

## Mistura espectral de imagens LANDSAT para análise multitemporal de uso da terra nas diferentes unidades pedológicas da bacia do rio Jardim, DF

Daniel Gomes-Loebmann<sup>1</sup>  
Renato Fontes Guimarães<sup>1</sup>  
Giovana Maranhão Bettiol<sup>1</sup>  
Leonardo Figueiredo de Freitas<sup>1</sup>  
André Luciancencov Redivo<sup>1</sup>  
Osmar Abílio de Carvalho Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília – GEA/LSIE

Sala ASS-660/10, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Brasília, DF. CEP: 70910-900.  
gomesloebmann@yahoo.com.br, gibettiol@hotmail.com, leoffreitas@yahoo.com.br,  
{renatofg, alredivo, osmarjr}@unb.br

**Abstract.** The multitemporal analysis of satellite images was applied over a basin of the Cerrado (Brazilian Savanna) biome in order to verify the relationship between the human activity and the soil characteristics in the area. A time series of Landsat images was classified by their spectral mixture resulting in three land cover maps. By comparing these maps and the different soil types, was able to quantify the amount of change that occurs in the landscape according to the use and to the edaphic features of the area. It was observed that between 1994 and 2002 there was a loss of the natural vegetation, but at the same time there was an increase of the technological innovations for irrigation, in which both were influenced by the pedological characteristics of the basin.

**Palavras-chave:** multitemporal analysis; spectral mixture; land use; análise multitemporal; mistura espectral; uso da terra.

### 1. Introdução

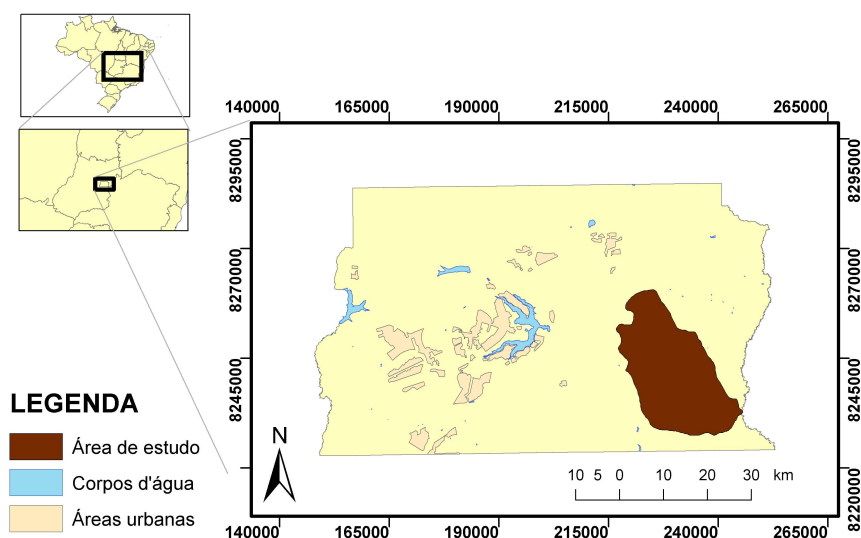
Os cerrados dominam os topos dos chapadões do Brasil central, região de planaltos estruturalmente complexos aplainados pela erosão e recortados por uma rede de vales fluviais que comportam extensas matas galerias contíguas aos canais de drenagem (Ab'sáber, 2003, pp. 18-19). Neste bioma, o desmatamento da vegetação original e o avanço das lavouras mecanizadas podem causar impactos nas condições hidrogeomorfológicas das vertentes e dos fundos de vale, o que deixa o solo mais susceptível a eventos erosivos e com menos água em seu perfil (cf. Baccaro, 1999, p.197). De fato, Spera et al. (2003) atestam a ocupação de nascentes e várzeas de uma bacia hidrográfica no cerrado por atividades impróprias, comprometendo a existência dos mananciais e conseqüentemente da agricultura irrigada.

