

## Discriminação sazonal de classes de cobertura da terra em Goiás a partir de imagens MODIS índices de vegetação

Rubens Vicente de Mesquita<sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira<sup>1</sup>  
Nilson Clementino Ferreira<sup>2</sup>  
Manuel Eduardo Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás  
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA  
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG  
Caixa Postal 131 – 74001-940 – Campus Samambaia - Goiânia – GO, Brasil.  
rubensvicentemesquita@ig.com.br  
{laerte, manuel}@iesa.ufg.br

<sup>2</sup>Centro Federal de Ensino Tecnológico  
Rua 75, nº46, Centro - 74055-110 - Goiânia – GO  
[ncferreira@uol.com.br](mailto:ncferreira@uol.com.br)

**Abstract.** In this study, we evaluated the potential of the seasonal contrast between the MODIS VI images for the wet (May) and dry (September) seasons to discriminate the major land cover classes encountered in the State of Goiás, the only State in Brazil thoroughly within the Cerrado biome. In spite of the conspicuous seasonal contrast of both the Cerrado and anthropic physiognomies, our results suggest a weak capability of the EVI and NDVI seasonal contrast images in discriminating among the agriculture, cultivated pastures, wooded Cerrado, Cerrado woodland, and gallery forest classes. In fact, a discriminant analysis based on the Mahalanobis distance, taking into account both the EVI and NDVI, indicated that only 35% of the classes were correctly classified. Nevertheless, the strong within class variability observed may be playing a major role on such poor results. Thus, further studies are needed in order to determine the most appropriate enhancement / classification approaches, so that the moderate resolution MODIS images can be effectively used for updating existing land cover maps in the endangered Cerrado biome.

**Palavras Chave:** land cover classes, seasonality, MODIS vegetation índices, classes de cobertura da terra, sazonalidade, índices de vegetação MODIS.

### 1. Introdução

O Estado de Goiás, em relação às demais unidades da federação, é o que apresenta maior cobertura ou representatividade do Bioma Cerrado (**figura 01**). Por outro lado, apenas 35% de sua área total (incluindo-se o Distrito Federal), conservam-se ainda na forma nativa, Sano et al. (2006). A partir da década de 1970, aumenta de forma significativa a conversão da cobertura nativa em pastagens cultivadas; nas décadas posteriores, de 1980 a 1990, o avanço das pesquisas, no sentido de transformar os solos ácidos do cerrado em solos aptos para a agricultura, proporcionou que áreas com predominância de relevos aplainados e facilidade à mecanização, fossem rapidamente convertidas em áreas produtoras de grãos, algumas com alto índice produtividade, destacando aí principalmente o cultivo da soja.

Atualmente, com a possibilidade do aumento do consumo de álcool, como combustível alternativo em escala mundial devido, sobretudo em função da recente tecnologia dos motores bicompostíveis, o uso e cobertura da terra em Goiás podera sofrer novas alterações em curto espaço de tempo. Áreas hoje destinadas tanto para a cultura de soja, quanto para a pecuária,

podem, em grande parte, ser convertidas em lavouras de cana. Em fato, o avanço da indústria sucro-alcooleira ameaça até mesmo os poucos remanescentes ainda existentes do Cerrado.



**Figura 1** – Localização da área de estudo (Estado de Goiás)

Este cenário de rápidas mudanças no uso da terra exige um acompanhamento sistemático quanto à identificação e mapeamento das classes de cobertura da terra. Um avanço importante nesta direção foi o projeto “Identificação de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade de Goiás”, Scaramuzza et al. (2006), sob a responsabilidade da Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA) e executado através do consórcio IMAGEM/WWF-Brasil. Concluído em 2004, entre os vários produtos gerados nesta parceria, o mapa de cobertura e uso da terra do Estado de Goiás, a escala de 1:250.000, representa o estado-da-arte quanto a identificação dos tipos de fitofisionomias antropizadas e naturais remanescentes.

