

Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS - MOD13Q1

Manuel Eduardo Ferreira ¹
Laerte Guimarães Ferreira Jr. ¹
Nilson Clementino Ferreira ^{1,2}
Genival Fernandes Rocha ¹
Marlon Nemayer ¹

¹ Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA
Lab. Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil
{manuel, laerte}@iesa.ufg.br

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás - CEFETGO
Rua 75, no. 46, Centro - 74055-110 - Goiânia - GO, Brasil
ncferreira@uol.com.br

Abstract. The Brazilian Cerrado, considered the richest tropical savanna environment in the World, is a fast change biome. In spite of the significant differences in the land conversion figures, it is estimated that approximately 40% of the biome have been already converted to cultivated pasture, agriculture fields, and urban and degraded areas. In this study, a deforestation assessment, based on the warning deforestation system (SIAD), MODIS NDVI images, and three different reference land cover maps, was conducted for the entire Cerrado area, at annual periods between 2001 and 2005. Our results indicate that about 24,000 km² of Cerrado were somehow modified, which correspond to about a 50% reduction comparatively to the previous periods. Interestingly, not significant differences in change detection were found due to the reference map used. More conclusive results are to be pursued, including the visual inspection of the change polygons identified and the adoption of the most appropriate reference base.

Palavras-chave: bioma Cerrado, desmatamento, análise temporal, SIAD, MODIS.

1. Introdução e objetivos

O monitoramento sistemático dos desmatamentos no bioma Cerrado, nos moldes daqueles realizados, por exemplo, por instituições de pesquisa e desenvolvimento como o INPE e o SIPAM para o bioma Amazônico (Shimabukuro et al., 2000; Ferreira et al. 2006a), é algo relativamente novo, se não inexistente, tanto por questões políticas quanto técnicas.

A região do Cerrado, ainda que seja o 2º maior ecossistema do país em área, e um dos *hotspots* mundiais para a conservação da biodiversidade (Myers et al., 2000), ainda não recebe o merecido destaque por parte dos programas governamentais de preservação ambiental, sendo muitas vezes ofuscada pela elevada atenção, não menos importante, para os passivos ambientais na Amazônia.

Somente na última década, mas precisamente a partir de 1998, com o então projeto *Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal* (Brasil, 1999), passa-se a reconhecer a importância biológica e social deste bioma, hoje fortemente ameaçado. Nos últimos anos, percebe-se um maior envolvimento da comunidade científica em projetos como o SIAD - Goiás¹, IPÊ² e o PROBIO/Cerrado³.

¹ Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos para o Estado de Goiás (SIAD - Goiás). Projeto desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (LAPIG/UFG) em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás (SEMARH/GO).

² Integração de Informações Espaciais para o Planejamento e Gestão Estratégica do Cerrado - IPÊ/CNPq.

Em termos técnicos, poderíamos apontar uma série de dificuldades para o efetivo monitoramento da região, tais como a extensa área a ser recoberta por imagens de satélite com resolução espacial médio-alta (aproximadamente 276 cenas do CBERS - sensor CCD, 20 metros), o longo período com ocorrência de nuvens (praticamente seis meses/ano) (Sano et al., 2006), além da dificuldade inerente aos processamentos e diferenciação das fitofisionomias de Cerrado. Esta última, já abordada por inúmeras pesquisas, refere-se à forte mistura espectral presente em algumas classes de Cerrado e de uso da terra, tais como o Campo Limpo/Campo Sujo e a pastagem (Ferreira et al., 2006b), o que dificulta a identificação dos desmatamentos.

Outro entrave para o início de um monitoramento sistemático refere-se à necessidade de um mapa de uso da terra e remanescentes retratando, de forma mais fidedigna possível, a realidade do Cerrado em um dado momento (mapa-base). A partir deste mapa, e com apoio de técnicas para a detecção de mudanças na paisagem, é possível a contabilização das áreas convertidas para a agricultura, pastagem e outras formas de uso ao longo do tempo.