A verificação dos padrões de uso da terra ao longo do tempo auxilia o estudo de fenômenos associados à ocupação de uma determinada região. Neste contexto, a análise multitemporal, que consiste na extração de informações provenientes de dados de um mesmo local obtido em momentos distintos (Langley et al., 2001), permite detectar as mudanças pelas variações presentes na série analisada. Este tipo de análise é de imprescindível importância para monitorar áreas desflorestadas (Maselli, 2004) ou acompanhar a ocupação de terrenos relacionada a características dos solos de determinada região (Lenney et al., 1996).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a evolução temporal dos padrões de uso da terra em uma bacia hidrográfica típica de cerrado, por meio de imagens TM e ETM+ do satélite Landsat adquiridas em períodos distintos. Em seguida, a série foi analisada de acordo com a classificação pedológica, permitindo avaliar se a ocupação realizada na região é apropriada ou não aos diferentes tipos de solo encontrados na bacia.

## 2. Área de estudo e atributos pedológicos

A bacia do rio Jardim é uma região com intensa atividade agrícola localizada na porção leste do Distrito Federal, ocupando 527,55 km<sup>2</sup> estendidos dentre as latitudes 15°40' e 16°02' S e longitudes 47°20' e 47°40' W (**Figura 1**). Esta bacia fornece a maior parte do milho, soja, trigo e feijão utilizados em Brasília, além de produzir parte das hortaliças e frutas, carne bovina, aves, ovos e volume significativo de leite. Seu canal principal é o maior tributário brasiliense do rio Preto, afluente do rio Paracatu, este último com foz no São Francisco (Spera et al., 2003).



**Figura 1** – Localização da área de estudo. Adaptado de Distrito Federal (1984).

O mapa de solos do Distrito Federal (Embrapa, 1978) atribui as seguintes classes à bacia do rio Jardim (**Figura 2**): Cambissolos (Cd), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVd), Latossolos Vermelho-Escuro (LED), Podzólicos Vermelho-Amarelos equivalente eutrófico (PE), Aluviais (Ade) e Hidromórficos (Hi). As características e aptidões agrícolas de cada classe foram detalhadas por Spera et al. (2003).

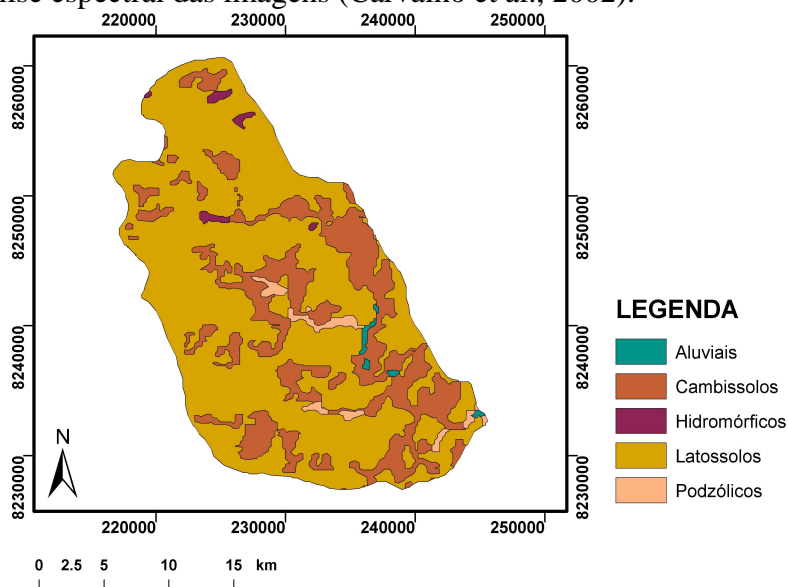
Os Latossolos ocupam 71,74% da região. São solos ácidos muito profundos, bem drenados e de baixa a média CTC, que surgem nas chapadas residuais de aplainamento, onde a topografia é plana a suave-ondulada. Esta característica permite a ocupação por culturas anuais de alto nível tecnológico com diferentes sistemas de manejo agrícola, como o plantio direto e o pivô central. O desmatamento da vegetação original favorece a ocorrência de processos erosivos, causando assoreamento dos cursos d'água.

