

## Identificação da floresta estacional decidual na bacia do rio São Miguel, região do Alto São Francisco - MG

Samuel Rodarte Costa<sup>1</sup>  
Edson Eyji Sano<sup>1,2</sup>  
Ricardo Seixas Brites<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UNB/IG  
Campus Darcy Ribeiro ICC - Ala Central Caixa Postal 04465 - 70919-970 - Brasília - DF,  
Brasil

samuelrodarte@ambiente.eng.br, edson.sano@gmail.com, brites.ricardo@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
SCEN – Trecho 2 Ed. Sede do IBAMA, Brasília – DF, Brasil, CEP 70818-900

**Abstract.** The deciduous forests (dry forests) are an important type of forestlands present in the tropical savanna (Cerrado). They are composed of deciduous species that lose up to 85% of the leaves in the dry season. The identification of representative types of tropical savanna's vegetation through monotemporal satellite images is difficult, but it may be facilitated when time series of images along the hydrological cycle are analyzed. In this study, we analyzed the time series of Landsat images from the Sao Miguel basin, Minas Gerais State, to identify dry forests occurrences. Five Landsat images from May to September of 2007 were converted into the EVI (enhanced vegetation index) and summed one-by-one. After, was executed an classification of the resultant image through decision tree method. The numeric range for the dry forest was obtained by statistical analysis of pixel values contained in the area of dry forest that was bounded visiting the basin region. Approximately 125 km<sup>2</sup> (23,5% of the basin) of dry forest were identified by this method. The results showed an increased improvement in the dry forest mapping in the study area. The dry forest has suffered intense deforestation, mainly by the increase of the agricultural frontier and the advance of mining.

**Palavras chave:** dry forest, image processing, EVI, bacia do rio São Miguel, mata seca, processamento de imagens.

### 1. Introdução

O Cerrado brasileiro ocupa cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup> correspondentes a 22% do território nacional e aproximadamente 56,5% do estado de Minas Gerais (Scolforo et al., 2008). Este bioma possui 11 tipos principais de fitofisionomias, divididas entre formações florestais, onde se incluem as matas ciliares, matas de galeria e matas secas (também conhecidas como florestas estacionais decíduas - FED - e semidecíduas); formações savânicas, que abrangem o cerrado sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral e vereda; e formações campestres que incluem campos sujos, campos limpos e campos rupestres (Ribeiro e Walter, 2008).

Pela análise e processamento de imagens Landsat, é possível diferenciar fitofisionomias vegetais semelhantes de uma determinada área, porém, segundo Sano et al. (2008), é difícil discriminar com imagens monotemporais, vegetações que apresentam variação fenológica. Essa dificuldade é atribuída à semelhança da resposta espectral em determinadas fases do ciclo hidrológico, principalmente quando se trata da mata seca.

A mata seca possui espécies com alta deciduidade no período seco e grande perenidade no período chuvoso, confundindo-se com formações campestres e florestais respectivamente, o que dificulta a elaboração de mapas precisos de ocorrência dessa fitofisionomia (Hermuche e Sano, 2011). Além disso, a grande extensão do bioma Cerrado, a acentuada sazonalidade de suas fitofisionomias, o rápido avanço das atividades agrícolas, a elevada diversidade vegetal e fisiográfica e a confusão espectral entre classes de uso antrópico e de vegetação natural dificultam o monitoramento da ocupação dos solos do cerrado (Sano e Ferreira, 2005).

Através da análise de imagens Landsat de diferentes meses do ciclo hidrológico e utilização de diferentes metodologias de processamento das imagens, é possível diminuir a confusão espectral de tais fitofisionomias e assim classificar as imagens de acordo com a cobertura vegetal. O objetivo do trabalho foi analisar o potencial do EVI (índice de vegetação realçado) acumulado ao longo do ciclo hidrológico para mapear ocorrências de mata seca na bacia do rio São Miguel, localizada em uma região cárstica a sudoeste do Estado de Minas Gerais. Sua escolha se deu por causa da sua importância geoeconômica e por possuir características peculiares relacionadas à mata seca e afloramentos calcários.

## 2. Metodologia

Com área de drenagem de aproximadamente 530 km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica do rio São Miguel está inserida entre os paralelos 20°10' e 20°29' de latitude sul e entre os meridianos de 45°30' e 45°45' de longitude oeste. Ela abrange parte dos municípios mineiros de Pains, Arcos, Iguatama, Formiga e Córrego Fundo. Cerca de 80% da bacia apresentam relevo cárstico, definido pela dissolução de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (Dias & Velasques, 2002).