Entretanto, o conhecimento sobre o atual estágio de conversão para todo o bioma Cerrado persiste insuficiente e, por vezes, contraditório. Normalmente, as estimativas diferem-se por questões metodológicas, isto é, diferenças quanto às bases de dados adotadas e no entendimento relativo às classes de uso do solo e fisionomias. Por exemplo, a ONG Conservação Internacional (CI), com base em dados do sensor MODIS (1 km), aponta que, aproximadamente, 55% do bioma Cerrado já tenham sido convertidos em agricultura e pastagem (Machado et al., 2004).

Outros estudos estimam uma conversão na ordem de 40% (Mantovani e Pereira, 1998; Mittermayer et al., 1999; Sano et al., 2002). Já o mapa de cobertura vegetal para a América do Sul, produzido pela Comissão Européia (*Joint Research Centre*) a partir de imagens do sensor SPOT Vegetation (1 km, 1999/2000), indica 53% de área convertida (Eva et al., 2004). Neste ano de 2006, o projeto PROBIO/Cerrado³ (em fase de finalização pela Embrapa Cerrados - CPAC), com base em imagens Landsat - TM (30 metros, 2002), estima uma área convertida de 39%.

Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo analisar os desmatamentos ocorridos no bioma Cerrado, no período de 2001 a 2005, empregando imagens do sensor MODIS - Produto MOD13Q1 (250 metros) e técnicas de detecção automática de mudanças na paisagem (metodologia do SIAD¹). Concomitantemente às análises realizadas, o estudo compara três mapas-base que retratam o atual estágio de conservação deste bioma.

2. Abordagem metodológica

Área de estudo

A área de estudo corresponde ao limite do bioma Cerrado, com aproximadamente 2 milhões de km². Por se tratar de um estudo preliminar, a unidade de análise é o bioma como o todo. A **Figura 1** ilustra a abrangência do Cerrado em relação aos demais biomas presentes no território brasileiro.

Base de dados

Para este estudo foram empregados 5 *tiles* do produto MOD13Q1 (h12/13 v09/11) correspondentes ao limite do Cerrado (**Figura 1**), para cada ano de análise (2001 a 2005), obtidos sempre na primeira quinzena do mês de outubro. Após a realização de mosaicos referentes à área de estudo, os conjuntos de imagens foram filtrados (para nuvens, sombras e

³ Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica - PROBIO/Cerrado.

aerossóis residuais) com base no respectivo *Quality Assurance layer* (metadados). Mais informações sobre o sensor MODIS e a filtragem dos dados podem ser obtidas em www.ufg.br/lapig (DBS/SIAD - Goiás).

