

## Processamento digital de imagens ASTER do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros

Daniel Gomes-Loebmann<sup>1,2</sup>  
Maria Elisabete Silveira Borges<sup>2</sup>  
Frederico dos Santos Soares<sup>2</sup>  
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes<sup>2</sup>  
Osmar Abílio de Carvalho Júnior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA  
SCEN, Trecho 2, Edifício Sede - 70818-900 - Brasília, DF Brasil  
daniel.loebmann@ibama.gov.br

<sup>2</sup> Universidade de Brasília – Departamento de Geografia – UnB/GEA  
Campus Universitário Darcy Ribeiro – 70910-900 – Brasília, DF Brasil  
{elisabeteborges, osmarjr, robertogomes}@unb.br; fssunb@gmail.com

**Abstract.** Depending on the soil conditions and water availability, the Brazilian Cerrado vegetation presents grassland, forest or savannah formations. The vegetal mass amounts variation occurs according to the vegetation formations and takes its effects over the spectral signatures of the biome. This article aims to evaluate the ASTER sensor capability to differentiate the physiognomies of the Cerrado vegetation in the Chapada dos Veadeiros National Park by using spectral information. The methodology adopted consists of: (a) pre-processing ASTER imagery; (b) elaborating a vegetation index via the two first principal components; (c) using the third principal component to determine the leaf-structure moisture; (d) applying a decision tree to classify the Cerrado vegetation physiognomies; (e) mapping the vegetation unities. The contrast between the photosynthetically and non-photosynthetically active vegetation had led the Park vegetation mapping, mainly by permitting to distinguish the forest physiognomies from the savannah physiognomies.

**Palavras-chave:** ASTER, Fitofisionomia, Cerrado, Índices de vegetação.

### 1. Introdução

O bioma do Cerrado ocupa a região central do Brasil, onde o clima é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos. A média anual da precipitação é da ordem de 1500 mm, variando de 750 a 2000 mm, praticamente concentrada na estação chuvosa, de outubro a março (Adámoli et al., 1987). Por se localizar numa região de topografia plana, o espaço deste bioma tem sido constantemente transformado: a vegetação original é substituída por monoculturas, principalmente soja, que fazem do Cerrado o conjunto de ecossistemas mais ameaçado do país, protegido apenas nas áreas destinadas à conservação (Ab'sáber, 2003).

O monitoramento das Unidades de Conservação pode ser realizado por diversos modos, inclusive com a utilização de dados obtidos por sensoriamento remoto. As imagens de satélites permitem o estudo das características da superfície terrestre, uma vez que utiliza as informações provenientes da interação entre a energia eletromagnética incidente e o material que a reflete, absorve e/ ou transmite (Meneses, 2001). Assim, pode-se extrair informações a respeito do estado fotossintético da vegetação de um determinado local ou ainda estimar a biomassa de certa fitofisionomia com a utilização da informação contida nos espectros de reflectância. O sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), proveniente de um esforço cooperativo entre os Estados Unidos e o Japão, tem seus dados utilizados para análises de temperatura, emissividade, reflectância e elevação da superfície terrestre. Consiste de quatro subsistemas de imageamento, dos quais dois podem ser utilizados para o estudo da reflectância dos objetos terrestre (Yamaguchi et al., 1998; Tsu e Kahle, 1993).

Partindo disto, o presente trabalho possui como objetivo avaliar o potencial do sensor ASTER para a distinção de tipos de vegetação de Cerrado por meio de técnicas de análise das curvas espectrais na área do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, norte do Estado de Goiás. A análise dos dados obtidos pelos sensores ASTER foi efetivada por meio da aplicação de dois índices relacionados às características espectrais da vegetação. Numa primeira etapa, os dados foram reamostrados numa análise de principais componentes (APC), que permitiu a eliminação da informação redundante nas imagens (Mather, 2004). Em seguida, as componentes principais foram utilizadas para a utilização de dois índices utilizados na classificação da vegetação, baseados em Carvalho et al. (2003).

