



## ANÁLISE DA EXPANSÃO DE ÁREAS AGRÍCOLAS NO SUL DO ESTADO DO MARANHÃO

FRANCESCO E. G. CATERINA<sup>1</sup>; DANIEL C. VICTORIA<sup>2</sup>; MATEUS BATISTELLA<sup>3</sup>

Nº 12503

### RESUMO

O estudo da dinâmica de expansão das áreas agrícolas por meio da classificação de imagens de sensoriamento remoto tem significativa importância, pois possibilita o acompanhamento contínuo da utilização do território e o monitoramento das áreas com cobertura vegetal, nativa ou manejada. Neste trabalho, foi realizada a análise da cobertura vegetal na região sul do Maranhão, local que vem apresentando aumento nas áreas agrícolas na última década. Foram utilizadas imagens do sensor TM, a bordo do satélite Landsat 5, de três anos (2001, 2005 e 2010). Nestas imagens, foram realizadas classificações supervisionadas com o objetivo de identificar as áreas agrícolas. O mapeamento mostrou aumento das áreas agrícolas de 144 mil ha em 2001 para 374 mil ha em 2010 na região. A verificação do mapa gerado foi realizada por meio da comparação da área agrícola mapeada com a área plantada de soja nos municípios da área de estudo, de acordo com os dados do IBGE. Foi constatada boa concordância entre a área agrícola mapeada e os dados oficiais de área plantada. Desta forma, a classificação supervisionada mostrou ser uma ferramenta adequada para o mapeamento e monitoramento da expansão agrícola no Maranhão.

### ABSTRACT

The study of the dynamics of expansion of agricultural areas through remote sensing is a valuable application. It enables the continuous monitoring of land use and land cover, both for natural and managed areas. This work focused on mapping the land cover of the south region of Maranhão state (Brazil), a region that has experienced large increase in agricultural areas over the last decade. Images from the TM sensor, onboard Landsat 5, for the years 2001, 2005 and 2010 were classified using a supervised approach in order to identify agricultural areas. A considerable increase in agricultural areas, from 144 thousand ha in 2001 to 374 thousand ha in 2010, was identified. The agricultural area mapped by remote sensing was in agreement with the

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas e Engenharia Ambiental, Campinas-SP, francesco\_caterina17@hotmail.com.

<sup>2</sup> Colaborador: Pesquisador, Embrapa Monitoramento por Satélite, daniel@cnpm.embrapa.br.

<sup>3</sup> Orientador: Pesquisador, Embrapa Monitoramento por Satélite, mb@cnpm.embrapa.br.



official government estimates for planted soy area by the Municipal Agricultural Production (PAM – IBGE). This shows that supervised classification is a valuable tool for mapping and monitoring agricultural expansion in Maranhão.

## INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial tem como consequência o aumento da demanda por produtos agrícolas, como alimentos, fibras ou energia. É estimado pela FAO que em 2050 a população mundial atingirá 9,1 bilhões de pessoas, 34% a mais que a população atual, e que, para alimentar essa população, a produção agrícola deve aumentar cerca de 70% (FAO, 2009). Para atender esse aumento da demanda por produtos agrícolas, existe necessidade de ampliar a produtividade agrícola consideravelmente ou aumentar as áreas de plantio.

No entanto, a expansão das terras agrícolas pode causar impactos ao meio ambiente, principalmente devido à remoção da cobertura vegetal nativa (VEIGA; EHLERS, 2009). Portanto, o estudo do crescimento das áreas agrícolas é de extrema importância, pois permite avaliar alterações na cobertura e no uso do solo, principalmente em regiões onde a dinâmica das alterações é cada vez mais rápida.

Os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia respondem por 13% da produção nacional de soja (BRASIL, 2011). Dados da PAM (Produção Agrícola Municipal) do IBGE mostram que a área cultivada nesses estados aumentou 110% entre 2001 e 2010. Além disso, estima-se a expansão da área plantada em aproximadamente 16% para os próximos 10 anos (BRASIL, 2011). Atribui-se a expansão aos preços das terras, que, embora tenham aumentado acentuadamente nos últimos anos, ainda são inferiores ao de estados como o Mato Grosso (BRASIL, 2011).