Os Cambissolos aparecem nas encostas das chapadas, cobrindo 25,32% da bacia. Em geral, apresentam aptidão restrita para pastagens naturais. Em relevos suave-ondulados podem até mesmo ser utilizados para agricultura de alto nível tecnológico, mas a preservação permanente das áreas onde se distribui é mais conveniente para que se evitem eventos erosivos. Possuem profundidades de 0,5 a 1,2 m, teores significativos de silte e grandes quantidades de plintita e cascalhos. As demais classes ocupam menos de 3% da bacia.

## 3. Metodologia

Para a realização do trabalho foram necessárias três imagens adquiridas em datas distintas: maio de 1984, junho de 1994 (imagens do sensor TM do satélite Landsat-5) e maio de 2002 (sensor ETM+ do Landsat 7) – referentes à órbita/ ponto 221/071 do Sistema Mundial de

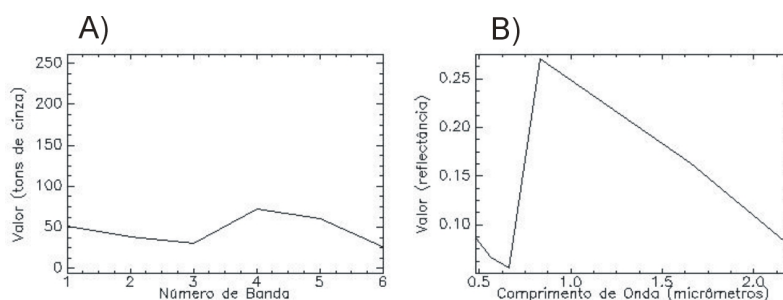
Referência Landsat, abrangendo Brasília e arredores. As classes de uso da terra foram obtidas por meio da análise espectral das imagens (Carvalho et al., 2002).



**Figura 2** – Mapa pedológico da bacia do rio Jardim. Adaptado de Embrapa (1978).

### 3.1. Pré-processamento

Na primeira etapa da metodologia, as imagens tiveram suas variações radiométricas e geométricas corrigidas no *software ENVI*. Os valores dos números digitais foram convertidos em valores de reflectância (**Figura 3**), possibilitando desta forma a análise de imagens de uma mesma área adquiridas em datas diferentes. Após os processos de uniformização, as imagens foram corrigidas geometricamente e suas coordenadas convertidas para a projeção do Sistema Cartográfico do Distrito Federal. Finalmente, foram recortadas no limite da bacia estudada, com o intuito de diminuir a quantidade de informações processadas nas etapas posteriores.



**Figura 3** – Exemplo de espectro de vegetação fotossinteticamente ativa em números digitais – ou tons de cinza (a) – e em valores de reflectância (b).

### 3.2. Detecção dos membros finais

Este processo foi realizado em ambiente *ENVI* por meio da análise de mistura espectral utilizada para sensores com grande quantidade de bandas, adaptada para imagens Landsat (Carvalho et al., 2002; Kruse, 2003). É realizada em três etapas:

- Transformação MNF – *Minimum Noise Fraction* (Boardman, 1993). Nela, a imagem é decorrelacionada e re-escalada em seguida, concentrando as informações relevantes nas primeiras bandas.

- Índice PPI – *Pixel Purity Index* (Boardman et al., 1995) identifica os *pixels* mais puros da imagem por meio da seleção dos pontos que são projetados nos vértices do *simplex*. Realiza desta forma a diminuição da dimensionalidade espacial dos dados.
- Identificação – os *pixels* puros são inseridos numa área de interesse e exportados para um visualizador de  $n$  dimensões, em que  $n$  corresponde ao número de bandas da imagem utilizada como dado de entrada. Os membros finais com maior semelhança se agrupam em nuvens, que representam as classes de uso. A média dos espectros de cada classe foi utilizada como parâmetro para a classificação das imagens.

