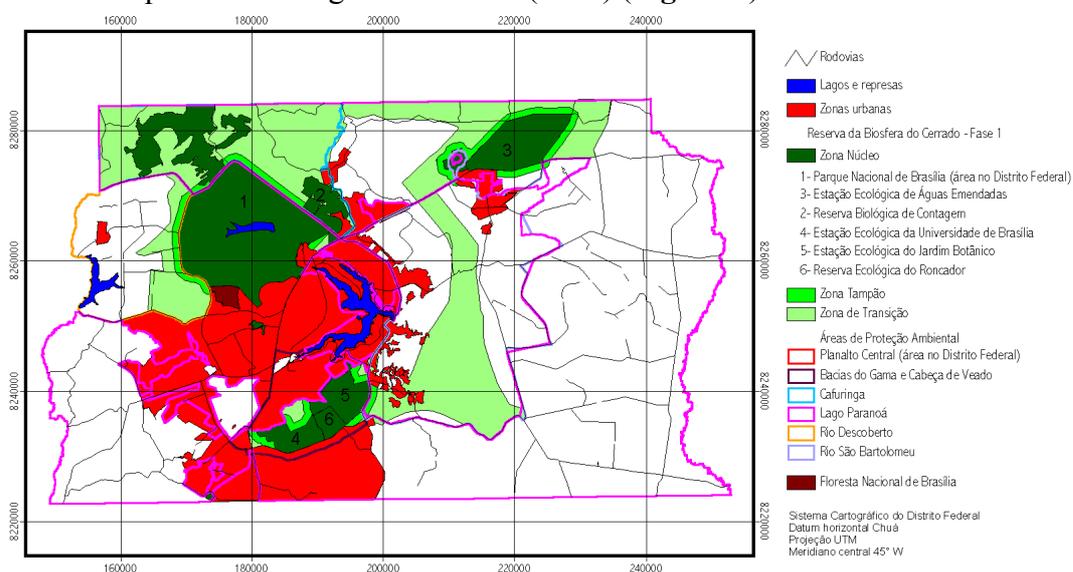


Figura 3 - Mapa ambiental e áreas urbanas do Distrito Federal (adaptado de CODEPLAN, 1997; SEMARH, 2000)

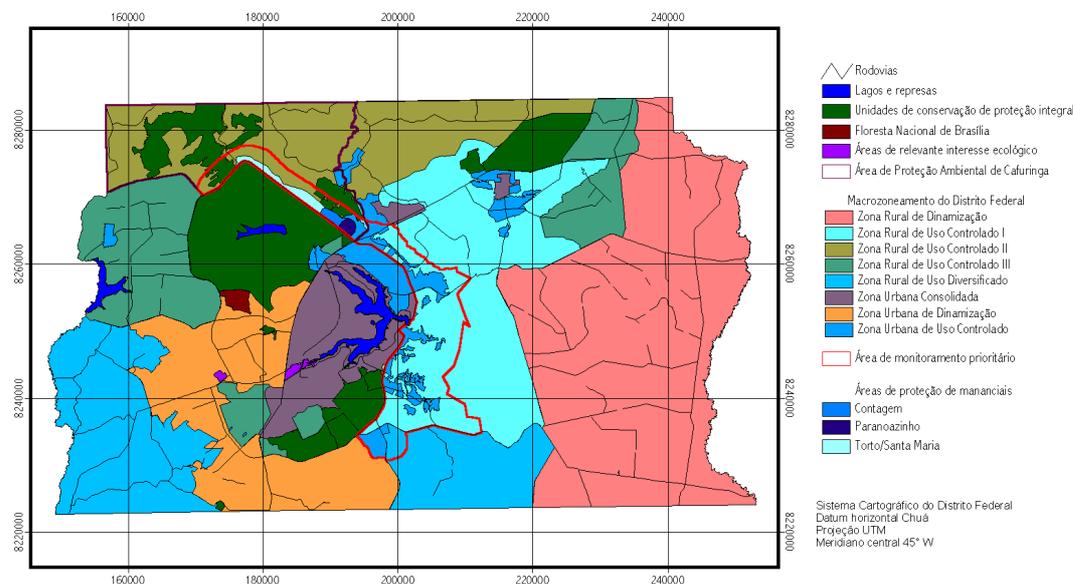


Figura 4 - Macro-zoneamento do Distrito Federal (adaptado de CODEPLAN, 1997)

## 2. Processamento digital de imagens

As imagens utilizadas foram obtidas pelos satélites LANDSAT em 1973 (sensor MSS), em 1984, 1987, 1990, 1993 e 1996 (sensor ETM-5) e em 2000 e 2002 (sensor ETM-7), entre os meses de maio e agosto, e todas as etapas de processamento digital de imagens foram executadas por meio do programa de computador SPRING, versão 4.2.

