

# Mapeamento das mudanças de uso da terra para cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG (2011)

## Mapping of land use change to sugar cane in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba-MG (2011)

Mariana Gomide Vieira<sup>1(\*)</sup>  
Jussara dos Santos Rosendo<sup>2</sup>

### Resumo

O cultivo da cana-de-açúcar tem se tornado cada vez mais intenso no Brasil, como apontaram os dados do IBGE (2010) e CANASAT (2012). Sua expansão pode estar associada aos incentivos políticos, ao aumento da demanda interna e externa e à grande extensão de terras que o país possui. As técnicas de geoprocessamento, associadas aos dados de sensoriamento remoto, são fundamentais para o mapeamento da cana-de-açúcar, contribuindo para a compreensão e ordenamento do espaço geográfico. O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do país, sendo a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba a principal área produtora do estado (CANASAT, 2012). O principal objetivo desta pesquisa foi mapear as mudanças de uso da terra relacionadas à expansão da cana-de-açúcar, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. Em termos metodológicos, foram utilizadas imagens de satélite TM/Landsat 5 (2011); dados do mapeamento do projeto PROBIO (2002); o processamento das imagens de satélite foi realizado no *software* Spring 5.1.8 (georreferenciamento, mosaicagem, recorte, segmentação e classificação automática de Battacharya) e, para a elaboração dos mapas finais, foi utilizado o *software* ArcView 3.2. Para finalizar, trabalhos de campo na área de pesquisa foram realizados para correção dos erros do mapeamento. Os resultados alcançados com esta pesquisa apontam que a cana-de-açúcar ocupou em 2011, 889.155 ha, valor este significativamente maior que o mapeamento realizado pelo IBGE em 2010 e CANASAT nas safras de 2011/2012; 2012/2013 na referida área de pesquisa. A partir da conversão do uso do solo, com o auxílio do mapeamento realizado pelo PROBIO em 2002, identificou que a cana-de-açúcar expandiu em 599.336 ha sobre o domínio de áreas agrícolas.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; classificação automática de Battacharya.

- 
- 1 Geógrafa; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina, UEL; Endereço: Rodovia Celso Garcia. Cid, PR-445, km 380, CEP: 86951-980, Londrina, Paraná, Brasil; E-mail: mariana\_gomide@hotmail.com (\*) Autora para correspondência.
  - 2 Dra. Geógrafa; Professora Adjunta do curso de Geografia na Universidade Federal de Uberlândia - Campus Pontal (UFU/FACIP); Endereço: Rua 20, no 1600, Bairro Tupã, CEP: 38304-402, Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil; E-mail: jussara@pontal.ufu.br

Recebido para publicação em 16/09/2014 e aceito em 11/06/2015

Ambiência Guarapuava (PR) v.11 n.3 p. 563 - 585 Set./Dez. 2015 ISSN 1808 - 0251  
DOI:10.5935/ambiencia.2015.03.04

## Abstract

The cultivation of sugar cane has become increasingly intense in Brazil as shown by IBGE (2010) and by CANASAT (2012). Expansion may be associated to political incentives, to the increase of domestic and foreign demand and the large amount of land of the country. The geoprocessing techniques, associated with remote sensing data, are crucial for sugar cane mapping, contributing to the understanding and management of geographic space. The state of Minas Gerais is the second largest producer of sugarcane in the country, and the mesoregion of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba is the state's main producing area (CANASAT, 2012). The main objective of this research was to map the land use changes as consequence of the expansion of sugarcane in the middle region of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba-MG. In terms of methodology, we used satellite images TM / Landsat 5 (2011); design mapping data PROBIO (2002); the satellite images processing was performed in the software Spring 5.1.8 (georeferencing, mosaicking, cropping, segmentation and automatic Battacharya classification) and to prepare the final maps it was used the ArcView 3.2 software, and last, fieldwork in the research area was performed to correct mapping errors. The results showed that the total area identified as sugar cane culture in the mesoregion was 889,155 ha., a figure significantly higher than the mapping carried by the IBGE in 2010 and by CANASAT in harvests in 2011/2012 and 2012/2013 in the referred area of research. It was identified from the conversion of land use, with the help of mapping conducted by PROBIO in 2002, the sugarcane expanded in 599,336 ha over the domain of agricultural areas.