### 3.3. Classificação espectral das imagens

Esta etapa foi realizada após a extração dos membros finais de cada imagem para a classificação por mapeamento de ângulo espectral (*Spectral Angle Mapper*) – SAM. Esta técnica mede a similaridade entre os espectros da imagem de entrada com espectros de referência, tratando ambos como vetores de  $n$  dimensões, em que  $n$  é o número de bandas da imagem (Kruse *et al.*, 1993, p.156-157). O ângulo existente entre os vetores indica a similaridade dos espectros, que será maior à medida que o ângulo for menor.

### 3.4. Interpretação da classificação espectral e intersecção com mapeamento pedológico

A classificação das imagens gerou mapas de distribuição de alvos com padrões espectrais característicos. As classes detectadas foram diferenciadas de acordo com seus espectros e formatos geométricos. Desta forma, as parcelas de formato poligonal foram consideradas áreas antropizadas (cf. Rosa, 2001, p. 143). As de formato circular foram agrupadas como pivôs de irrigação.

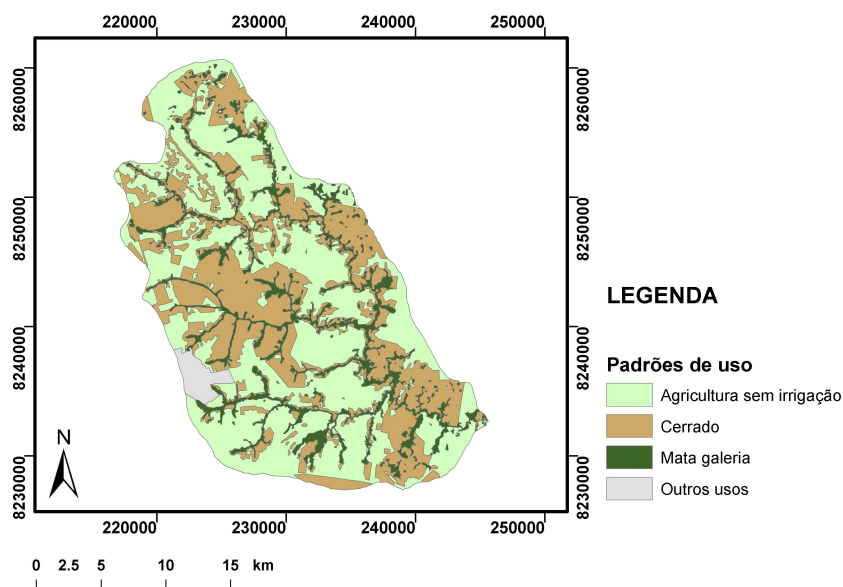
Provavelmente devido à pequena quantidade de bandas das imagens Landsat, o classificador não diferenciou as classes de agricultura irrigada e mata galeria. A separação entre as duas classes, de assinatura espectral muito semelhante, foi realizada utilizando-se um algoritmo elaborado por Carvalho Júnior et al. (2001) que, baseado na reflectância das bandas do espectro óptico, determinou a distribuição espacial das duas classes.

Após a interpretação do mapeamento gerado, os mapas de uso da terra foram intersectados com o mapa de solos, elaborado pela Embrapa (1978, **Figura 2**). Este procedimento permitiu analisar a relação entre os padrões de ocupação da bacia e os atributos pedológicos da região, indicando locais com atividades impróprias dentro da bacia.