As imagens foram referenciadas ao Sistema Cartográfico do DF (SICAD), que adota o sistema geodésico Chuá e a projeção UTM com meridiano central de 45° W; registradas e corrigidas geometricamente por transformação polinomial de 1ª ordem, com erro médio quadrático RMS (*Root Mean Square*) inferior a 1 *pixel*.

Foram utilizados trinta e nove pontos de controle, cujas coordenadas plano-retangulares UTM, obtidas tanto por estimativa a partir de mapas plani-altimétricos, em escala de 1:25.000 e referenciados ao SAD-69, como por coleta de campo por meio de rastreador de satélite de navegação (GPS-NAVSTAR) referenciado ao WGS-84, foram transformadas para o SICAD.

Para que a classificação pudesse ser o mais abrangente possível, a área de estudo incluiu tanto a APA de Cafuringa como seu entorno, com aproximadamente 1.150 km<sup>2</sup>, e posterior recorte para análise nos limites da APA de Cafuringa, com cerca de 465 km<sup>2</sup>.

Foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6, do sensor MSS; 3, 4 e 5, dos sensores ETM-5 e ETM-7; que após seu realce por transformação linear, geraram imagens sintéticas por composições coloridas obtidas pelas combinações RGB:465 para o sensor MSS e RGB:543 para os sensores ETM-5 e ETM-7 (**Figura 5**).

Para comparação de resultados, as imagens sintéticas foram classificadas de forma supervisionada, pelos métodos Máxima Verossimilhança, Máxima Verossimilhança Contextual e Distância Euclidiana; e de forma não-supervisionada pelo método Isoseg, com a definição das classes corpos d'água, mata, cerrado, campo/pastagem, áreas agrícola, urbana e de mineração.

Na classificação supervisionada, as amostras de treinamento definidas foram as mesmas para os diferentes classificadores adotados, sendo que o desempenho médio variou entre 90 % e 95 %, geralmente, com confusão acima de 5 % entre mata, cerrado e reflorestamento; cerrado e campo/pastagem; campo/pastagem e área agrícola; e área agrícola e área urbana.

As imagens foram pós-classificadas uma vez, adotando-se peso 1 e limiar 3, e até cinco vezes com peso 1 e limiar 1, de maneira que não fossem percebidas visualmente mais mudanças significativas no resultado final.

Na classificação não-supervisionada, as imagens foram segmentadas por crescimento de regiões, com limiar de similaridade de 8 *pixels* e tamanho de área mínima igual a 9 *pixels*; classificadas pelo Isoseg, com limiar de aceitação de 90%.

No mapeamento de classes, as cerca de cinquenta classes definidas pelo algoritmo foram associadas às sete classes adotadas neste trabalho como correspondentes à suposta realidade do terreno, e as imagens foram pós-classificadas uma vez adotando-se peso 1 e limiar de 3.

Os erros observados após as classificações, foram detectados e corrigidos por checagem de campo e edição matricial, segundo os critérios de forma e textura reconhecidos pelo intérprete a partir da imagem de composição colorida, sempre de um momento posterior para o anterior, partindo-se do ano de 2002 até se chegar ao ano de 1973 (**Figura 6**).

A comparação dos resultados obtidos por diferentes classificadores revelou o Isoseg como melhor método (Adami *et al.*, 2002), corroborado neste trabalho, e a avaliação da sua exatidão, geral e pelo fator *kappa*, foi feita para o mapeamento de 2002 da APA de Cafuringa, comparando-se, dois a dois, os resultados da interpretação visual da imagem como verdade terrestre com as classificações pelo Isoseg não editada e editada.