Mais especificamente para o Estado do Maranhão, estudos da Secretaria de Estado e Planejamento e Orçamento (IMESC, 2010) mostram que a produção de soja na safra 2009/2010 apresentou forte crescimento, principalmente com novas áreas de produção na região de Balsas, no sul do estado. No total, houve aumento de 28,6% nas áreas plantadas e 38,5% na produção, que totalizou 1,35 milhões de toneladas. A importância da produção de soja no estado reflete-se na balança comercial: sua produção agrícola aparece entre os três principais produtos de exportação, juntamente com ferro e alumínio (IMESC, 2010).

Nesse contexto, a utilização de dados de sensoriamento remoto tem mostrado ser importante para estudos de dinâmica das áreas agrícolas. Diversos trabalhos

mostraram a aplicação do sensoriamento remoto para o mapeamento do uso e da cobertura dos solos (QUARTAROLI et al., 2006), de lavouras de café (MOREIRA et al., 2004), cana-de-açúcar (RUDORFF et al., 2010) e grãos (ARAÚJO et al., 2011; MORTON et al., 2006). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi averiguar a expansão da área agrícola na região sul do Estado do Maranhão, no entorno do Município de Balsas, onde mudanças significativas no uso do solo vêm ocorrendo. Para tal, foi realizada a classificação supervisionada de imagens do sensor orbital TM, a bordo do satélite Landsat 5, nos anos de 2001, 2005 e 2010.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a região sul do Estado do Maranhão, fronteira com os estados do Piauí e Tocantins, delimitada pela cena Landsat, órbita/ponto 221/066 (Figura 1).

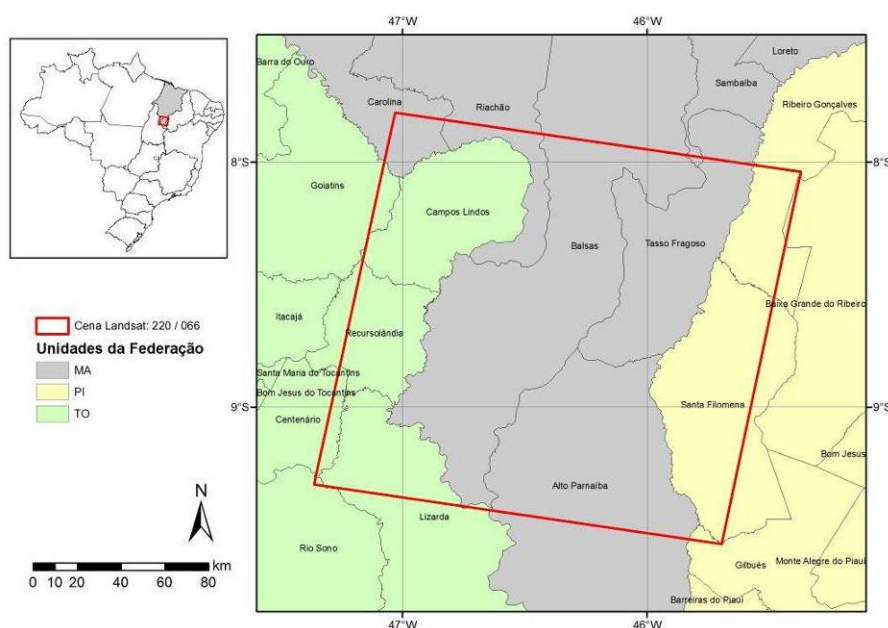


FIGURA 1. Localização da área de estudo.

Imagens do satélite Landsat para as datas 5/8/2001, 29/6/2005 e 6/6/2010 foram obtidas nos sites <<http://glovis.usgs.gov/>> (catálogo do U.S. Geological Survey) e <<http://glcf.umiacs.umd.edu/>> (catálogo GLCF – Global Land Cover Facility). Nelas, foi realizada classificação supervisionada por máxima verossimilhança seguindo os procedimentos descritos por Quartaroli e Batistella (2006).