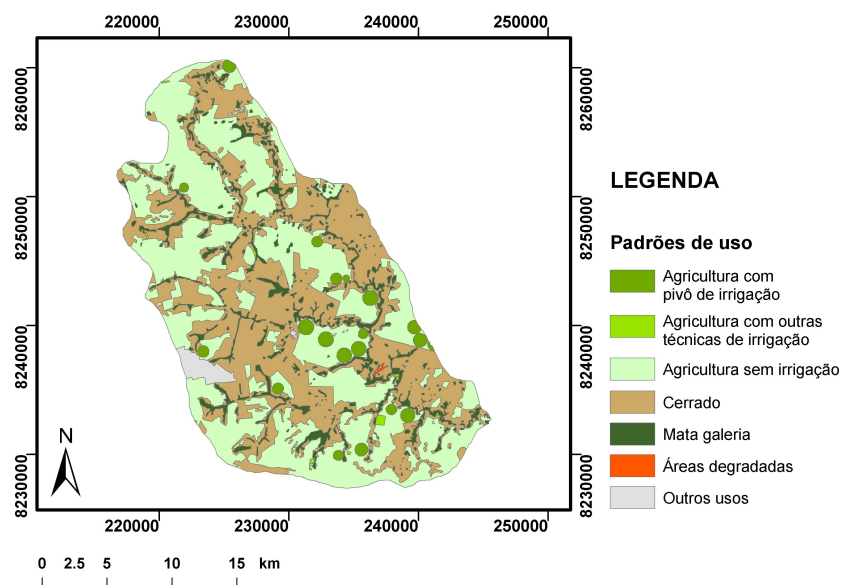
## 4. Resultados obtidos e discussão

Como resultado da aplicação da metodologia, obteve-se os mapas de padrões de uso do solo na bacia para os anos de 1984, 1994 e 2002 (**Figuras 4, 5 e 6**). Com a intersecção entre os mapas elaborados e a classificação pedológica, os padrões de ocupação da bacia puderam ser analisados dentro das classes de solo mais extensas da área de estudo: a dos Latossolos (**Figura 7**) e a dos Cambissolos (**Figura 8**)

A classe Latossolos se relaciona com ambientes de relevo plano a suave-ondulado (Spera et al., 2003). Sua profundidade e feição topográfica possibilitam a fixação restrita da atividade agrícola mecanizada. No ano de 1984, apresentava 61% de sua área destinada à agricultura de sequeiros. O cerrado aparece em 28% desta classe de solo. A mata galeria está presente em 9% da área, sofrendo perdas ao longo da série temporal.