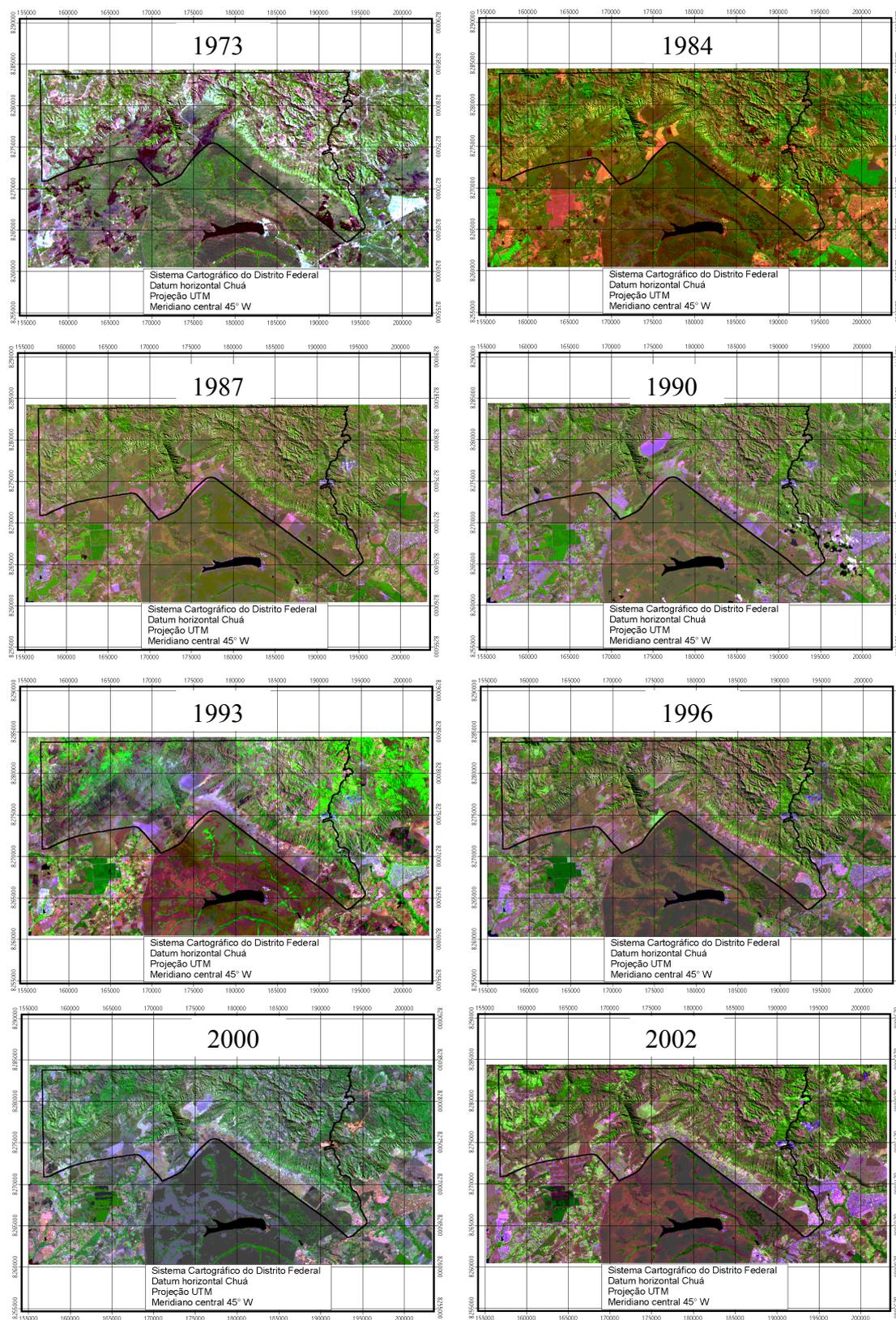