Para a identificação da mata seca, foram obtidas cinco imagens do ano de 2007 do satélite Landsat ETM+ da página eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A resolução temporal do Landsat é de 16 dias e cada cena cobre uma área de 185 km x 185 km no terreno. As imagens foram georreferenciadas a partir da cena *geocover* de 01 de abril de 2004 obtida na página eletrônica da Universidade de Maryland, no sistema de projeção UTM (zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 1,4 *pixels*. A Tabela 1 apresenta a órbita/ponto e as datas das cenas utilizadas. Foram consideradas apenas cenas que apresentavam cobertura de nuvens inferior a 20% da área de estudo.

Tabela 1 - Órbita/Ponto e data de passagem do satélite Landsat ETM+.

Órbita/Ponto	Data de Passagem
219/074	12/05/2007
219/074	13/06/2007
219/074	15/07/2007
219/074	16/08/2007
219/074	17/09/2007

A correção atmosférica utilizada nas cenas foi realizada a partir do módulo QUAC (*QUick Atmospheric Correction*) do *software* ENVI 4.8, que consiste em um método automático para corrigir matematicamente os efeitos atmosféricos sobre a radiância do sensor através da modelagem do comportamento físico de radiação que passa pela atmosfera. Após a correção atmosférica das cenas, foi aplicado o EVI (*Enhanced Vegetation Index*), que é um índice desenvolvido para otimizar a resposta espectral da vegetação (Huete et al., 1997). Para a aplicação do EVI, foi utilizado o módulo *Band Match* do *software* ENVI 4.8, com a seguinte expressão:

$$EVI = 2,5 \times (NIR) - RED / (NIR + 2,4 \times RED + 1),$$

onde:

RED= banda 3 (0,63 - 0,69  $\mu$ m)

NIR= banda 4 (0,76 - 0,90  $\mu$ m)

Foram realizadas visitas de campo onde foram delimitadas, com auxílio de um receptor de GPS (*Global Position System*) da marca *Garmin*, modelo *Oregon 450*, as áreas

referentes às ocorrências das fitofisionomias de mata seca, mata galeria e campo sujo. Os dados do GPS foram analisados e ajustados visualmente em polígonos na imagem *geocover* e, em seguida, convertidos em arquivos no formato shp (shapefile) no *software* ArcGIS 9.3. Após a definição dos polígonos representantes de cada fitofisionomia, foram criados ROIs (regiões de interesse) no *software* ENVI 4.8.

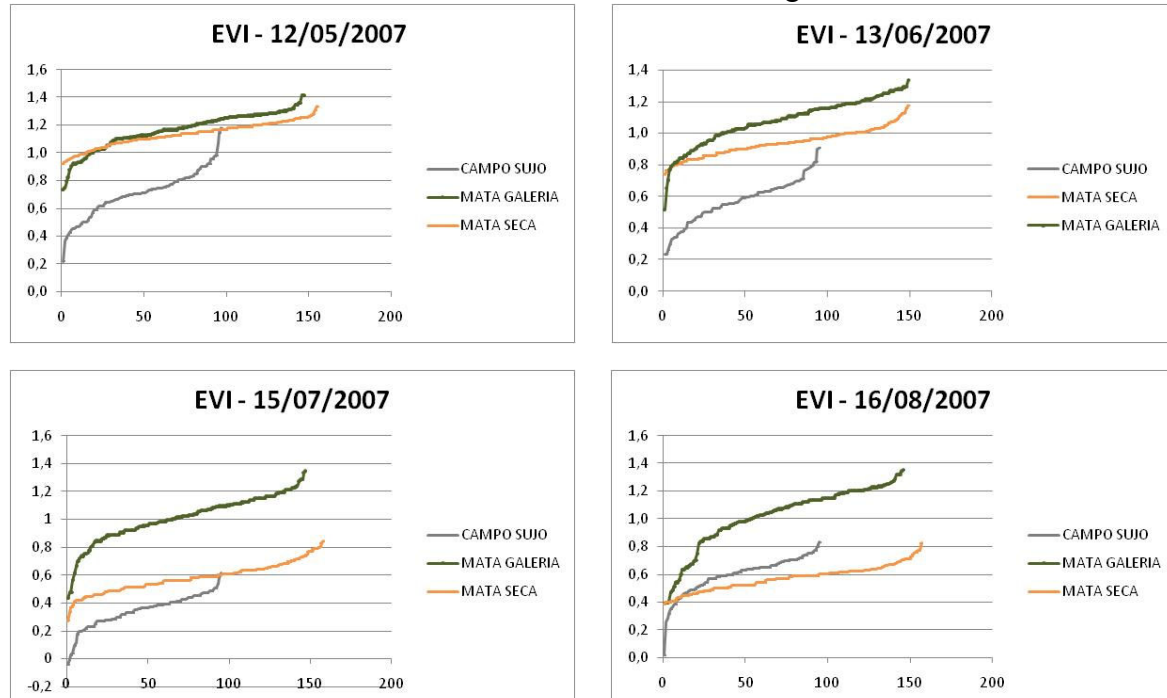
A etapa seguinte compreendeu a soma das imagens referentes ao EVI ao longo do ciclo hidrológico (maio a setembro) com o objetivo de obter uma imagem denominada de EVI acumulado. Este procedimento foi realizado através da ferramenta *Band Match* do *software* ENVI 4.8, após a junção das imagens em um mesmo arquivo e *spatial subset* conforme a fórmula abaixo:

$$\text{EVI acumulado} = \text{EVI\_Maio} + \text{EVI\_Junho} + \text{EVI\_Julho} + \text{EVI\_Agosto} + \text{EVI\_Setembro}$$

Após a obtenção das imagens de EVI (de maio a setembro) e de EVI acumulado, foi analisado o comportamento numérico dos *pixels* internos aos ROIs nas diferentes imagens. Através da análise estatística de frequência dos valores de *pixels* dos ROIs da imagem de EVI acumulado, obtiveram-se os intervalos correspondentes a cada fitofisionomia citada. A partir destes intervalos, a imagem correspondente ao EVI acumulado foi classificada utilizando-se a técnica de árvore de decisão. Gerado o mapa de localização da mata seca, o mesmo foi sobreposto à cena *geocover* onde os resultados foram avaliados visualmente.

### 3. Resultados e Discussão

Dados de EVI de campo sujo, mata galeria e mata seca de maio, junho, julho, agosto, setembro e acumulado da área de estudo são mostrados na Figura 1.



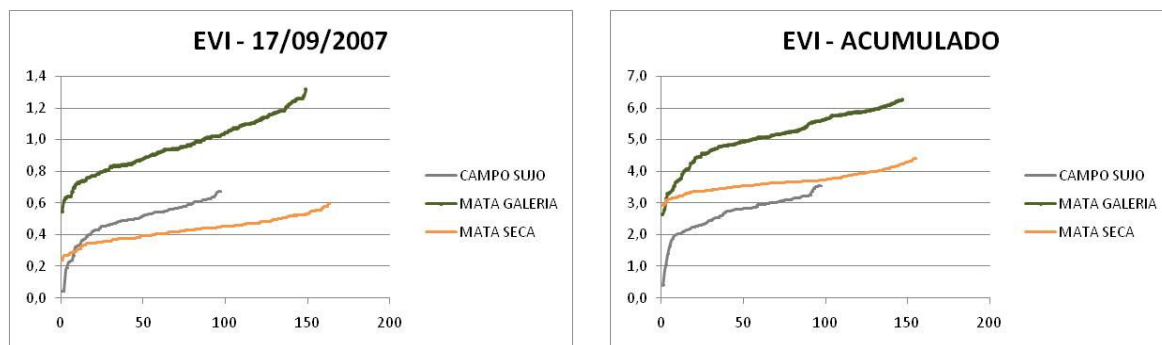


Figura 1 - Valores de EVI derivados de imagens Landsat para a mata seca, mata galeria e campo sujo da bacia do rio São Miguel - MG. Eixo Y: valores de EVI; eixo X: ordem crescente dos valores de pixels.

É possível observar que, quando o EVI é acumulado, há uma distinção entre as três classes consideradas quando comparado à situações envolvendo EVI provenientes de uma única data. No mês de maio, final da estação chuvosa, os valores de EVI para a mata galeria e para a mata seca são semelhantes, já que neste período a mata seca apresenta uma cobertura arbórea de 70% a 95%, mesma cobertura apresentada pela mata galeria (Ribeiro e Walter, 2008). Com o fim da estação chuvosa, os valores de EVI da mata seca diminuem em relação aos valores da mata galeria e se aproximam dos valores de EVI do campo sujo. Isso ocorre devido à alta deciduidade da mata seca, que no período de seca (setembro) apresenta cobertura arbórea inferior a 35% (Ribeiro e Walter, 2008).