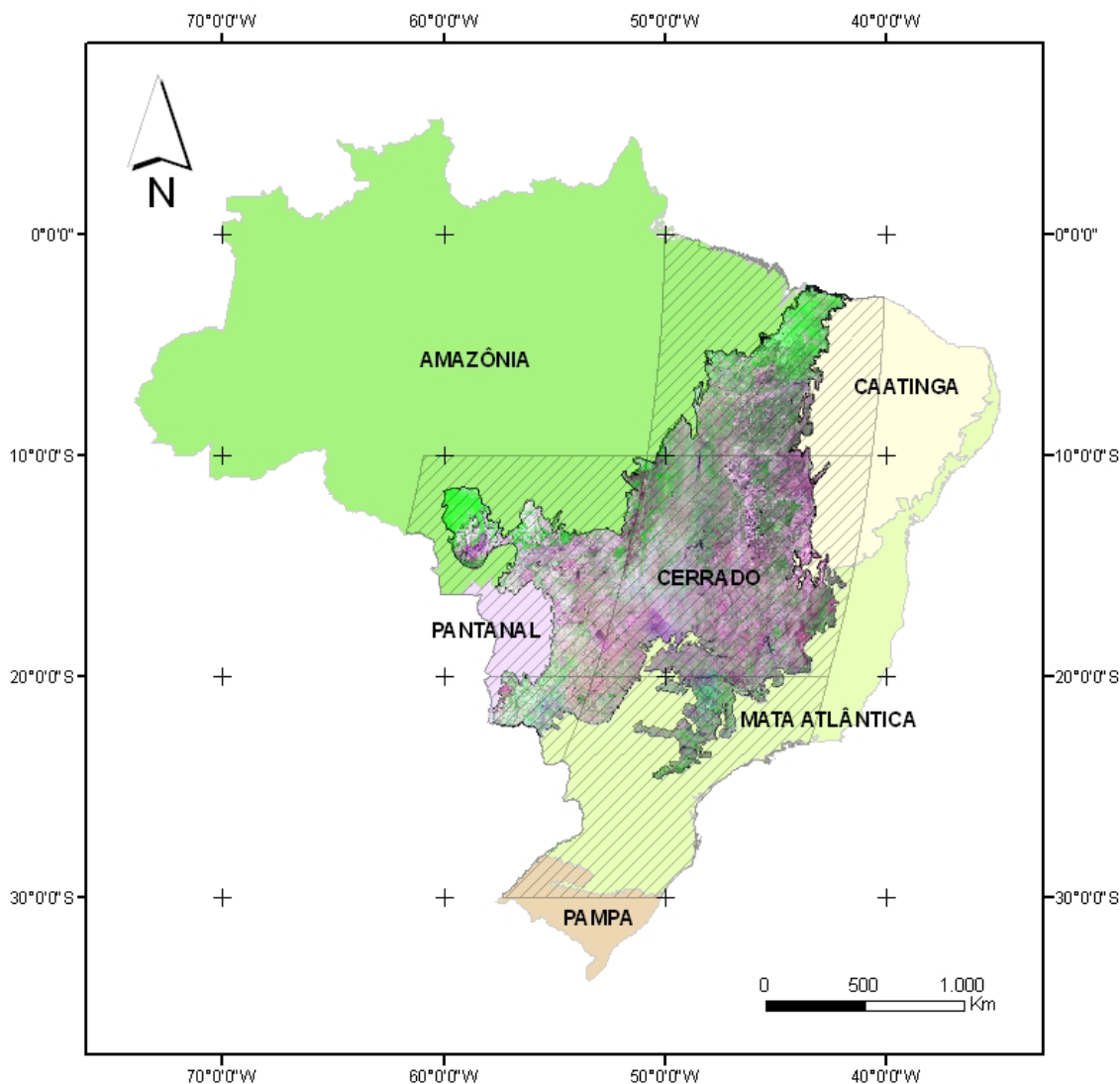


Figura 1. Área de estudo, compreendendo o bioma Cerrado. As áreas listradas correspondem aos *tiles* MODIS empregados na análise (*tiles* h12/13 v09/11).

As demais bases de dados, complementares ao estudo, referem-se aos mapas de uso da terra e remanescentes de Cerrado, identificados como mapas-base, provenientes de três fontes:

1) Base MODIS: mapa de remanescentes e uso da terra para o Cerrado, elaborado a partir de 24 cenas MODIS - MOD13Q1, referente ao ano de 2003. Mais informações em Aguiar et al. (2005) e Ferreira et al. (2006c);

2) Base PROBIO: mapa de remanescentes para o Cerrado produzido pela Embrapa Cerrados - CPAC, no escopo do projeto nacional PROBIO/MMA/GEF, com base em imagens Landsat - TM do ano de 2002;

3) Base SPOT: mapa da cobertura vegetal para a América do Sul, realizado pela Comissão Européia (*Joint Research Centre*) no ano de 2000, proveniente de imagens do sensor SPOT Vegetation (Eva et al., 2004), e recortado para a região do Cerrado.

Na etapa de processamento, todos os três mapas-base contendo a cobertura vegetal e o uso da terra (agricultura, pastagem, áreas urbanas, outros) foram simplificados para duas classes: áreas convertidas (0) e remanescentes (1). A **Figura 2** ilustra esta etapa. Na seqüência, os referidos mapas-base foram inseridos como “máscaras” binárias para delimitação das possíveis áreas de detecção de mudanças, isto é, somente as áreas com remanescentes.