**Key words:** Geoprocessing; Remote Sensing; automatic classification of Battacharya and Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba-MG.

## Introdução

A cana-de-açúcar tem papel de destaque na economia brasileira, e seus índices de crescimento têm aumentado a cada ano. Atualmente, o estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor brasileiro, alcançando um total de 828.204.000 hectares plantados na safra de 2011/2012 (CANASAT, 2012). O aumento dessa cultura no estado está ligado, principalmente, à produção do etanol. Inácio e Santos (2011) salientaram que a estimativa da Secretaria de Estado e Desenvolvimento Econômico do Governo de Minas é a de que a produção

de agro-combustíveis receberá mais de 211 milhões de reais em investimentos no setor sucroalcooleiro. Esse processo explica o significativo crescimento da cultura em Minas Gerais, mais precisamente na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba que, no ano 2000, possuía 126.500 ha plantados com cana-de-açúcar e, em 2009, essa cifra alcançou 467.258 ha, conforme dados do IBGE (2009).

Inácio e Santos (2011), fizeram uma previsão de que, na década de 2020, o Triângulo Mineiro irá ocupar 650 mil ha com esta cultura. No entanto, dados do

CANASAT apontam que essa estimativa já foi superada em 2011, quando o cultivo da cana alcançou a soma de 889.155 ha na Mesorregião. Vários autores (RUDORFF et al., 2004; SIQUEIRA et al., 2007; AGUIAR et al., 2009), dentre outros, enfatizam as vantagens do emprego de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para o monitoramento da cana-de-açúcar, em virtude do baixo custo (no caso de imagens disponibilizadas gratuitamente pelo INPE) e da alta confiabilidade no acompanhamento da expansão das áreas cultivadas.

O principal objetivo da pesquisa foi mapear as mudanças de uso da terra relacionadas à expansão da cana-de-açúcar, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG (2011). Os objetivos específicos incluíram o mapeamento da cana-de-açúcar no ano de 2011; a avaliação da área ocupada pela cana-de-açúcar; a comparação dos dados obtidos com os dados do CANASAT e IBGE e o mapeamento das mudanças de uso da terra no período compreendido pelos anos 2002 e 2011, utilizando como auxílio o mapeamento feito pelo projeto PROBIO (2002), realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), em parceria com a Universidade Federal de Uberlândia e a Universidade Federal Goiás e EMBRAPA.

Fica evidente a necessidade desse trabalho para o monitoramento e acompanhamento da produção de cana-de-açúcar, isso em detrimento do significativo avanço dessa cultura na área de estudo enfatizada, principalmente pelo incentivo à utilização do etanol e a criação de programas como PROALCOOL - Programa Nacional do Alcool.

### **A cana-de-açúcar e sua relação com o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**

A mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba localiza-se a oeste do Estado

de Minas Gerais (Figuras 1 e 2), sendo composta por 66 municípios, e ocupando uma área total de 90.545 km<sup>2</sup>, o equivalente a 15,4% do território mineiro (IBGE, 2011). Tem o cerrado como bioma predominante, e apresenta porções com resquícios de Mata Atlântica. O clima tropical é classificado por Koppen como Cwa - clima subtropical/clima tropical de altitude (chuvas no verão).

O Brasil ocupa posição de destaque no que se refere à produção de cana-de-açúcar e derivados, isso graças à realização de políticas estatais para incentivar a produção, como é o caso do Programa Nacional do Alcool - PROALCOOL (ALBINO; SANTOS, 2011).

O principal objetivo do PROALCOOL foi diminuir as importações de petróleo, tentando minimizar os problemas causados na matriz energética do país. Essa ação obteve grande sucesso na economia mundial, uma vez que foi uma forma de substituir o petróleo no abastecimento de veículos automotivos por derivados da cana-de-açúcar, para veículos movidos a álcool hidratado. Em 1968, houve uma significativa queda no preço do petróleo e o programa foi esquecido, voltando com total vigor em meados de 1990, quando foram iniciadas as guerras no Golfo e no Iraque, causando oscilação no preço do petróleo (INÁCIO; SANTOS, 2011).