O procedimento de classificação supervisionada define a classe de cada pixel da imagem a partir de um conjunto de amostras treinamento. Para cada uma das

imagens, foi realizado o empilhamento das bandas espectrais e a identificação de áreas amostrais que caracterizavam as diferentes classes de cobertura vegetal. Essas classes foram identificadas levando em conta características espectrais das imagens e a forma das áreas analisadas. Para áreas com vegetação nativa, foram procuradas amostras com presença de vegetação, com baixo valor nas bandas de absorção de clorofila (bandas 1 e 3, comprimentos de onda de 0,45 a 0,52  $\mu\text{m}$  e 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ) e valores mais elevados na banda 4 (0,76 a 0,9  $\mu\text{m}$ ). Nas áreas agrícolas, devido à aquisição das imagens no período seco, foram buscadas amostras com sinal de solo exposto ou vegetação seca, com valores mais elevados nas bandas 3 e 4 (vermelho e infravermelho próximo) associados a formas regulares e bem definidas, típicas dos talhões agrícolas. Nesta etapa, também foram utilizadas imagens de maior resolução espacial disponíveis no Google Earth que, apesar de terem sido obtidas entre os anos de 2003 e 2006, serviram como base para a obtenção de algumas áreas amostrais.

Algumas coberturas vegetais podem apresentar variação em suas características espectrais, como é o caso da vegetação nativa da região, que pode ser densa ou esparsa. Também é o caso de áreas agrícolas, que podem ser recém-colhidas, com grande quantidade de solo exposto e matéria seca, ou áreas ainda verdes, que não foram colhidas. As classes de vegetação nativa e agricultura foram subdivididas a fim de diminuir os erros e as misturas entre classes durante o processo de classificação. Foram identificadas áreas amostrais para as classes: cultura agrícola, solo preparado para agricultura, vegetação nativa com três níveis de densidade de vegetação – mais densa, mediana e esparsa –, vegetação nativa em áreas úmidas, queimada, solo exposto e corpos d'água.

A legenda adotada na classificação procurou identificar as principais coberturas presentes na imagem de forma que elas pudessem ser posteriormente agregadas em um mapa de áreas agrícolas. Após a classificação, foi realizado o agrupamento das classes considerando apenas áreas agrícolas e não agrícolas.

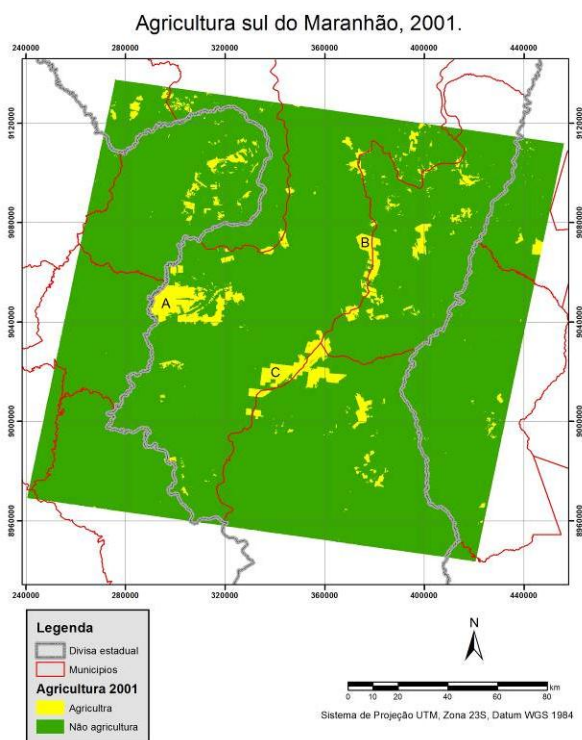
Por fim, foram realizadas edições manuais a fim de reduzir erros de classificação. Esta etapa envolveu a remoção de áreas agrícolas com área muito pequena (< 4 ha) e a correção de áreas erroneamente classificadas. Tais erros de classificação ocorrem devido à confusão entre algumas classes, como regiões de cerrado com a presença de vegetação seca e solo exposto e áreas agrícolas recém-colhidas, que também apresentam solo exposto e vegetação seca.