Em seguida, os valores dos dois índices foram inseridos numa árvore de decisão para realizar a separação das classes de vegetação. Esta separação levou em conta a variação espacial da atividade fotossintética e das condições de umidade das comunidades vegetais mapeadas.

## 2. Área de Estudo

A metade leste do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros foi escolhida como área de estudo (**Figura 1**). O Parque se localiza nos municípios de Alto Paraíso de Goiás e Cavalcante, e faz fronteira com o município de Teresina de Goiás, no nordeste goiano. O clima da região foi classificado como tropical semi-úmido do tipo Aw, segundo Köppen, e é caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. A precipitação varia de 1.500 mm a 1750 mm anuais e a temperatura média anual varia entre 24°C e 26°C (Ibama, Proaves, 1998).

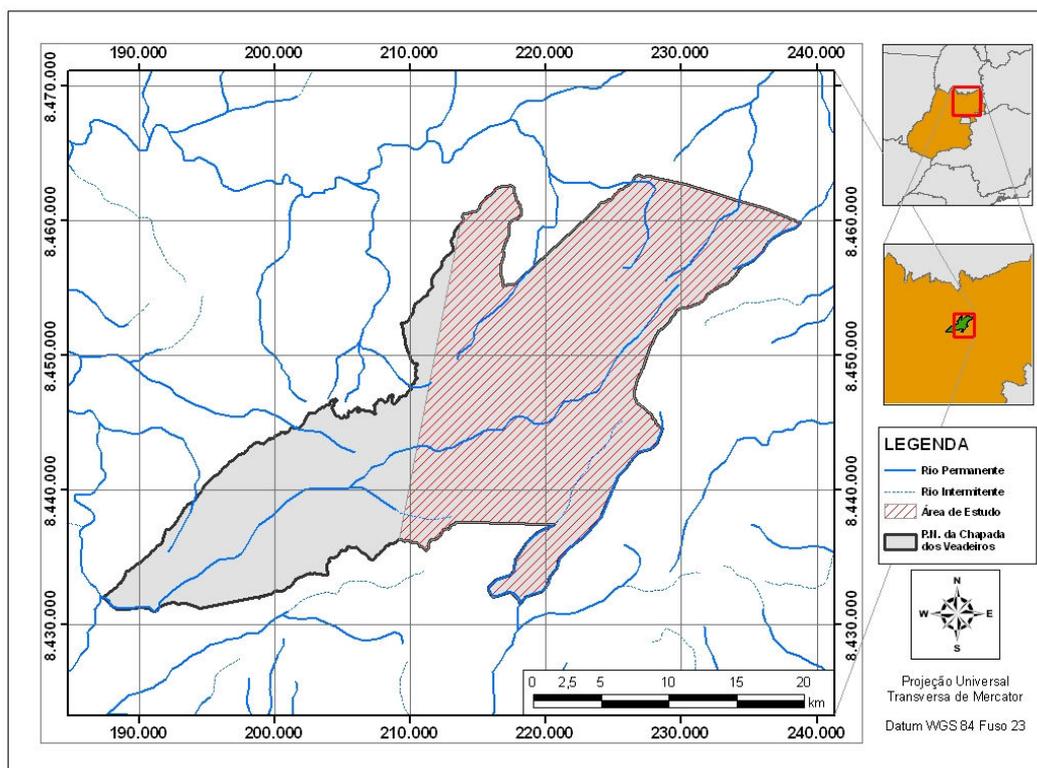


Figura 1 – Localização da área de estudo.

O Planalto Central Goiano e a Depressão do Tocantins dominam a geomorfologia do Parque (RadamBrasil, 1984). O Planalto Central Goiano apresenta o Pediplano do Tocantins como seu limite norte, ao sul-sudeste encontra-se com o Planalto Goiás-Minas e a leste, com o Vão do Paranã.

A Depressão do Tocantins pode ser dividida em dois setores: o Pediplano do Tocantins e o Vão do Paranã (Ibama, Proaves, 1998).