**Figura 4** – Mapa de uso da terra da bacia do rio Jardim em 1984.

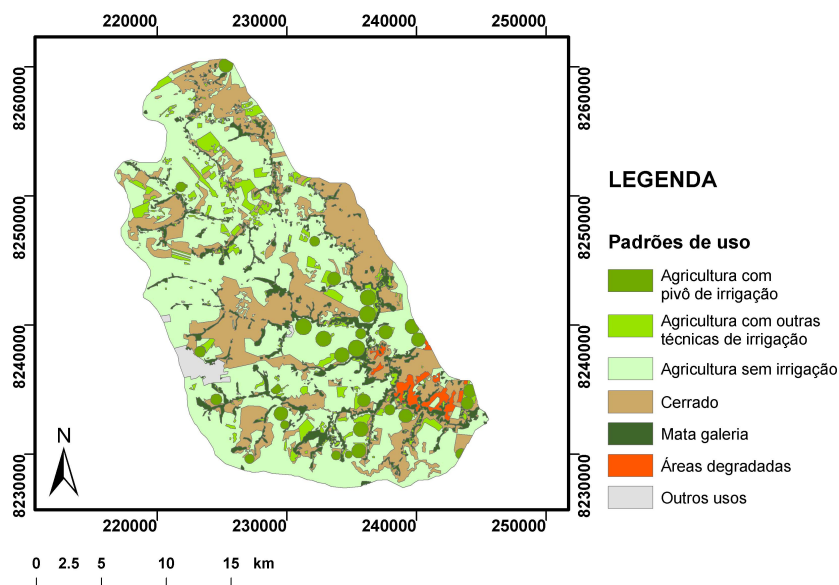


**Figura 5** – Mapa de uso da terra da bacia do rio Jardim em 1994.

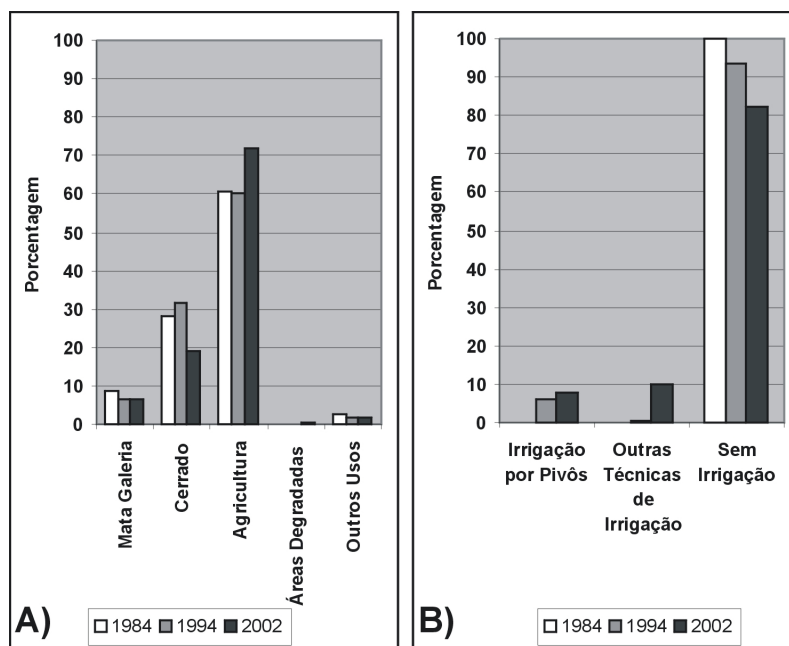
O ano de 1994 demonstrou quase o mesmo valor para a agricultura (60% da classe), que já conta com irrigação, principalmente de pivô (6% da área agrícola). No entanto, mais de noventa por cento da área agrícola utiliza técnicas sem irrigação. O cerrado avançou quatro pontos percentuais, diminuindo a área da mata galeria para 6%. As terras degradadas apresentam valor quase nulo distribuído na parte sudeste da bacia. Sua presença se deve pela propensão desta classe de solo sofrer processos de erosão quando utilizada indevidamente.

Em 2002, a agricultura avança para 73% da área da classe, dos quais 18% utilizam técnicas de irrigação. Este incremento demonstra que os Latossolos apresentam certa propensão para produções intensivas, conforme especificado por Spera et al. (2003). No entanto, a bacia deve ser cuidadosamente manejada para evitar os processos erosivos. Esta preocupação é confirmada pelo grande crescimento da área degradada, que mesmo ocupando uma área de dimensões muito pequenas aumentou quase duzentas vezes em relação a 1994 –

de 0,002% a 0,39% da classe pedológica. A mata galeria ocupa 7% da classe e o cerrado, 19% ou pouco mais da metade de sua área em 1994.