Por outro lado, este mapa, que tem por base imagens Landsat obtidas em 2002, necessitava ser frequentemente atualizado. Uma possibilidade neste sentido, de baixo custo operacional, envolve o uso de imagens de resolução moderada. De acordo com os estudos realizados por Ferreira et al. (2004), as imagens de índices de vegetação do sensor MODIS respondem de forma satisfatória as mudanças, naturais e antrópicas, que ocorrem na vegetação dos cerrados.

Partindo da hipótese de que cada fitofisionomia apresenta um comportamento sazonal distinto, neste trabalho avaliamos a resposta dos índices de vegetação MODIS ao contraste sazonal da cobertura vegetal em Goiás, bem como a possibilidade de discriminar os vários tipos fitofisionômicos com base nesta informação.

### 3. Desenho Experimental

#### 3.1 Dados

O estudo em questão tem por base os dados orbitais do sensor MODIS, o mapa de Cobertura e uso da terra do estado de Goiás e imagens CBERS/2005 com cobertura para todo o estado de Goiás.

Em relação aos dados MODIS, foram utilizadas as imagens Índice de Vegetação EVI (enhanced vegetation index) e NDVI (normalized difference vegetation index), para o ano de 2005, com resolução de 250 m, disponibilizadas através do produto MOD13Q1, Huete et al. (2002), tendo sido utilizados os *tiles* H12V10 e H13V10, necessários para a cobertura de todo o território de Goiás.

Com vistas a evidenciar o contraste sazonal, os pares de imagens (EVI e NDVI) foram adquiridos para os meses de maio (final da estação chuvosa) e setembro (final do período de estiagem).

Outro fator importante na escolha dos referidos meses, diz respeito a menor ocorrência de nuvens (Sano et al. 2006). Por outro lado, todas as imagens utilizadas foram filtradas quanto à

ocorrência de nuvens, sombras e aerossóis residuais, tendo por base os *bitfields* 4, 6, 7, 10 e 14 da imagem de metadados que acompanha o produto MOD13Q1, Ferreira et al. (2006).

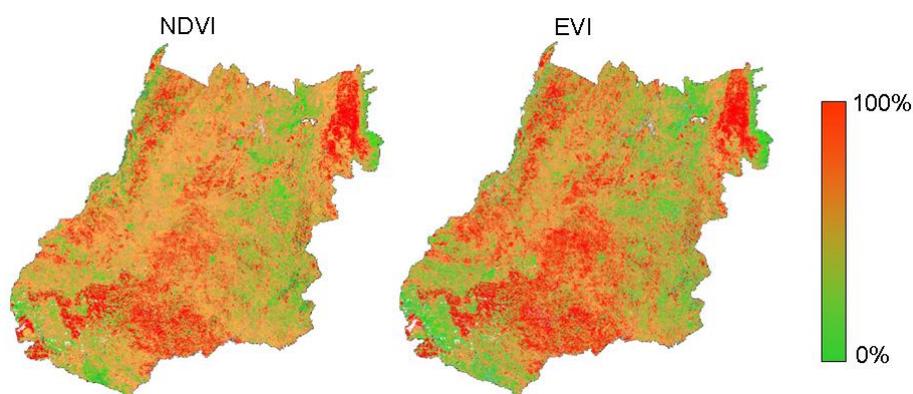
### 3.2 Metodologia

De posse dos mosaicos filtrados e recortados para o limite do Estado de Goiás, foram geradas as imagens contraste sazonal para o EVI e NDVI (**figura 2**), segundo a formula abaixo:

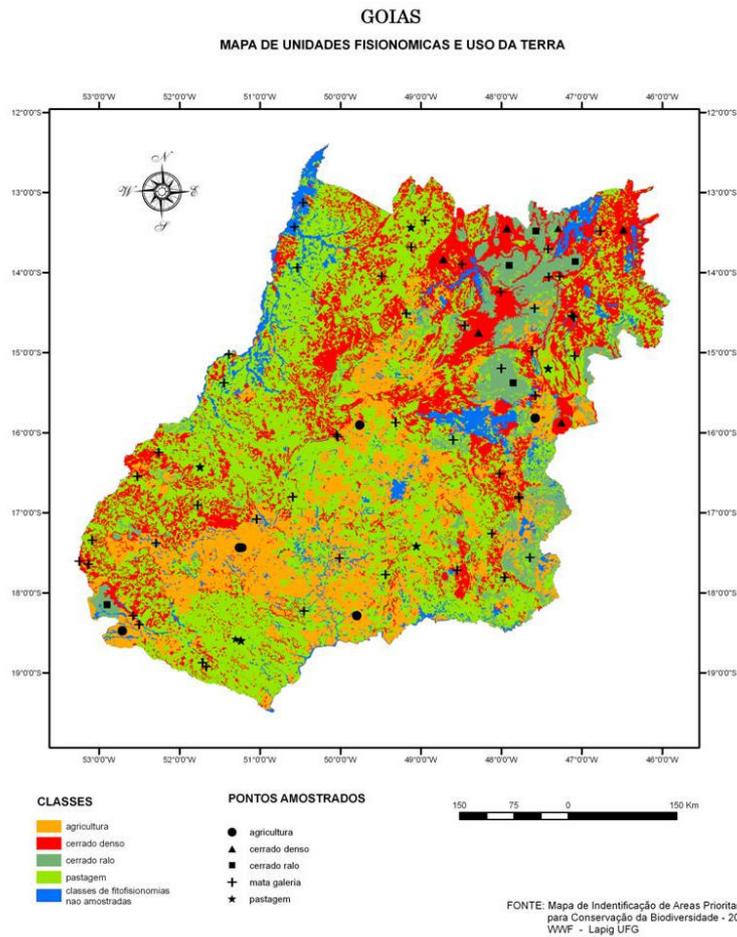
$$\frac{[(\text{maio} - \text{set}) \times 100]}{\text{maio}}$$

Às imagens contrastes sazonais resultantes, foram sobrepostas ao mapa de cobertura e uso da terra (Imagem/WWF-Brasil), agrupado conforme quatro classes: agricultura, cerrado denso, cerrado ralo e pastagem. Para cada uma destas classes, foram selecionados 50 amostras pixels (**figura 3**). Para a classe “mata de galeria”, os 50 pixels foram coletados com base em análise visual, a partir da sobreposição das imagens contrastes as imagens CBERS.

Os 50 pixels extraídos para cada classe foram avaliados através de métodos de estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação), bem como através de métodos inferências (análise de discriminante, via distância de Mahalanobis e teste de Tuckey), com vistas a se determinar o potencial de separação destas classes a partir de dados sazonais.



**Figura 2** – Imagens contraste sazonal (maio e setembro) para os índices de vegetação EVI e NDVI.



**Figura 3** – Mapa simplificado de uso e cobertura da terra para o Estado de Goiás, mostrando a localização das amostras analisadas.

#### 4. Resultados e Discussões

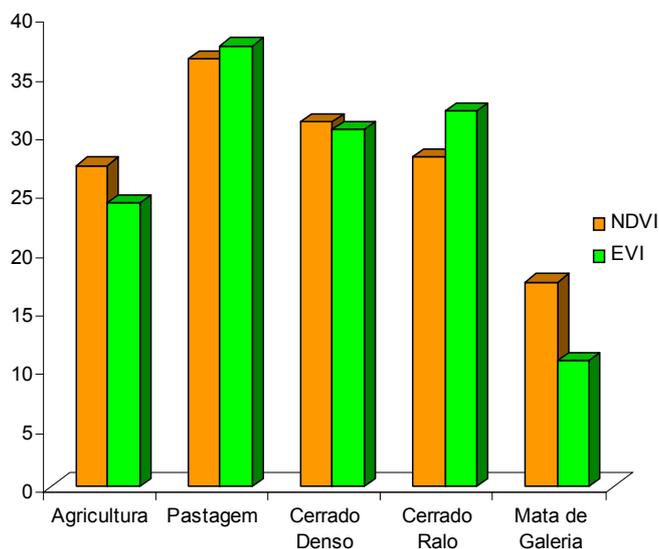
Comparando as médias das variações sazonais para os índices EVI e NDVI, observa-se que as mesmas não apresentaram diferenças significativas nos resultados (**figura 4**).