A geologia do Planalto Central Goiano é composta pelo Grupo Araí, que engloba as formações Arrais e Traíras, e de rochas dos Grupos Paranoá e Bambuí (Ibama, Proaves, 1998).

Os solos dominantes no Parque são o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e o NEOSSOLO LITÓLICO. A Laterita Hidromórfica álica também surge ao norte do Parque (Ibama, Proaves, 1998).

### 3. Caracterização da Vegetação Local

O cerrado domina a paisagem do Parque Nacional, com representações de diversas de suas fitofisionomias. O *cerrado sentido restrito* é a fitofisionomia predominante (Ibama, Proaves, 1998). Esta formação savânica possui árvores retorcidas de estatura mediana e sem dossel contínuo. O estrato arbóreo é acompanhado por um denso estrato arbustivo e/ou por um estrato graminoso. Associa-se a solos com mineralogia primária bastante degradada (Furley, 1999).

O *cerradão* é a formação florestal que ocorre nos interflúvios do bioma do cerrado. No Parque Nacional, surge em manchas dentro das áreas dominadas pelo cerrado sentido restrito. As *matas de galeria*, compostas por árvores de grande porte que formam um dossel fechado, são encontradas nos vales dos rios e riachos da região, em sua maioria em solos alagáveis. Em alguns locais do Parque surgem as *matas mesofíticas* ou *matas secas*, associadas a solos eutróficos. Na época da seca ocorre a queda das folhas nesta fitofisionomia (Ibama, Proaves, 1998; Ribeiro e Walter, 1998, 2001).

As formações campestres são dominadas por um estrato graminoso, com ou sem presença de arbustos ou arboretos. As fitofisionomias com espécies lenhosas dispersas em meio ao estrato graminoso são chamadas de *campos sujos*, enquanto as que possuem apenas espécies herbáceas e gramíneas são denominadas de *campos limpos*. As duas formas estão presentes no Parque, assim como os *campos rupestres*, relacionados a terrenos dominados por afloramentos rochosos, e as *veredas*, que são palmeirais de buritis associados a terrenos mal drenados (Ibama, Proaves, 1998; Ribeiro e Walter, 2001).

### 5. Metodologia

A metodologia adotada pode ser resumida nas seguintes etapas:

- (a) Pré-Processamento das Imagens ASTER;
- (b) Análise dos principais componentes e aplicação de dois índices classificadores de vegetação:
  - i. O primeiro mede a atividade fotossintética da vegetação,
  - ii. O segundo mede a quantidade de água presente na estrutura foliar;
- (c) Distinção das unidades de vegetação, com a utilização de uma árvore de decisão.

#### 5.1. Pré-processamento

Durante a etapa de pré-processamento foi realizada a junção entre as bandas dos sensores VNIR (visível e infravermelho próximo, resolução de 15 m) e SWIR (infravermelho de ondas curtas, resolução de 30 m). A resolução espacial final da imagem ficou em 15 metros. Finalmente, a imagem foi recortada de modo que apenas a área do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros se tornou disponível para a realização das próximas etapas da metodologia (**Figura 2**).