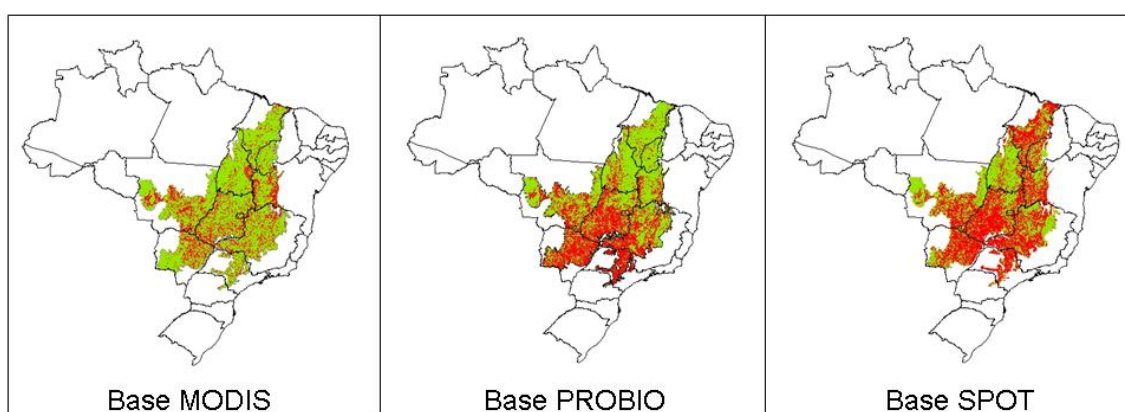


Figura 2. Mapas-base utilizados para a análise temporal dos possíveis desmatamentos. A cor verde indica os remanescentes de Cerrado; a cor vermelha indica áreas de agricultura, pastagem e outras formas de uso.

Processamentos

O Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD) foi utilizado neste estudo para a realização do monitoramento de quatro períodos consecutivos: 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005. Baseado em um Sistema de Informações Geográficas, o SIAD emprega imagens NDVI (Índice da Diferença Normalizada da Vegetação) para detectar a redução de biomassa entre duas datas (ex. outubro de 2001 - outubro de 2002), orientado por limiares de mudança na paisagem e área mínima a ser detectada, parâmetros estes definidos pelo o usuário.

Todos os possíveis desmatamentos são vetorizados e armazenados em um banco de dados geográfico, juntamente com as imagens filtradas e recortadas para a área de estudo (bandas RGB - MIR, NIR, RED, e imagem NDVI), de forma automatizada.

Para as análises em questão, foi adotado um limiar de mudança na cobertura vegetal de 30%, seguido por uma área mínima de 50 hectares, condições necessárias para que um possível polígono de desmatamento fosse detectado.

3. Resultados preliminares

Conforme observado na **Figura 3**, para os quatro períodos considerados, a área de mudança detectada tende a coincidir, independentemente do mapa-base utilizado.

Especificamente em relação ao mapa-base SPOT, o qual é anterior a todos os períodos analisados (ano 1999/2000), as áreas de mudanças detectadas variam de 58.889 km² (2001 - 2002) a 24.721 km² (2004 - 2005). Em fato, esta acentuada redução, de aproximadamente 50% em área, é também observada para as análises baseadas nos mapas-base MODIS e PROBIO (**Figura 3**).