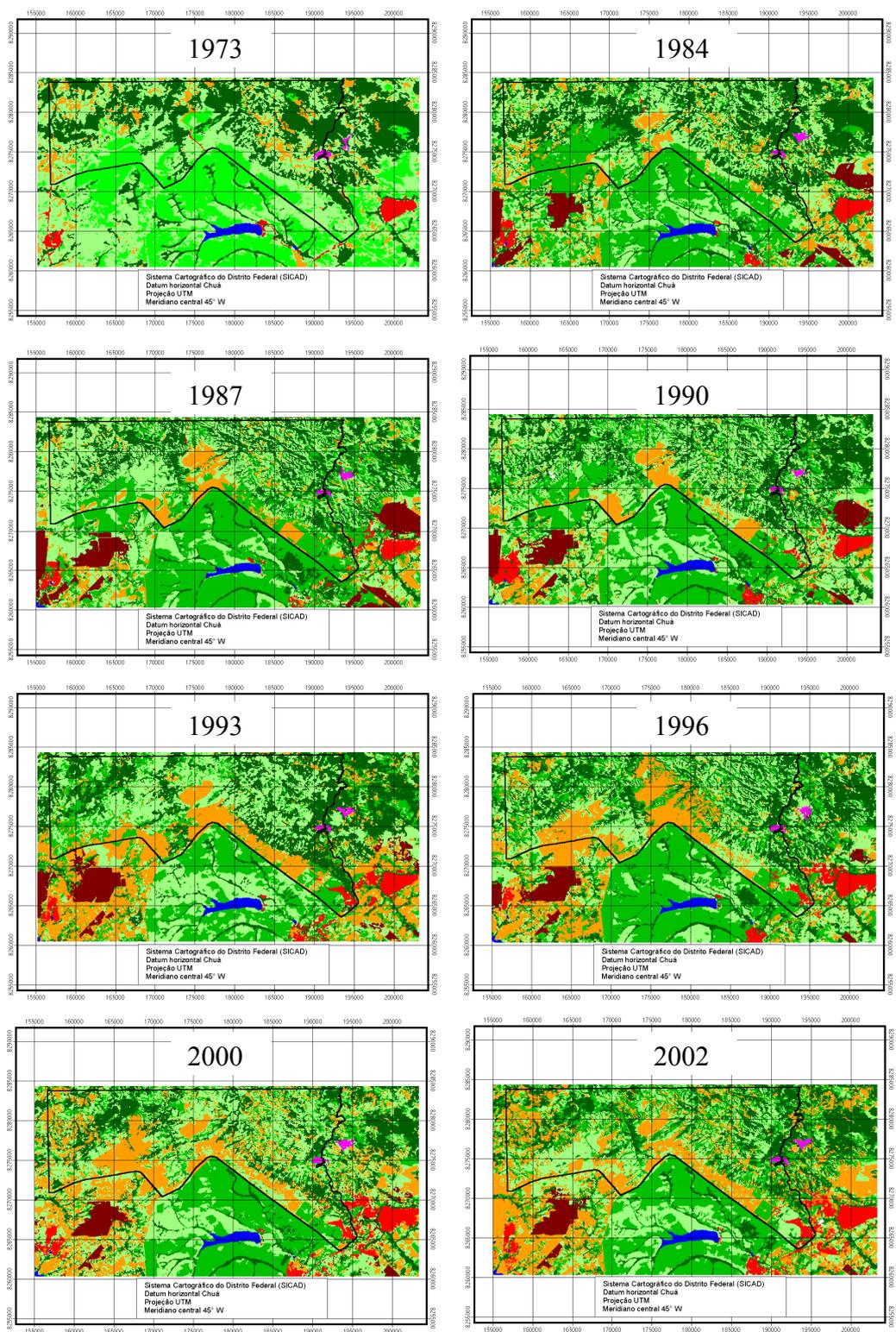