A utilização do etanol vem tomando grandes proporções, tanto no mercado nacional quanto internacional, a fim de reduzir a utilização das matrizes energéticas não renováveis. “Na safra 2007/2008, as usinas brasileiras processaram 493,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produzindo 22,5 bilhões de litros de etanol e 30,8 milhões de toneladas de açúcar” (AGUIAR, 2009, p. 9).

Para Michelotto (2008), o Brasil tem se destacado na produção de cana-de-açúcar no espaço mundial. De acordo com a tabela 1, é possível perceber que o Brasil

Figura 1- Localização da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG

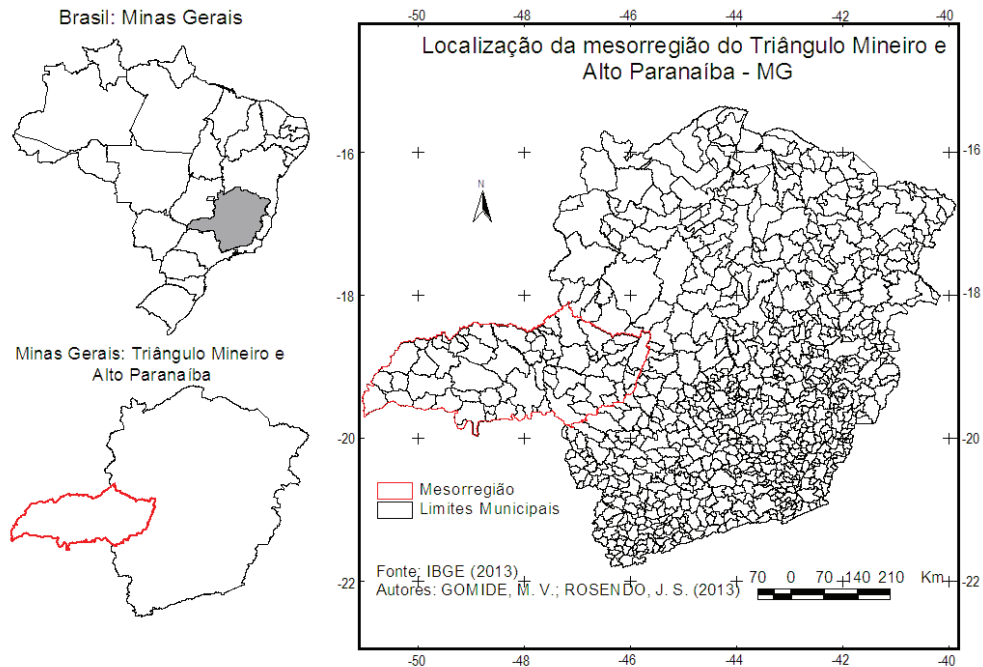
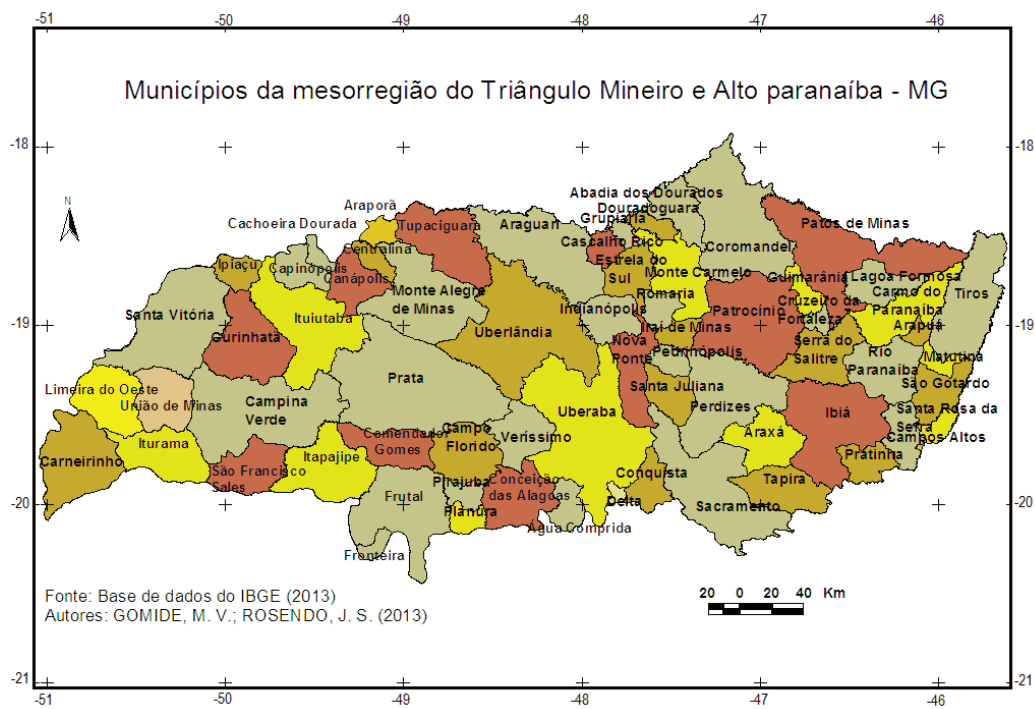