A mata de galeria, em relação às demais classes estudadas, foi a que apresentou a menor variação sazonal, ou seja, a que menos registrou variação de biomassa. Em contrapartida, a pastagem apresentou os maiores valores médios de variação sazonal, corroborando a reconhecida sensibilidade desta fitofisionomia às variações climáticas, em particular durante o período de estiagem. Quanto ao cerrado ralo, cerrado denso e a agricultura, as médias das variações sazonais apresentam valores bastante próximos, ficando suas médias entre os valores obtidos na mata de galeria e a pastagem.

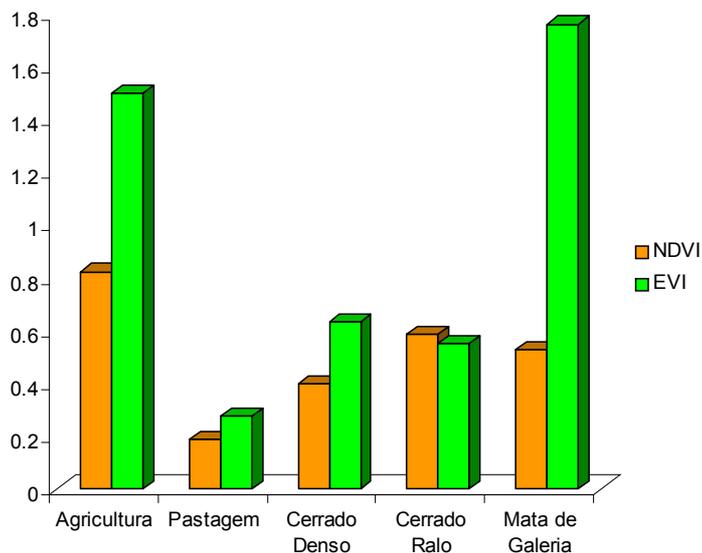
Em relação aos coeficientes de variação (**figura 5**), nota-se que para as classes de pastagem, cerrado denso e cerrado ralo, EVI e NDVI apresentam valores muito próximos e baixos, indicando pouca heterogeneidade entre as respectivas amostras selecionadas. Por outro lado, para as classes de agricultura e mata de galeria, o EVI se destaca, apresentando valores bem superiores ao NDVI.

A distribuição dos valores dos pixels apresentada nos diagramas de dispersão (**figura 06**), revela uma acentuada heterogeneidade dos pixels em cada classe, ao mesmo tempo que confirma o comportamento sazonal semelhante entre EVI e NDVI, conforme sugerido na (**figura 4**).