Figura 5 - Composições coloridas por combinações RGB:465 para os sensores LANDSAT MSS (1973), RGB:543 ETM-5 (1984, 1987, 1990, 1993 e 1996) e ETM-7 (2000 e 2002) da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa (em destaque) e seu entorno, Distrito Federal



Uso do solo e cobertura vegetal



Figura 6 - Mapas de uso do solo e cobertura vegetal, obtidos por processamento digital de imagens LANDSAT MSS (1973), ETM-5 (1984, 1987, 1990, 1993 e 1996) e ETM-7 (2000 e 2002), da Área de Proteção Ambiental de Cafuringa (em destaque) e seu entorno, Distrito Federal

### 3. Análise multitemporal

Os mapas finais de uso do solo e cobertura vegetal possibilitaram a qualificação e a quantificação das transformações do uso do solo e cobertura vegetal na APA de Cafuringa (Figura 7) e seu entorno (Figura 8), ocorridas ao longo de quase trinta anos.

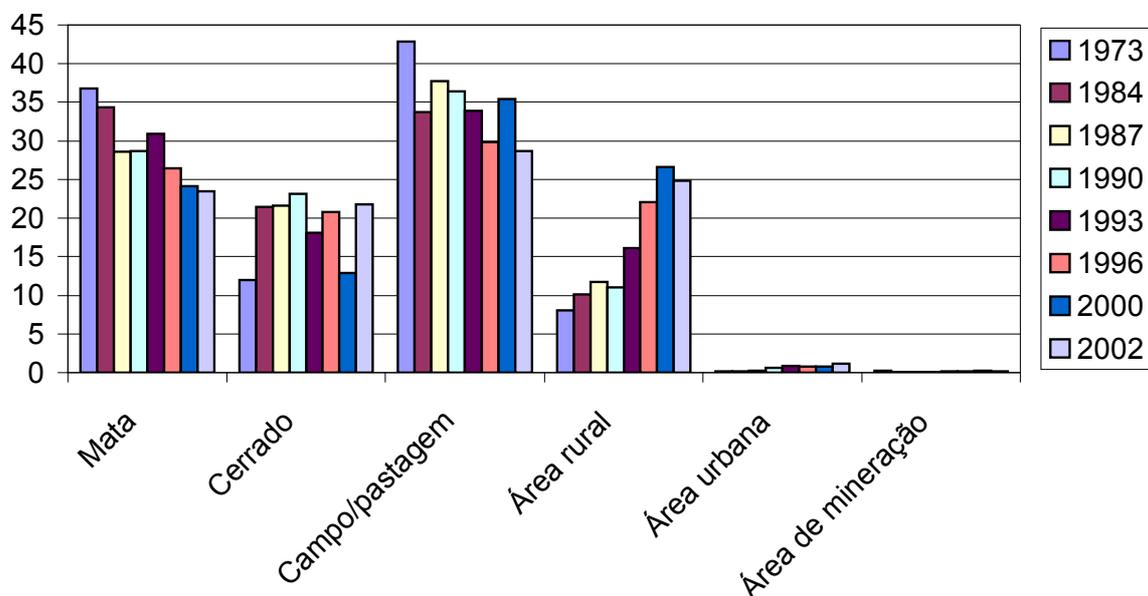


Figura 7 - Evolução da distribuição das classes de uso do solo e cobertura vegetal, em porcentagem e para os anos de 1973, 1984, 1987, 1990, 1993, 1996, 2000 e 2002, na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal

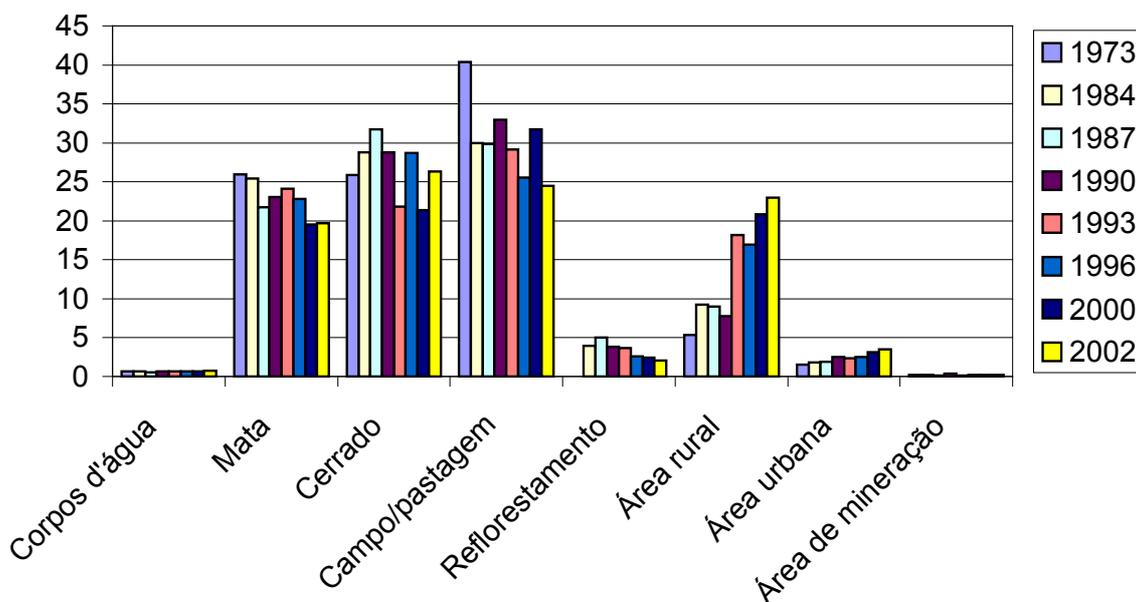


Figura 8 - Evolução da distribuição das classes de uso do solo e cobertura vegetal, em porcentagem e para os anos de 1973, 1984, 1987, 1990, 1993, 1996, 2000 e 2002, na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa e seu entorno, Distrito Federal

#### 4. Discussão e conclusões

Os valores de exatidão geral e fator *kappa* obtidos neste trabalho, respectivamente, de 89 % e 0,872 na comparação entre a interpretação visual e a pós-classificação editada e de 87 % e 0,827 na comparação entre a interpretação visual e a pós-classificação não editada, podem ser considerados como excelentes (Ippoliti-Ramilo, 1999).

A segmentação de imagens e o classificador Isoseg delimitaram grande quantidade de regiões, possibilitando a fácil percepção de muitos detalhes, mas, o grande número de classes obtidas compromete seu mapeamento em função da dificuldade de reconhecimento de cores semelhantes, automaticamente definidas na classificação, com as classes definidas pelo intérprete, levando à necessidade de forte edição e significativa simplificação dos mapas de uso do solo e cobertura vegetal.

As oscilações de até 5 % nas áreas de mata, cerrado e campo/pastagem podem estar associadas à dificuldade na distinção entre mata rala e cerrado, cerrado ralo e campo sujo, campo/pastagem e área agrícola, especialmente em 2000.

A análise dos resultados obtidos, considerando também as modificações ocorridas no entorno da APA de Cafuringa, revela a tendência de supressão de áreas com cobertura vegetal nativa em virtude do crescimento de áreas de reflorestamento, agrícolas e urbanas, com destaque para o vetor de expansão urbana em direção à APA de Cafuringa, principalmente na sua porção leste nas proximidades da cidade de Sobradinho, e o aumento da pressão agrícola sobre o PNB em função de parcelamentos na CCR, na sua porção sul.

Os resultados obtidos corroboram as informações sobre o histórico de ocupação antrópica na APA de Cafuringa (Cardoso, 2003), que, simplificada, pode ser assim resumido:

- 1970/1980: retirada de terra para exploração de cascalho laterítico, de areia e de calcáreo, e início da ocupação agrícola na CCR;
- 1980/1990: criação extensiva de gado e implantação de lavouras de soja e milho, e forte crescimento da ocupação agrícola na CCR; e
- a partir de 1990: parcelamento do solo e implantação de núcleos rurais e condomínios, especialmente na CCR.

#### Referências

- Adami, M.; Pinheiro, E. S.; Moreira, M.A. **Aplicação de diferentes algoritmos para a classificação de imagens ETM+/Landsat-7 no mapeamento agrícola**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 41 p. (INPE-8971 - NTC/349)
- Cardoso, E. S. **Área de Proteção Ambiental de Cafuringa: Aspectos valorativos, segmentos sociais e conflitos de uso dos recursos naturais**. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável. 2003. Formato digital.
- CODEPLAN. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 1997. Formato digital.
- GDF. **Anuário Estatístico**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 2001. Formato digital.
- IBAMA. **GeoBrasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2002. 440p.
- Ippoliti-Ramilo, G. A. **Imagens TM/Landsat-5 da época de pré-plantio para a previsão da área de culturas de verão**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999. 183 p. (INPE-7116- TDI/668)
- SEMARH. **Mapa Ambiental do Distrito Federal**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 2000. Formato digital.
- UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. Brasília: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2002. 80 p.