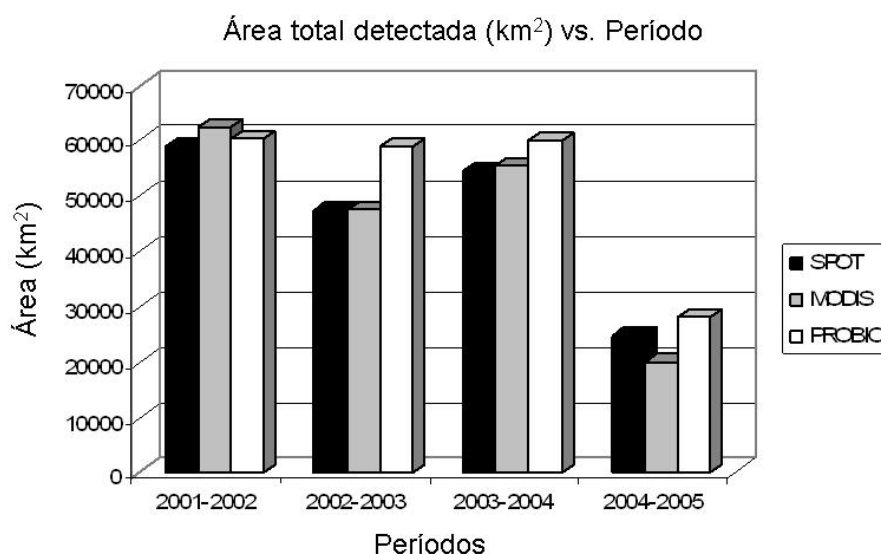


Figura 3. Área total detectada de possíveis desmatamentos no bioma Cerrado, para os quatro períodos analisados, empregando os respectivos mapas-base (SPOT, MODIS e PROBIO).

Padrões semelhantes também são observados em relação ao número de polígonos detectados (**Figura 4**) e quanto ao coeficiente de variação das áreas detectadas (**Figura 5**). A propósito, os altos valores destes coeficientes sugerem diferentes classes de desmatamentos (i.e. pequeno, médio e grande porte), o que pode estar ligado tanto às formas de ocupação, quanto ao grau de fragmentação e heterogeneidade dos remanescentes.

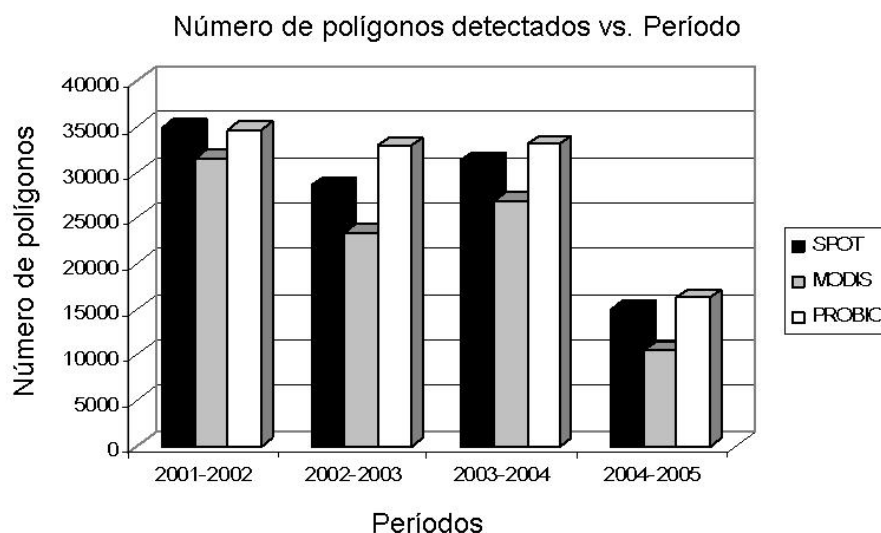


Figura 4. Número de polígonos detectados no bioma Cerrado, para os quatro períodos analisados, empregando os respectivos mapas-base (SPOT, MODIS e PROBIO).