A área agrícola mapeada foi comparada à área plantada com soja estimada pelo IBGE utilizando dados da PAM dos anos 2001, 2005 e 2010 obtidos no Sistema

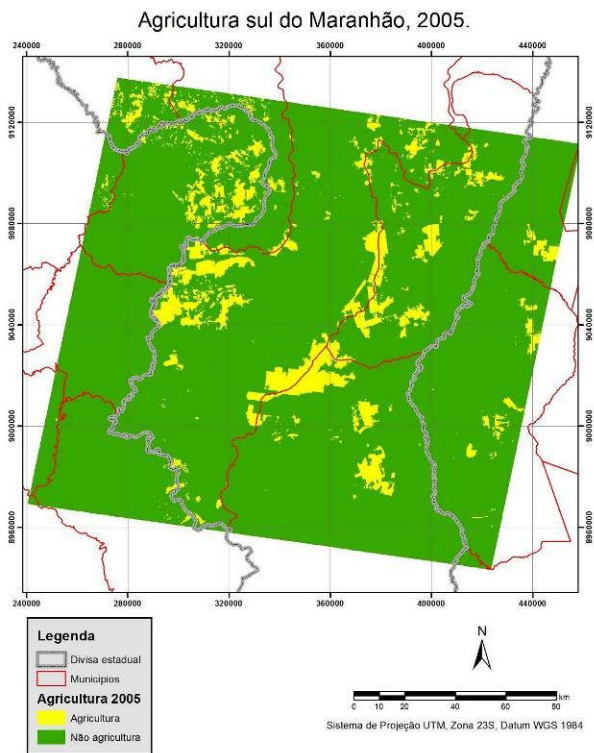
IBGE de Recuperação Automática (IBGE, 2012) para os municípios retratados na cena avaliada. Apesar de a área coberta pela cena Landsat não englobar alguns municípios por completo, notadamente Balsas e Alto Parnaíba (MA), a comparação entre os dados do IBGE e aqueles obtidos pela classificação pode auxiliar na verificação do mapeamento, ao mostrar a taxa da expansão da agricultura na região e a ordem de magnitude das áreas com atividades agrícolas. Desta forma, foi possível fazer a comparação do mapa de área agrícola na cena estudada com os dados tabulares do IBGE.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

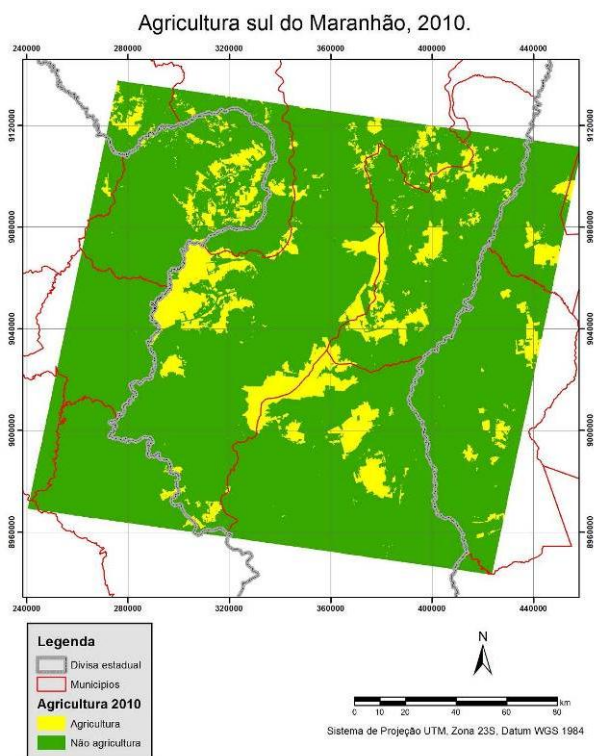
Foi possível constatar aumento das áreas agrícolas no período entre 2001 e 2010. Esse aumento ocorreu principalmente pela expansão de áreas já existentes. Inicialmente, em 2001, destacavam-se três grandes agrupamentos localizados no município de Balsas e na divisa com os municípios de Tasso Fragoso e Alto Parnaíba (Figura 2). Em 2005, foi observada a expansão dessas áreas, além do crescimento e surgimento de outras de menor extensão (Figura 3). Em 2010, foi observado o crescimento continuado das áreas agrícolas presentes desde 2001 (Figura 4).