**Figura 6** – Mapa de uso da terra da bacia do rio Jardim em 2002.



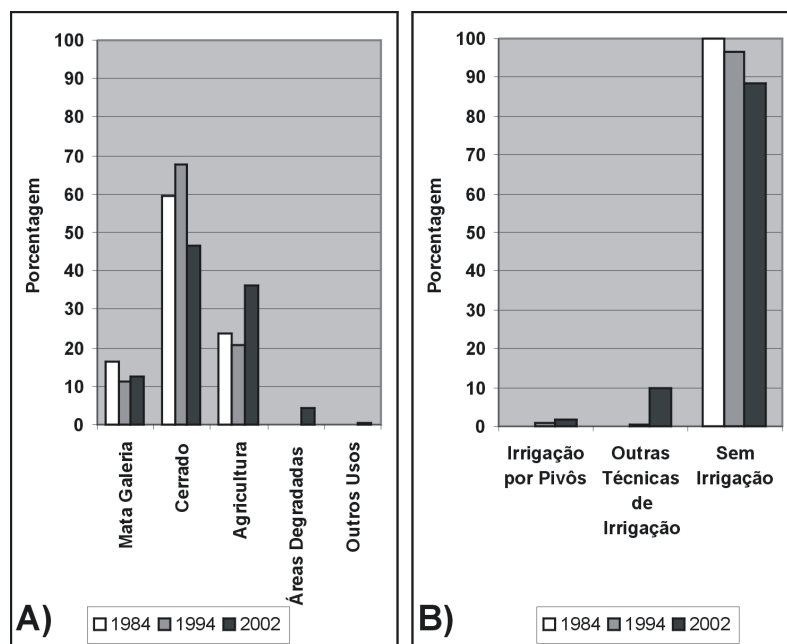
**Figura 7** – Evolução multitemporal das classes de uso da terra para a classe de Latossolos (A) e evolução das técnicas de irrigação (B).

Os Cambissolos aparecem na bacia do rio Jardim em locais com alta declividade e por isso é relativamente pouco utilizado para a agricultura, tendo as fisionomias de cerrado como padrão dominante. A exceção fica para as áreas de declividade baixa, em que a fertilidade natural é aproveitada para diversos cultivos. A porcentagem da vegetação original – cerrado e mata galeria – em 1984 era de 76%.

Em 1994 a área dos Cambissolos ocupada por cerrados aumentou de 60% para 68% com um avanço realizado tanto sobre a mata galeria quanto sobre a agricultura. Obedecendo a tendência da bacia, o padrão de cerrados caiu em 2002 para 47%, enquanto os terrenos

degradados aumentam de 0,2% da área de Cambissolos em 1994 para 4% em 2002. Este processo de degradação pode estar relacionado ao cultivo detectado a montante.

As demais classes de solo ocupam uma área mínima da bacia e sua ocupação ao longo dos anos se divide entre mata galeria, cerrado e agricultura, com pouquíssimas áreas de irrigação. Sua relativa uniformidade detectada ao longo da série foi, portanto, ignorada neste estudo, que preferiu analisar as classes que demonstraram mais dinamismo dentro da bacia.



**Figura 8** – Evolução multitemporal das classes de uso da terra para a classe de Cambissolos (A) e evolução das técnicas de irrigação (B).

## 5. Conclusão

A classificação por análise de mistura de espectros utilizada em dados hiperespectrais é perfeitamente aplicável a imagens de satélite Landsat, gerando bons resultados. A detecção dos membros finais e a posterior aplicação do *Spectral Angle Mapper*, complementadas com o algoritmo de vegetação fotossinteticamente ativa, possibilitaram o mapeamento da área de estudo. A interpretação multitemporal do uso da terra, de acordo com a classificação pedológica da bacia, mostrou que a classe de Latossolos tem sido mais utilizada para a agricultura e que este padrão de uso obteve os aumentos mais significativos entre 1994 e 2002 (27%), em detrimento da perda de área de cerrado, que recuou 36% no mesmo período.

A área ocupada pela agricultura irrigada evoluiu de 6% em 1994 para 17% das terras cultivadas em 2002, demonstrando que existe uma intensificação das atividades agrícolas na região. Simultaneamente, as áreas degradadas existentes no contato entre as classes pedológicas Latossolos e Cambissolos tiveram um grande aumento na porção sudeste da bacia. Um posterior estudo morfométrico da área poderá indicar se este evento tem relação com o cultivo praticado no topo da chapada. As classes de solos Podzólicos, Aluviais e Hidromórficos não apresentaram mudanças relevantes durante o período estudado.