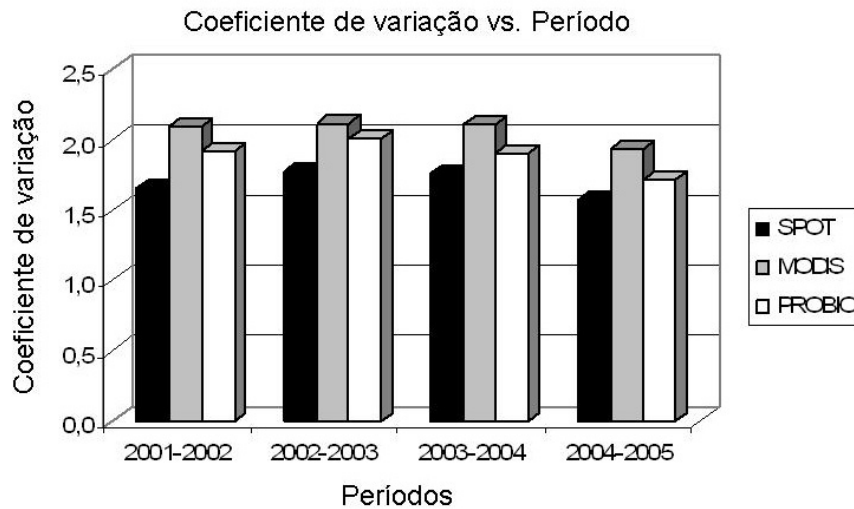


Figura 5. Coeficiente de variação da área dos possíveis desmatamentos no bioma Cerrado, para os quatro períodos analisados, empregando os respectivos mapas-base (SPOT, MODIS e PROBIO).

4. Considerações finais

Neste trabalho apresentamos os resultados preliminares quanto à detecção de possíveis desmatamentos no bioma Cerrado para os períodos 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005. Esta análise, por sua vez, baseou-se em três mapas-base, gerados a partir de distintas metodologias, imagens e anos de referência.

Apesar das diferenças observadas entre estes mapas (i.e. quanto à área e distribuição das classes), as áreas de mudanças detectadas tendem a coincidir, inclusive quanto aos seus padrões de distribuição. Especificamente para o período de 2004-2005, foram detectados, em média, 24.000 km² de mudanças, o que representa, em relação aos períodos anteriores, uma redução de aproximadamente 50%.

Análises complementares, tanto para se verificar a precisão e acuidade dos dados, quanto para um melhor entendimento das causas e padrões dos desmatamentos são necessárias.

Neste sentido, todos os dados obtidos até o momento estão sendo inspecionados através do uso de imagens de maior resolução (CBERS), bem como confrontados com indicadores sócio-econômicos.

Referências

- Aguiar, M. C.; Ferreira Jr., L. G.; Ferreira, M. E.; Borges, R. O.; Sano, E. E.; Gomes, M. P. Mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal do bioma Cerrado a partir de dados orbitais MODIS e SRTM e Dados Censitários. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, GO, 2005.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília, DF, 1999.
- Eva, H. D.; Belward, A. S.; De Miranda, E. E.; Di Bella, C. M.; Gond, V.; Huber, O.; Jones, S.; Sgrnzaroli, M.; Fritz, S. A land cover map of South America. *Global Change Biology*, 10, 731- 744, 2004.
- Ferreira, M. E.; Ferreira Jr., L. G.; Sano, E. E.; Shimabukuro, Y. E. Spectral linear mixture modelling approaches for land cover mapping of tropical savanna areas in Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, Reino Unido, 2006b (*in press*).
- Ferreira, M. E.; Ferreira Jr., L. G.; Sano, E. E.; Aguiar, M. C.; Lobo, F. C. Semi-Detailed Mapping of the Brazilian Savanna Based on Multi-Temporal Terra MODIS Vegetation Index Images. In: *International Geoscience and Remote Sensing Symposium - IGARSS*, Denver, Colorado, 2006c (poster).

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, 2006a (*in press*).

Machado, R. B.; Ramos Neto, M. B.; Pereira, P. G. P.; Caldas, E. F.; Gonçalves, D. A.; Santos, N. S.; Tabor, K.; Steininger, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.

Mantovani, J. E.; Pereira, A. Estimativa da integridade da cobertura de vegetação do Cerrado através de dados Landsat - TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, Santos, SP (versão em CD-ROM), 1998.

Mittermeyer, R. A.; Myers, N.; Mittermeier, C. G. Hotspots Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX Conservation International, 1999.

Myers, N.; Mittermeyer, R. A.; Mittermeyer, C. G.; Fonseca, G. A.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858, 2000.

Sano, E. E.; Barcellos, A. O.; Bezerra, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, Cali, v. 22, n. 3, p. 2-15, 2002.

Sano, E. E.; Ferreira Jr., L. G.; Asner, G.; Steinke, E. Spatial and Temporal Probabilities of Obtaining Cloud-Free Landsat Imagery over the Brazilian Tropical Savanna. *International Journal of Remote Sensing*, 2006 (*in press*).

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; 2000. Apresentação da metodologia de criação do PRODES digital. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP (INPE-7520-PUD/41).