Nos meses de agosto a setembro, os valores de EVI da mata seca ficaram inferiores aos valores de EVI do campo sujo. Isto pode ser explicado pelo fato da mata seca apresentar dossel fechado na época chuvosa, desfavorecendo a presença de espécies arbustivas (Ribeiro e Walter, 2008) e expondo o solo (afloramentos calcários) no período de seca em virtude do predomínio de espécies caducifólias. Já o campo sujo apresenta fisionomia exclusivamente arbustiva-herbácea (Ribeiro e Walter, 2008), expondo menos o solo quando comparado à mata seca no período de estiagem.

A partir do método de análise de frequência, foram estabelecidos os intervalos correspondentes a cada fitofisionomia e mais dois intervalos correspondentes à transição entre mata seca e mata galeria; e mata seca e campo sujo (Tabela 2). Escolheu-se o intervalo em que se obteve maior número de pixels excluindo-se os valores comuns às demais classes.

Tabela 2 - Intervalos de EVI acumulado correspondentes à mata seca, mata de galeria e campo sujo e provenientes do método de análise de frequência.

<b>Fitofisionomia</b>	<b>MIN</b>	<b>MÁX</b>	<b>Frequência Acumulada</b>
Mata Seca	3,48155	3,84885	83,87%
Mata Galeria	4,44405	6,2468	90,48%
Campo Sujo	2,1982	3,0928	94,85%
<b>Transição</b>			
Mata Seca X Mata Galeria	3,84886	4,44404	-
Mata Seca X Campo Sujo	3,0929	3,48155	-

Estes intervalos foram utilizados para classificar a imagem de EVI acumulado com a ferramenta *Decision Tree*. Após a classificação, a imagem *raster* foi convertida em formato *shape*. A Figura 2 apresenta o resultado da classificação com a identificação das áreas de ocorrência de mata seca, onde se consideraram a mata seca como as Classes mata seca e as classes de transição entre mata seca e mata de galeria e entre mata seca e campo sujo.