## Referências

Ab'sáber, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

- Baccaro, C. A. D. Processos erosivos no domínio do cerrado. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p. 195-228.
- Boardman, J. W. Automating spectral unmixing of AVIRIS data using convex geometry concepts. In: JPL Airborne Geoscience Workshop, 4., 1993, Arlington. **Proceedings...** Pasadena: Jet Propulsion Laboratory Publication, 1993. p. 23-26.
- Boardman, J. W.; Kruse, F. A.; Green, R. O. Mapping targets signatures via partial unmixing of AVIRIS data. In: JPL Airborne Geoscience Workshop, 5., 1995, Pasadena. **Proceedings...** Pasadena: Jet Propulsion Laboratory Publication, 1995. p. 23-26.
- Brasil. MME/ CPRM/ Consórcio ZEE Brasil/ MMA/ MAPA/ Embrapa/ MI/ SCO/ Coaride/ Funcate/ IICA. **Projeto de zoneamento ecológico-econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – Fase I: mapa geológico**. 2002a. 1 mapa: 84 x 96 cm. Escala: 1: 250.000.
- Brasil. MME/ CPRM/ Consórcio ZEE Brasil/ MMA/ MAPA/ Embrapa/ MI/ SCO/ Coaride/ Funcate/ IICA. **Projeto de zoneamento ecológico-econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – Fase I: mapa geomorfológico**. 2002b. 1 mapa: 84 x 111 cm. Escala: 1: 250.000.
- Carvalho Júnior, O. A.; Guimarães, R. F.; Carvalho, A. P. F.; Rocha, V. M. Desenvolvimento de algoritmo para classificação de vegetação considerando o comportamento espectral das imagens Landsat7/ETM+. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2001. v.1. CD-ROM.
- Carvalho, A. P. F.; Guimarães, R. F.; Carvalho Júnior, O. A.; Bustamante, M. M. C. Metodologia para análise de mistura espectral em imagens TM-Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. Sessão Pôster. p. 1531-1538. Repositório da URLib: <dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.09.06>. Disponível em: < <http://iris.sid.inpe.br:1908/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.09.06> >. Acesso em: 25 abr. 2004.
- Distrito Federal. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação. Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. **Atlas do Distrito Federal**. 7. ed. Brasília: Codeplan, 1984, 3 v.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Mapa de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Brasília: SNCLS, 1978.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412 p.
- Kruse, F. A. Mineral mapping with AVIRIS and EO-1 Hyperion. In: JPL Airborne Geoscience Workshop, 12., Pasadena, 2003. **Proceedings...** Pasadena: Jet Propulsion Laboratory Publication, 2003. p. 149-156.
- Kruse, F. A.; Lefkoff, A. B.; Boardman, J. W.; Heidebrecht, K. B.; Shapiro, A. T. P.; Barloon, J.; Goetz, A. F. H. The spectral image processing system (SIPS) – interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. **Remote Sensing of Environment**, v. 44, n. 2-3, p. 145-163, 1993.
- Langley, S. K.; Cheshire, H. M.; Humes, K. S. A comparison of single date and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland. **Journal of Arid Environments**, v. 49, n. 2, p. 401-411, 2001.
- Lenney, M. P.; Woodcock, C. E.; Collins, J. B.; Hamdi, H. The Status of Agricultural Lands in Egypt: The Use of Multitemporal NDVI Features Derived from Landsat TM. **Remote Sensing of Environment**, v. 56, n. 1, p. 8-20, 1996.
- Maselli, F. Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, n. 4, p. 423-433, 2004.
- Rosa, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 4ª. ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 210 p.
- Silva, C. R. **Zoneamento ecológico-econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno**. Fase I. Rio de Janeiro: CPRM; EMBRAPA; SCO/ MI, 2003, 3 v.
- Spera, S. T.; Reatto, A.; Martins, É. S.; Correia, J. R.; Bloise, G. L. F.; Silva, A. V. **Aptidão agrícola das terras da Bacia do Rio Jardim, DF**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003, 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 90).