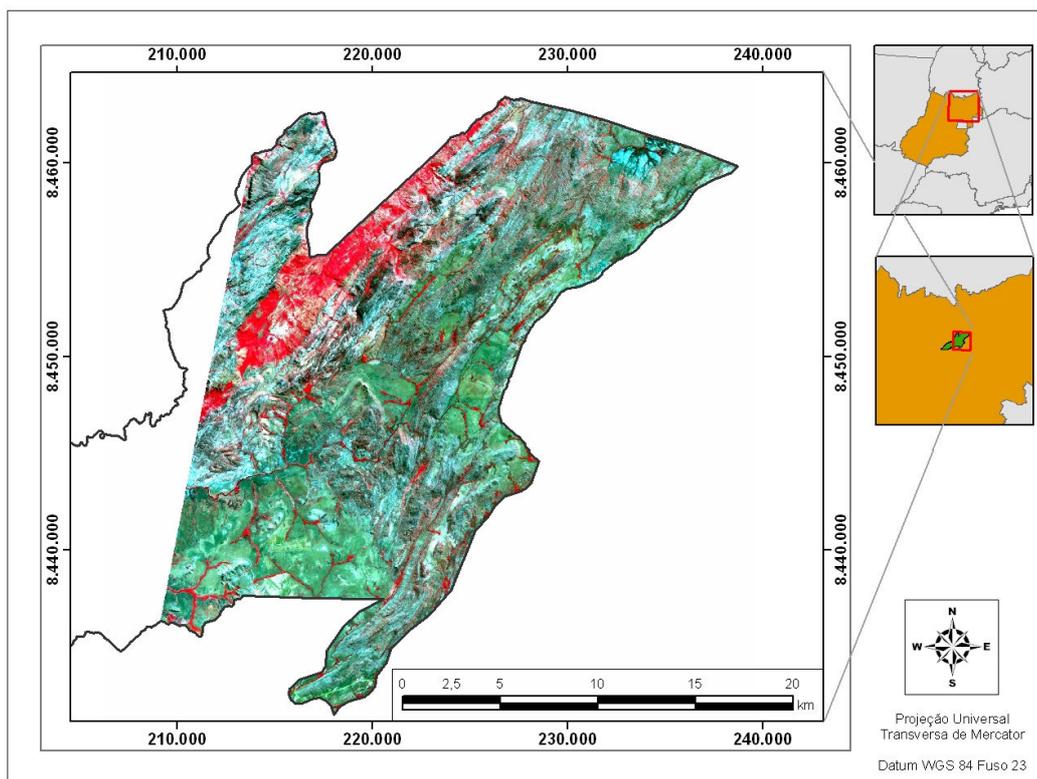


Figura 2 – Imagem ASTER da área de estudo, após a execução da etapa de pré-processamento.

## 5.2 Análise dos principais componentes

A análise de principais componentes, realizada em ambiente *ENVI*, tem como função mostrar a verdadeira dimensionalidade de uma imagem multiespectral além de identificar e localizar os eixos de variabilidade dos dados que a imagem possui (Mather, 2004; Ribed e Lopez, 1995). Os eixos são representados pelos autovalores.

As **Figuras 3a e 3b** mostram as duas primeiras bandas dos principais componentes da imagem analisada. Os gráficos de autovalores mostram que a banda 3, correspondente à região do infravermelho próximo, foi a que apresentou maior peso em ambas imagens. Este peso está relacionado ao pico de reflectância que esta banda tem na curva espectral da vegetação sadia. A altura do pico tem relação direta com a atividade fotossintética da vegetação. Quanto maior for a reflectância na banda do infravermelho próximo em relação às outras bandas, maior será a atividade da vegetação.

A **Figura 3c** mostra a terceira banda dos principais componentes, que neste caso teve mais influência da banda 4 do sensor ASTER, localizada na região do infravermelho de ondas curtas. Esta é a banda do sensor que mais apresenta influência da absorção causada pela presença de água na estrutura foliar da vegetação. A reflectância nesta banda é inversamente proporcional à umidade da vegetação. Quanto mais úmida estiver a estrutura foliar, menos radiação infravermelha de ondas curtas será refletida.

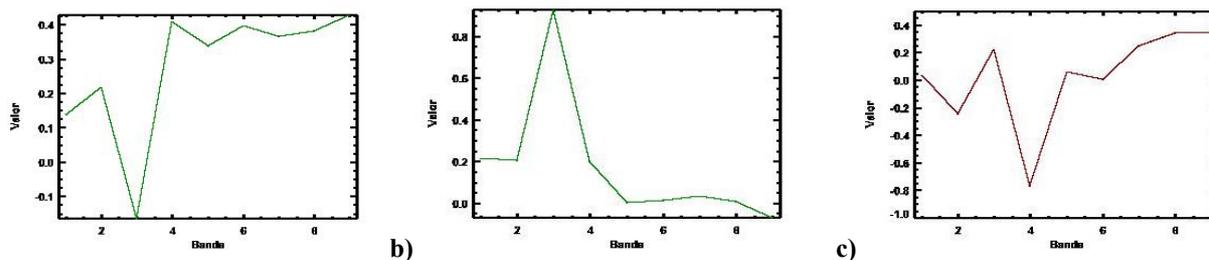


Figura 3 – Gráfico de autovalores da primeira (a), segunda (b) e terceira (c) componentes.