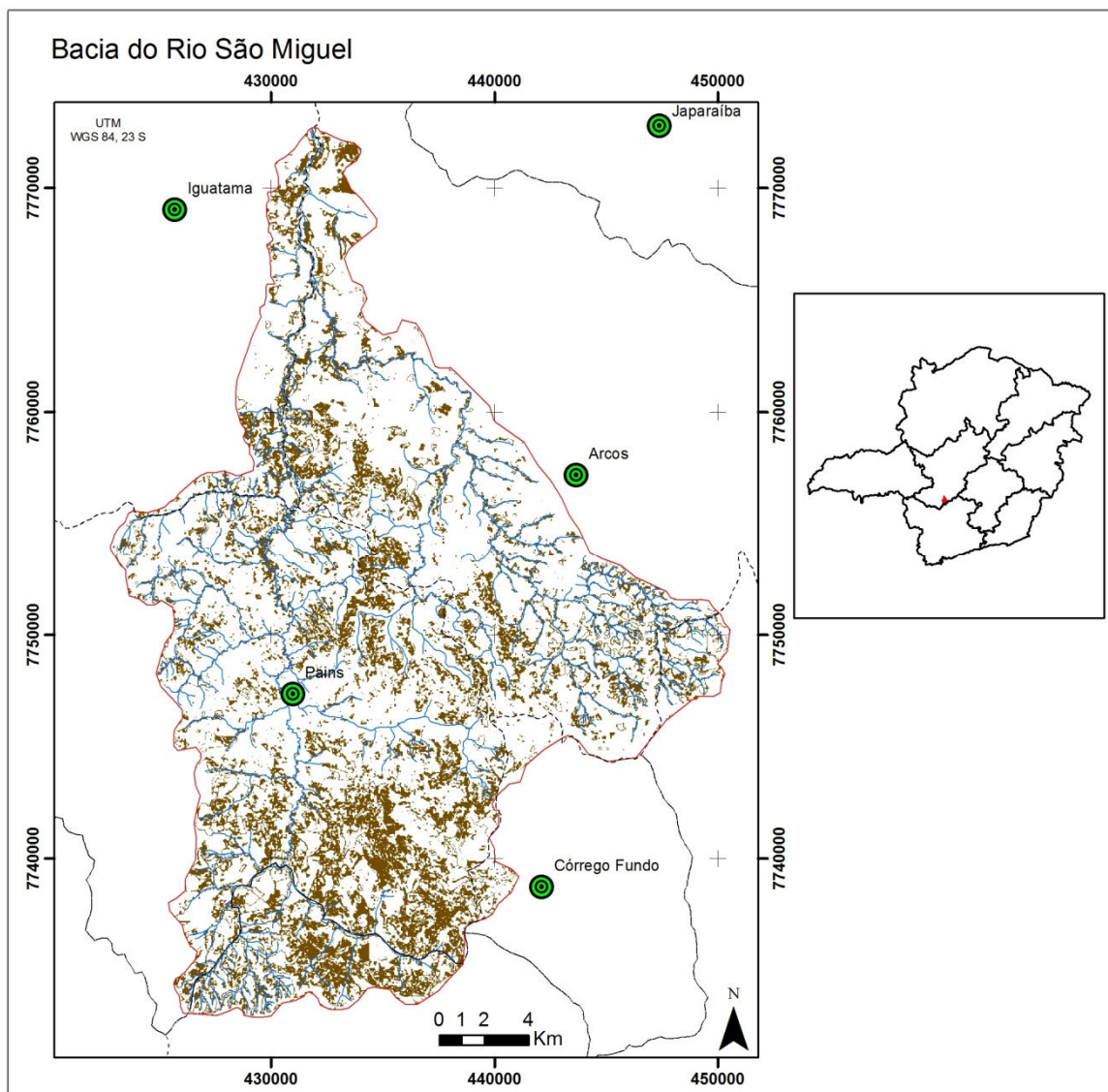


Figura 2 - Localização da mata seca na bacia do rio São Miguel, Minas Gerais.

A mata seca está dispersa por toda extensão da bacia, principalmente na região sul, onde se localiza a maior concentração de afloramentos calcários da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí. O mapa de localização de mata seca foi sobreposto à imagem *geocover* (composição RGB/453), apresentando grande correlação visual. Na Tabela 3, é apresentada a quantificação das áreas para as fitofisionomias em hectare e porcentagem em relação à área da bacia.

**Tabela 3 - Quantificação de áreas ocupadas por diferentes classes de vegetação da área de estudo.**

<b>Fitofisionomia</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Mata Seca	12471	23,5%
Mata Galeria	3870	7,3%
Campo Sujo	19165	36,1%
Outros	17595	33,1%
<b>Total</b>	<b>53101</b>	<b>100%</b>

#### 4. Conclusão

Diante dos resultados obtidos é possível concluir que o índice proposto de EVI acumulado mostrou-se eficiente para identificação de mata seca a partir da análise seqüencial de imagens Landsat-ETM5 ao longo do ciclo hidrológico (maio a setembro), porém seriam necessários estudos futuros de análise de exatidão dos dados para validar o método com maior precisão.

Uma hipótese a ser considerada, é a utilização do processo de conversão de números digitais para radiância no topo da atmosfera e de processos de correção atmosféricas mais eficazes, de modo a aperfeiçoar os valores de EVI e, assim, aumentar a diferenciação entre as fitofisionomias vegetais.

#### Referências Bibliográficas

Dias, F. S.; Velasques, L. N. M. Hidrogeologia da bacia do Rio São Miguel, municípios de Pains e Arcos- MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, SC. **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 2002, 20p.

Hermuche, P. M.; Sano, E. E. Identificação da Floresta Estacional Decidual no Vão do Paranã, Estado de Goiás, a partir da análise da reflectância acumulada de imagens do sensor ETM+/Landsat-7. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 63/03, p. 415-425, 2011.

Huete, A. R.; Liu, H.; Batchily, K.; Van Leeuwen, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997.

Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado In: Sano, S. M.; Almeida, S.P., Ed. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: Embrapa-Cpac, p.87-166, 2008.

Sano, E. E.; Ferreira, L. G. Monitoramento semidetalhado (escala 1:250.000) de ocupação de solos do cerrado: considerações e proposta metodológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, GO. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3309-3316.

Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L.; Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 153-156, 2008.

Scolforo, J. R.; Mello, J. M.; Oliveira, A. D. **Inventário Florestal de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2008. 816p.