Figura 2- Municípios da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG



ocupa o primeiro lugar do *ranking* dos países produtores de cana-de-açúcar no ano 2010.

São muitas as polêmicas em torno do cultivo da cana-de-açúcar. É possível citar alguns exemplos que incluem questões sociais, como contratação e migração de trabalhadores temporários para o corte manual da cana queimada, questões ambientais e a diminuição da produção de alimentos, como consequência da conversão de áreas agrícolas em cultivo da cana. Albino e Santos (2011) demonstraram que vários hectares destinados às culturas anuais (como soja, milho, etc.) e pastagens deixaram de existir no Triângulo Mineiro com a chegada intensiva da cana.

Tabela 1- Principais países produtores de cana-de-açúcar (2010)

| <b>País</b>           | <b>Área sob Plantio (ha) 2010</b> |
|-----------------------|-----------------------------------|
| <b>Brasil</b>         | 717.462.000                       |
| <b>Índia</b>          | 292.300.000                       |
| <b>China</b>          | 111.454.359                       |
| <b>Thailândia</b>     | 68.807.800                        |
| <b>México</b>         | 50.421.600                        |
| <b>Paquistão</b>      | 49.372.900                        |
| <b>Colômbia</b>       | 38.500.000                        |
| <b>Austrália</b>      | 31.457.000                        |
| <b>Philipinas</b>     | 34.000.000                        |
| <b>Argentina</b>      | 25.000.000                        |
| <b>Indonésia</b>      | 24.450.000                        |
| <b>Estados Unidos</b> | 24.820.600                        |
| <b>Guatemala</b>      | 22.216.700                        |
| <b>Africa do Sul</b>  | 16.015.600                        |
| <b>Vietnã</b>         | 15.946.800                        |
| <b>Egito</b>          | 15.708.900                        |
| <b>Cuba</b>           | 11.300.000                        |
| <b>Peru</b>           | 9.660.900                         |
| <b>Venezuela</b>      | 8.907.670                         |

Fonte: FAO (2012).

É no Cerrado brasileiro que a atividade canavieira encontra áreas para sua expansão, principalmente substituindo a pecuária e o cultivo de grãos. Zanzarini et al. (2009) revelaram que a expansão da cana-de-açúcar, no interior do Brasil, mais especificamente no Triângulo Mineiro, é alicerçada pelo planejamento de construção de Usinas sucroalcooleiras.

A expansão canavieira em Minas Gerais, entre a safra 2005/2006 até a safra 2011/2012, é apresentada na tabela 2.

Com o aumento no preço do combustível fóssil, iniciado no ano de 2000, e a pressão ambientalista devido ao aquecimento global, o etanol ganhou importância. Nesta década foi considerável o número de carros produzidos movidos a biocombustível (CAMPOS, 2011). Na pesquisa realizada por Reis e Brito (2011), que mapeou a produção de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em 1999 e 2008, foi averiguado um aumento de produção de aproximadamente 119%. Esses dados revelaram um aumento de 226.482,5 ha (em 1999) para 495.926,4 ha (em 2008). A tabela 3 demonstra essa expansão na área de pesquisa.