### 5.3 Índices de vegetação

A análise de principais componentes mostrou que a banda do infravermelho próximo era a que melhor poderia ser utilizada como parâmetro para a execução do índice de atividade fotossintética da vegetação elaborado por Carvalho et al. (2003):

$$AF = \frac{\rho_{ivp} - ((\rho_{ivoc} + \rho_{verm})/2)}{(\rho_{ivoc} - \rho_{verm})/2} \quad \text{Equação 1}$$

onde AF é o Índice de Atividade Fotossintética e  $\rho_{ivp}$ ,  $\rho_{ivoc}$  e  $\rho_{verm}$  representam respectivamente a reflectância do *pixel* nas bandas do infravermelho próximo, do infravermelho de ondas curtas e no vermelho. O índice explora a diferença existente entre o alto valor de  $\rho_{ivp}$  e os valores relativamente mais baixos de  $\rho_{ivoc}$  e  $\rho_{verm}$  na vegetação sadia.

A banda do infravermelho de ondas curtas foi, conforme indicado pelo terceiro componente da análise de principais componentes, utilizada como parâmetro para o segundo índice, também elaborado por Carvalho et al. (2003):

$$U_{ef} = \frac{((\rho_{ivp} + \rho_{ivoc2})/2) - \rho_{ivoc1}}{(\rho_{ivp} - \rho_{ivoc2})/2} \quad \text{Equação 2}$$

em que  $U_{ef}$  é o Índice de Umidade na Estrutura Foliar e  $\rho_{ivoc1}$  e  $\rho_{ivoc2}$  representam as reflectâncias do *pixel* nas bandas do infravermelho de ondas curtas nos comprimentos de onda de 1,6  $\mu\text{m}$  e 2,12  $\mu\text{m}$  respectivamente. Este índice se baseia na diferença entre o baixo valor de  $\rho_{ivoc1}$  e a média dos valores de  $\rho_{ivp}$  e  $\rho_{ivoc2}$ . Ao ser aplicado à imagem, este índice apresentou resultados melhores com a vegetação fotossinteticamente ativa.

### 5.4. Árvore de decisão

A árvore de decisão é uma ferramenta que maximiza os ganhos de informação ao particionar sucessivamente um dado de entrada em subconjuntos cada vez mais homogêneos, para assim produzir regras ou decisões ideais, os *nós*, que minimizam os índices de erro da árvore como um todo (Safavian e Landgrebe, 1991; Weiss e Kulikowski, 1991; Brown de Colstoun et al, 2003).

Foi elaborada uma árvore de decisão para classificar a imagem ASTER de acordo com os resultados dos índices de Atividade Fotossintética e de Umidade da Estrutura Foliar e da banda 3 de principais componentes. Na medida em que cada um deles era refutado ou aceito por cada *pixel* da imagem, esse mesmo *pixel* era direcionado para a classe de refutação ou aceitação da regra estabelecida. Com isto, todos os *pixels* da imagem foram atribuídos a uma determinada classe, podendo inclusive ser verificados em outros nós que estabeleceram assim novas subclasses até que toda a imagem tivesse sido classificada em todos os nós (**Figura 4**).