**FIGURA 2.** Área agrícola estimada usando a classificação de imagem TM/Landsat no ano de 2001. Principais agrupamentos ocorrem no Município de Balsas (A) e na divisa com os municípios de Tasso Fragoso (B) e Alto Parnaíba (C).



**FIGURA 3.** Área agrícola estimada usando a classificação de imagem TM/Landsat no ano de 2005.



**FIGURA 4.** Área agrícola estimada usando a classificação de imagem TM/Landsat no ano de 2010.

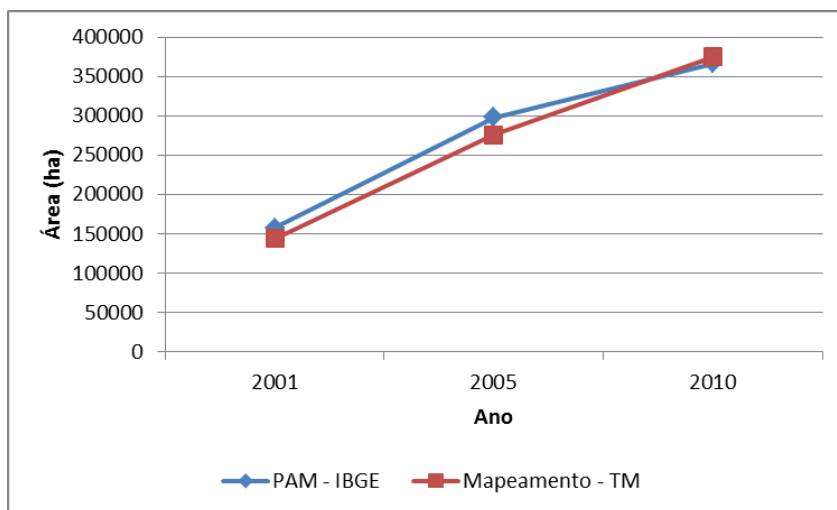
Observa-se que entre os anos de 2001 e 2005 houve expansão mais significativa da área agrícola estimada na região estudada, que passou de aproximadamente 144 mil ha para 275 mil ha, um aumento de 91%. Para o período de 2005 a 2010, o ritmo de crescimento foi menor, de 275 mil ha para 375 mil ha, uma expansão de 36% (Tabela 1). Outros autores vêm mostrando a grande expansão de áreas agrícolas na região sul do Maranhão e nos estados próximos. Santos e Epiphany (2009) mostraram crescimento de aproximadamente 13 vezes na área agrícola do Município de Luís Eduardo Magalhães (BA) entre 1984 e 2006. Já Soares et al. (2011) mostraram aumento de 42% na área agrícola do Município de Balsas entre 1991 e 1998, e de 64% no Município de Tasso Fragoso entre 1998 e 2010.

**TABELA 1.** Área agrícola estimada usando a classificação de imagem TM/Landsat na área de estudo nos anos de 2001, 2005 e 2010, expansão entre as diferentes épocas avaliadas e área plantada com soja de acordo com o IBGE nos municípios da área de estudo.