Para Barbosa et al. (2011), o avanço da cana-de-açúcar é favorável para o país, contribuindo com a geração de energia limpa:

Nesse sentido, são muitos os argumentos favoráveis à expansão da cana-de-açúcar no Brasil, e esse é um fato que pode ser observado inclusive na mídia, que destaca a possibilidade de geração de energia limpa a partir do etanol. Esses argumentos encontram terreno fértil num contexto de grandes preocupações com as questões ambientais que assolam o planeta (BARBOSA et al., 2011, p. 23).

Diante do exposto, fica evidente a necessidade do monitoramento e acompanhamento da produção da cana-de-

Tabela 2 - Área total ocupada pela cana-de-açúcar, em Minas Gerais, desde a safra 2005/2006 até a safra 2011/2012

| Safra     | Área Total (ha) |
|-----------|-----------------|
| 2005/2006 | 308.822         |
| 2006/2007 | 368.462         |
| 2008/2009 | 615.048         |
| 2009/2010 | 706.067         |
| 2010/2011 | 763.837         |
| 2011/2012 | 828.204         |

Fonte: CANASAT (2012).

açúcar no país, cujo cultivo está associado a grandes investimentos para o Brasil.

### Geotecnologias aplicadas ao monitoramento agrícola

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que, juntos constituem poderosas ferramentas para a tomada de decisões (ROSA, 2005), incluindo os sistemas de informação geográfica, a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global e a topografia.

O Geoprocessamento é definido por Câmara e Medeiros (1998) como “uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas”. O Sensoriamento Remoto, segundo Novo (2008), consiste na utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, a partir do registro e da análise das

Tabela 3 - Expansão da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba de 2000 a 2009 (ha)

| Anos | Área Total (ha) |
|------|-----------------|
| 2000 | 126.500         |
| 2001 | 132.381         |
| 2002 | 118.636         |
| 2003 | 141.798         |
| 2004 | 165.352         |
| 2005 | 176.791         |
| 2006 | 251.920         |
| 2007 | 290.237         |
| 2008 | 381.804         |
| 2009 | 467.258         |

Fonte: IBGE, (2012).

Nota: Org.: Souza (2009 apud CAMPOS, 2011).

interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

As classificações automáticas são as formas mais tradicionais de tratamentos de imagens para os diferentes tipos de mapeamentos relacionados ao uso da terra (SILVA, et al., 2011). A classificação automática envolve o processamento computacional da imagem visando aglomerar conjuntos de *pixels* que possuem dados com informações semelhantes, sendo que o nível de semelhança depende da escolha do método classificador (modelo matemático) (CRUZ; RIBEIRO, 2008).

Segundo Correia et al. (2007), o classificador Bhattacharya se aplica sobre o resultado do processo de segmentação, ou seja, classifica-se um conjunto de pixels gerando áreas mais contínuas. De acordo com Ribeiro e Pereira (2008), esse método trabalha com a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades dessas classes para agrupar regiões.

Rudorff e Sugawara (2007) apontaram que o Brasil está entre os países pioneiros na utilização de imagens de satélites de sensoriamento remoto para o monitoramento dos recursos naturais, pois, desde 1973, o país possui antena de recepção para imagens dos satélites americanos da série Landsat. No âmbito agrícola, Rudorff et al. (2004) afirmaram que a principal limitação do emprego de imagens de sensoriamento remoto para aplicações em agricultura é, sem dúvida, a disponibilidade de imagens, livre de cobertura de nuvens.

Siqueira et al. (2007), relataram que a importância do mapeamento e do monitoramento das áreas agropecuárias está na disponibilização dos dados para fins de planejamento agrícola e controle ambiental, dentre outros. Nesse sentido, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do CANASAT (Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite), acompanha a produção/expansão da cana-de-açúcar no centro-sul do país por meio de imagens do satélite Landsat, CBERS e Resourcesat (CANASAT, 2013).

Mello et al. (2010), alcançaram bons resultados no mapeamento da cana-de-açúcar a partir da classificação automática de imagens de satélite multi-temporais. Aguiar et al. (2009) ressaltam que a metodologia do mapeamento da cana-de-açúcar só ocorrerá com excelência, obtendo imagens livres de nuvens durante o período de estudo.