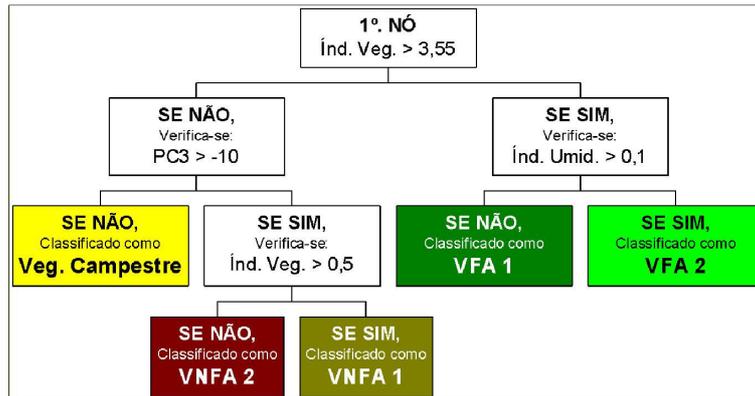


Figura 4 – Árvore de decisão utilizada na classificação.

Como resultado da aplicação da metodologia, obteve-se um mapeamento prévio das fitofisionomias de cerrado de parte do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Figura 5).

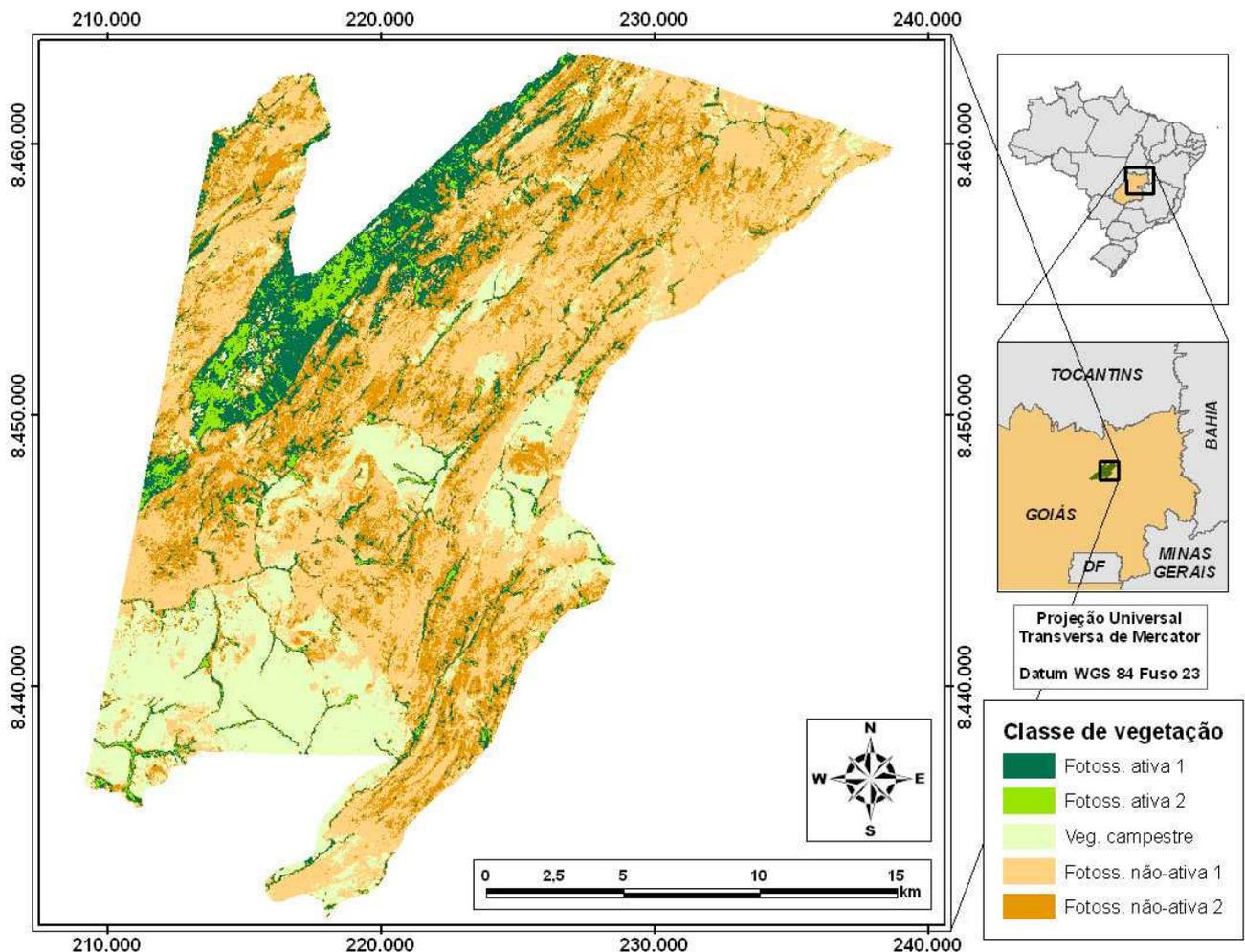


Figura 5 – Classificação da vegetação na parte leste do P. N. da Chapada dos Veadeiros, GO.

## 6. Considerações finais

A utilização simultânea dos dois índices de vegetação e das bandas de principais componentes aumentou a capacidade de separar as classes fitofisionômicas de cerrado na área de estudo. O cruzamento das informações contidas nos índices foi realizado com a adoção da árvore de decisão, que separou as classes de tipos de vegetação de acordo com parâmetros adotados pelo usuário. Assim, o resultado da pesquisa pôde ser enriquecido pela utilização de diferentes algoritmos de classificação.

Uma verificação em campo realizada com maior detalhamento poderia subsidiar a classificação das fitofisionomias identificadas na área de estudo de acordo com os critérios da nomenclatura científica vigente. Ao mesmo tempo, os valores de limiar dos índices poderiam ser refinados e assim mais fisionomias poderiam ser identificadas.

Os resultados deste trabalho podem servir de subsídio a estudos que relacionem a vegetação a outras características ambientais desta região do Parque Nacional, como o tipo de solo ou substrato rochoso.

## Referências

- Ab'sáber, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Adámoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L. G.; Netto, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: W. J. GOEDERT (ed). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1987.
- Brown de Colstoun, E. C.; Story, M. H.; Thompson, C.; Commisso, K.; Smith, T. G.; Irons, J. S. National Park vegetation mapping using multitemporal Landsat 7 data and a decision tree classifier. **Remote Sensing of Environment**, v. 85, p. 316-327, 2003.