Ano	Área agrícola estimada (ha)	Expansão (%)	Área plantada com soja – PAM, IBGE (ha)
2001	143.957,80	--	157.040
2005	275.410,15	90,9	297.691
2010	374.531,28	36,4	366.088

Para a comparação entre os dados obtidos pela análise das imagens de satélite com os do SIDRA, foram totalizadas as áreas plantadas com soja nos municípios que ocupavam as maiores extensões da região e foi calculada a área total de soja plantada nos municípios da região de estudo (quarta coluna, Tabela 1). Os municípios considerados foram: Campos Lindos e Recursolândia (TO), Alto Parnaíba, Balsas e Tasso Fragoso (MA), Ribeiro Gonçalves e Santa Filomena (PI).

A concordância entre a área agrícola mapeada e os dados de área plantada com soja nos municípios foi alta (Figura 5). Apesar de a imagem estudada não englobar a totalidade dos municípios considerados, o que poderia causar discrepâncias entre a área agrícola mapeada e os dados censitários, é possível constatar que tanto a área agrícola quanto a taxa de expansão identificadas pela classificação das imagens TM acompanham os resultados da Pesquisa Agrícola Municipal.



**FIGURA 5.** Área plantada com soja nos municípios avaliados (PAM – IBGE) e área agrícola estimada na cena Landsat estudada.

## CONCLUSÃO

A análise por sensoriamento remoto da região sul do Maranhão mostrou que a área agrícola vem apresentando expansão nos últimos anos. Este estudo constatou aumento de aproximadamente 160% na área agrícola de 2001 para 2010. Tal taxa é superior aos 130% de aumento da área plantada com soja nos municípios avaliados, semelhante ao aumento da área com plantio de soja.

A área agrícola mapeada mostrou concordância com os dados de área plantada de soja da PAM do IBGE, tanto em relação ao total de áreas quanto em relação à taxa da expansão. Tal fato aumenta a confiança nos mapas gerados, mas uma verificação da acurácia do mapeamento a partir de pontos de controle no campo ainda é necessária.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

À Embrapa Monitoramento por Satélite, pela oportunidade de estágio.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. K. D. ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, A. M. Mapping of summer crops in the State of Paraná, Brazil, through the 10-day spot vegetation NDVI composites. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 760–770, jan. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil projeções do agronegócio 2010/2011 a 2020/2021, 2011. Disponível em:





<[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%202\\_0.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%202_0.pdf)>.

Acesso em: 13 junho 2012.

FAO. **How to feed the world in 2050**. High-level expert forum. Executive Summary. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-background-documents/issues-briefs/en/>>. Acesso em: 11 maio 2012.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11 maio 2012.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Indicadores de Conjuntura Econômica do Maranhão**, São Luis, v. 3, n. 1, 2010. Disponível em: <[http://www.imesc.ma.gov.br/docs/indicadores\\_20100714.pdf](http://www.imesc.ma.gov.br/docs/indicadores_20100714.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2012.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 223–231, 2004.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F. del B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14637–14641, set. 2006.

QUARTAROLI, C. F.; BATISTELLA, M. **Classificação digital de imagens de sensoriamento remoto: tutorial básico**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 50 p. (Documentos, 56).

QUARTAROLI, C. F.; MIRANDA, E. E. de; VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C.; CRISCUOLO, C.; GUIMARÃES, M. **Avaliação da adequação do uso das terras agrícolas no Nordeste do Estado de São Paulo em 1988 e 2003**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 36 p. (Documentos, 57).

RUDORFF, B. F. T. AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057–1076, abr. 2010.

SANTOS, P. S.; EPIPHANIO, J. C. Avaliação histórica da expansão agrícola sobre o Cerrado no município de Luís Eduardo Magalhães, Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO



DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009..p. 6181–6188.

SOARES, S. C.; DOMINGOS, J. P.; SANTOS, J. S. dos; CURTARELLI, M. P.; MOREIRA, M. A. **Dinâmica espaço-temporal de culturas agrícolas em áreas do bioma Cerrado**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0650.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

VEIGA, J. E.; EHLERS, E. **Diversidade biológica e dinamismo econômico no meio rural**. Janeiro 2009. Disponível em: <<http://www.fea.usp.br/feaecon/media/fck/File/Veiga%20eEhler%20-%20in%20MayorgEMA%202010.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2012.