Rudorff et al. (2004), apontaram benefícios provenientes do levantamento da área plantada com cana por imagens de satélite, quando comparados aos métodos subjetivos. Dentre eles, podemos destacar: a obtenção de mapas temáticos, contendo a distribuição espacial da cultura, uma informação importante no planejamento e

monitoramento do meio ambiente; maior confiabilidade e rapidez na obtenção das informações; a informação de área é obtida de feições concretas, observadas na imagem pelo analista; e o trabalho de campo para coleta de dados sobre a cultura é muito reduzido (RUDORFF et al., 2004).

Diante do exposto, fica evidente a importância dos dados de sensoriamento remoto e do emprego das técnicas de geoprocessamento para o ordenamento espacial, principalmente no âmbito agrícola, onde as mudanças de uso da terra possuem dinâmicas de expansão aceleradas.

## Material e Métodos

A metodologia de mapear a cana-de-açúcar por meio do sensoriamento remoto, já foi realizada por vários autores (RUDORFF et al., 2004; MELLO et al., 2010; REIS, L. N. G.; BRITO, J. L. S., 2011), os quais se tornaram referências metodológicas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Para facilitar a descrição da metodologia empregada, optou-se por explicá-la por etapas, conforme descrito a seguir:

1ª etapa: elaboração do referencial teórico sobre o tema da pesquisa por meio de artigos científicos em revistas especializadas, livros e consulta aos bancos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite (CANASAT);

2ª etapa: aquisição, no site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), das imagens do sensor TM/Landsat5, que possui resolução espacial de 30m, adquiridas em Junho de 2011 (Tabela 4). A escolha das datas se deu em consequência da ausência de nuvens que ocorre no período de estiagem no cerrado (de maio a outubro);

Tabela 4 - Imagens do satélite Landsat utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG

| Sensor/Satélite | Órbitas/Pontos (O/P) | Datas de passagem/Satélite | Resolução espacial (m) | Resolução Radiométrica |
|-----------------|----------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| TM/Landsat 5    | 219/73               | 24/06/2011                 | 30                     | 8 bits                 |
|                 | 219/74               | 24/06/2011                 |                        |                        |
|                 | 220/73               | 15/06/2011                 |                        |                        |
|                 | 220/74               | 15/06/2011                 |                        |                        |
|                 | 221/73               | 22/06/2011                 |                        |                        |
|                 | 221/74               | 22/06/2011                 |                        |                        |
|                 | 222/73               | 15/07/2011*                |                        |                        |
|                 | 222/74               | 15/07/2011*                |                        |                        |

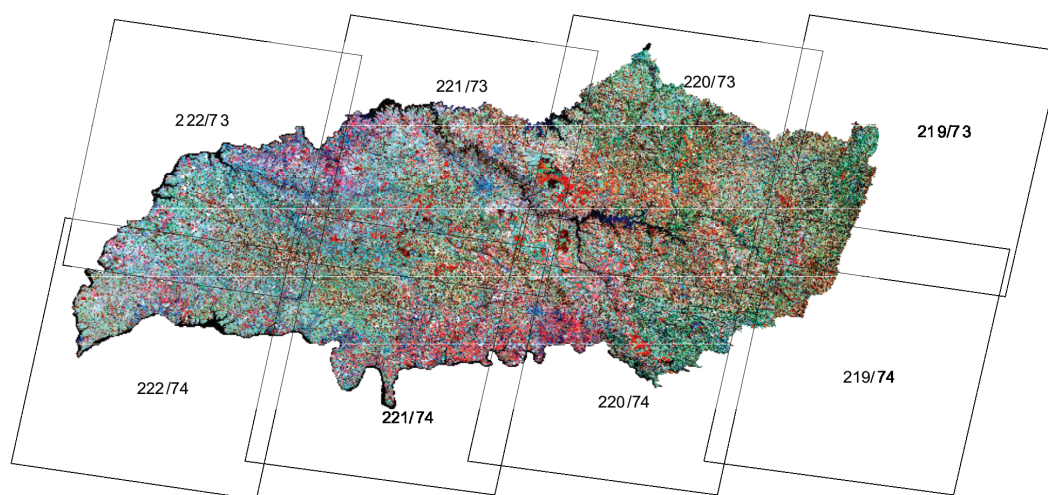
Fonte: Org.: (ROSENDO, J. S., 2012).