- Carvalho, A. P. F.; Bustamante, M. M. da C.; Guimarães, R. F.; Carvalho Júnior, O. A. Classificação de padrões de vegetação na região de transição entre o cerrado e a floresta amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003. Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 2679-2687. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <[http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.19.10.19/doc/19\\_431.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.19.10.19/doc/19_431.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2006., p. 2679-2687, 2003.
- Furley, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, n. 8, p. 223-241, 1999.
- IBAMA / Proaves. **Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros: Plano de manejo – Fase 3 (versão preliminar)**. Brasília: Ibama / Proaves, 1998.
- Mather, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.
- Meneses, P. R. Fundamentos de radiometria óptica espectral. In: Meneses, P. R.; Madeira Netto J. Da S. (Org.) **Sensoriamento remoto: reflectância de alvos naturais**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.
- RadamBrasil. **Folha SD-23-VC**. Geomorfologia. Escala 1: 250.000. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1984.
- Ribed, P.S., Lopez, A.M. Monitoring burnt areas by principal components analysis of multi-temporal TM data, **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, n. 9, p. 1577-1587, 1995.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 29-47, 2001.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 89-166, 1998.

Safavian, S. R.; Landgrebe, D. A survey of decision tree classifier methodology. **IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 21, p. 660-674, 1991.

Tsu, H.; Kahle, A. B. Overview in ASTER Project in EOS Program. In: International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS), 6., 1993, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993. Artigos, p. 117-119. CD-ROM.

Weiss, S. M. Kulikowski, C. A. **Computer systems that learn**. San Mateo: Morgan Kaufman Publishers, 1991.

Yamaguchi, Y.; Kahle, A. B.; Tsu, H.; Kawakami T.; Pniel, M. Overview of Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, p. 1062-1071, 1998.