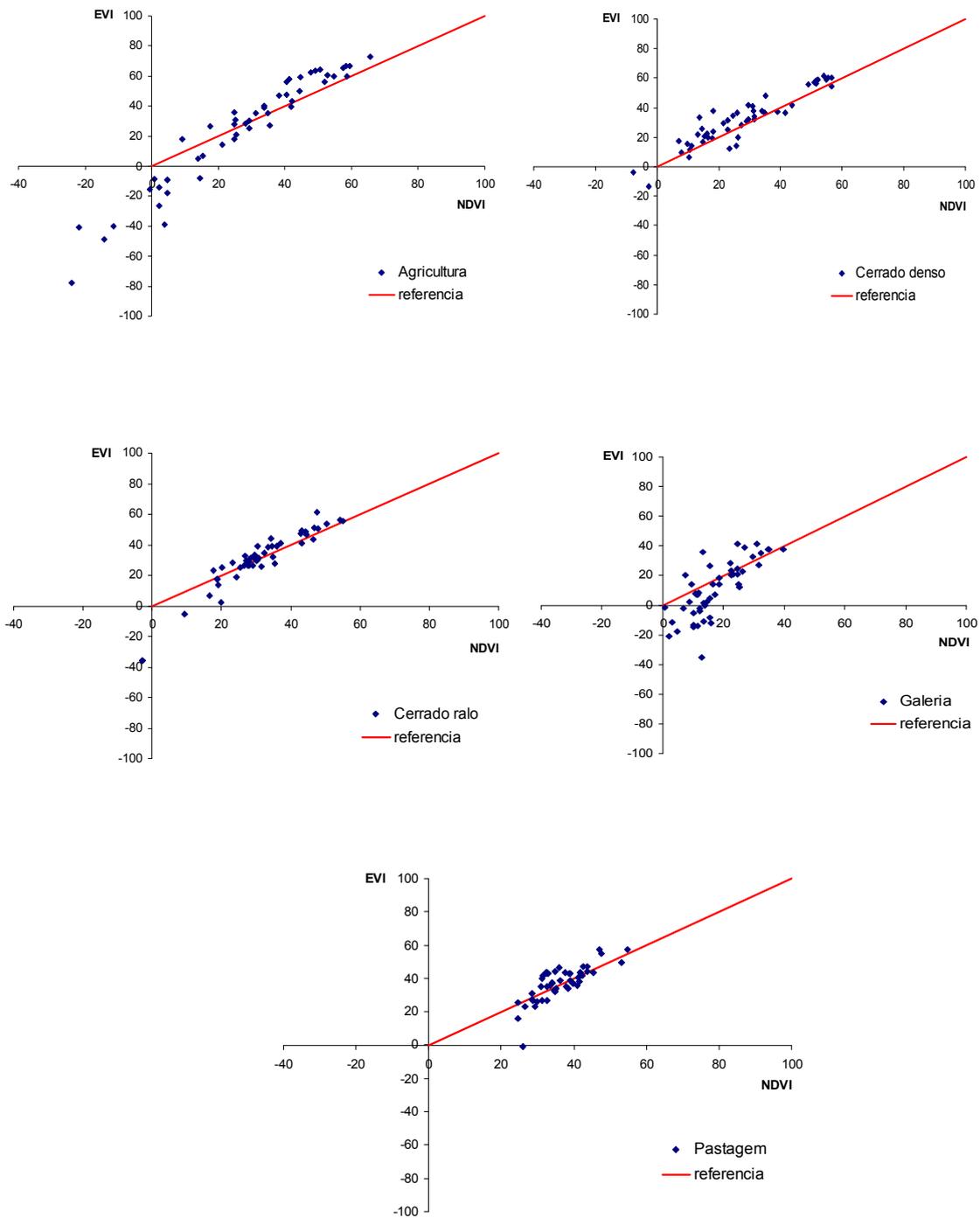
Por outro lado, a elevada variabilidade intra-classe dificulta a separabilidade entre as classes. Assim, tanto o teste de Tuckey, quanto a análise de discriminante, sugerem um baixo potencial de discriminação das imagens (EVI e NDVI) de contraste sazonal (Tabelas 01 e 02).



**Figura 4** – Variação sazonal média dos valores NDVI e EVI para as cinco classes consideradas.



**Figura 5** – Coeficientes de variação em relação aos valores de NDVI e EVI para as cinco classes consideradas.



**Figura 6** – Diagramas de dispersão ( $NDVI_{sazonal}$  vs.  $EVI_{sazonal}$ ) para as cinco classes consideradas.

**Tabela 1** – Análise de discriminante (baseada no teste de Tuckey), onde letras idênticas sugerem que as classes não são separáveis para  $p < 0.05$

Classes	NDVI	EVI
Agricultura	A	A
Pastagem	B	B
Cerrado Ralo	A	A, B
Cerrado Denso	A, B	A, B
Mata de Galeria	C	C

**Tabela 2** – % de amostras corretamente classificadas (via distância de Mahalanobis) para as cinco classes estudadas, considerando os dois índices simultaneamente (i.e. valores de contraste sazonal para o EVI e o NDVI).

	Cerrado Denso	Cerrado Ralo	Agricultura	Galeria	Pastagem	% Correto
Cerrado Denso	6	12	6	8	18	<b>12</b>
Cerrado Ralo	3	25	3	5	14	<b>50</b>
Agricultura	2	12	3	16	17	<b>6</b>
Galeria	1	12	6	28	3	<b>56</b>
Pastagem	5	11	8	0	26	<b>52</b>
Total	17	72	26	57	78	<b>35</b>

## 5. Considerações finais

A facilidade de obtenção dos produtos MODIS (gratuitos), a alta resolução das suas imagens (composites de 16 dias), bem como a elevada acuidade e precisão dos dados, são fatores importantes a serem considerados quando da atualização de mapas de cobertura dos solos à escala de semi-detalhe (~ 1:250.000). Neste sentido, significativos esforços tem sido feitos com vistas a se entender o real potencial destas imagens, principalmente no que diz respeito à capacidade destas em fornecer informações no domínio temporal.

Dentro deste contexto, neste estudo buscamos avaliar a possibilidade de discriminarmos as principais classes de uso e cobertura dos solos encontradas em Goiás a partir de imagens índices de vegetação MODIS realçadas através do contraste sazonal entre os meses de maio e setembro.

Os nossos resultados, a principio, sugerem que a sazonalidade observada para cada uma das classes estudadas, ainda que acentuada, pouco contribui para a discriminação destas. Contudo, novos estudos são necessários, haja vista a significativa heterogeneidade observada em cada grupo de amostras, o que pode, entre outros, ser atribuído à precisão do mapa de referência utilizado, bem como ao período analisado (i.e. maio e setembro).

## Referências

- Ferreira, M.E.; Ferrera, L.G.; Ferreira, N.C. Cobertura vegetal remanescente em Goiás: Distribuição, viabilidade ecológica e monitoramento. Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás, Goiânia, , 2006, p.148-163(no prelo).
- Huete, A.R., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X.; Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, v. 83, p. 195-213, 2002.
- Mantovani, J.E.; Pereira, A. Estimativa da integridade da cobertura de vegetação do Cerrado através de dados Landsat - TM. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9, 1998, Santos, SP. Anais... São José dos Campos: INPE, 1998. Artigos, p. 1455-1466. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57>>. Acesso em: 15 nov. 2006.
- Ferreira, N.C.; Ferreira Jr., L.G.; Huete, A.; Ferreira, M.E. An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis. International Journal of Remote Sensing, Reino Unido, 2006 (in press).
- Sano, E.E.; Dambrós, L.A.; Oliveira G.C.; Brites, R.S. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. In: Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: Prioridades, Estratégias e Perspectivas. Goiânia, Brasil, 2006, p.76-93 (no prelo).
- Sano, E.E.; Ferreira Jr., L.G.; Asner, G.; Steinke, E. Spatial and Temporal Probabilities of Obtaining Cloud-Free Landsat Imagies over the Brazilian Tropical Savanna. International Journal of Remote Sensing, 2006 (*in press*).
- Scaramuzza, C.A.; Machado, R.B.; Rodrigues, S.T.; Ramos Neto, M.B.; Pinagé, E.R; Diniz Filho, J.A.F. Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade em Goiás. In: Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: Prioridades, Estratégias e Perspectivas. Goiânia, Brasil, 2006, p.76-93 (no prelo).