Nota: \*Optou-se por imagens do mês de Julho, devido à indisponibilidade das imagens do mês de Junho livre de nuvens.

3ª etapa: o processamento das imagens de satélite iniciou-se pelo seu georreferenciamento, mosaicagem e recorte da área de interesse no *software* Envi 4.0. Em seguida, foi realizada a composição colorida 3B4R5G e a aplicação da técnica de contraste linear no *software* Spring 5.1.8 (Figura 3);

4ª etapa: ainda utilizando o *software* Spring 5.1.8, aplicou-se a técnica de segmentação de imagens, com valores de similaridade e área 80. Por não existir um valor padrão para definir a similaridade e a área, após vários testes, esses valores foram considerados os melhores;

Figura 3- Imagens do Sensor TM/Landsat5 que compreendem o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG (2011).



Fonte: Org.: (ROSENDO, J. S., 2012).



5ª etapa: elaboração de uma chave de fotointerpretação para auxiliar a interpretação das imagens de satélite e a identificação das áreas ocupadas com cana-de-açúcar, em seus vários estágios de crescimento e sistemas de manejo, bem como outros usos como áreas urbanas, culturas anuais e pastagens (Figura 4);





6ª etapa: o treinamento foi feito a partir da identificação de três classes de uso: cana-de-açúcar, vegetação natural e outros usos (que incluem áreas urbanas, culturas anuais, pastagens, etc.). A escolha dessas classes se deu em virtude da necessidade de se separar a cana-de-açúcar de outros usos, pois o objetivo foi mapear apenas a cana-de-açúcar. Dessa forma,

reduziu-se a confusão entre a classificação da mesma com alvos cuja reflectância são semelhantes. A classificação automática foi realizada a partir do algoritmo de Bhattacharya, disponível no *software* Spring 5.1.8;

7ª etapa: foram realizados trabalhos de campo na área de pesquisa, em junho de 2012, com o intuito de identificar áreas onde havia dúvidas com relação ao mapeamento;

8ª etapa: a correção dos erros de omissão e comissão do mapeamento foram feitos a partir da utilização dos dados do CANASAT, de trabalhos de campo e da visualização de imagens de satélite com resolução espacial maior (Google Earth);

Figura 4 - Chave de fotointerpretação do mosaico das Imagens TM/Landsat para a mesorregião do Triângulo Mineiro

| <b>Categorias mapeadas</b>                              | <b>Padrões característicos de Interpretação</b>                    | <b>Amostra da composição colorida 3B4R5G</b>  |
|---|--|---|
| Cana-de-açúcar adulta                                   | Cor Vermelha, textura lisa e forma geométrica                      |  |
| Cana-de-açúcar colhida mecanicamente                    | Cor verde claro ou branco, textura lisa e forma geométrica         |  |
| Cana-de-açúcar colhida manualmente (depois de queimada) | Cor azul escuro, textura regular, forma geométrica                 |  |
| Vegetação Natural                                       | Variados tons de vermelho escuro; textura rugosa; forma irregular. |  |

Fonte: Org.: (GOMIDE, M.V.; ROSENDO, J. S., 2012).

9ª etapa: o mapeamento da conversão do uso da terra em cana-de-açúcar foi possível a partir da utilização dos dados do mapeamento do projeto PROBIO, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com Universidades Federais como UFU, UFG e EMBRAPA. Dessa forma, foram utilizados dados vetoriais (arquivos no formato *shapefile*) do uso da terra do ano de 2002. De posse desses dados, foram selecionadas apenas as áreas onde a cana-de-açúcar foi identificada no mapeamento realizado por esta pesquisa no ano de 2011.

### Resultados e Discussão

O mapeamento, por meio da classificação automática de Bhattacharya, identificou que a cana-de-açúcar ocupou

889.155 ha no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba no ano de 2011 (Figura 5 e Tabela 5). Ao levarmos em consideração que a Mesorregião possui área total de 9.081.629 ha, é possível concluir que o cultivo da cana-de-açúcar ocupa 9,79 % da área total.

A análise dos dados obtidos demonstra maior intensidade de ocupação da cana nas porções centro sul, extremo oeste e noroeste do mapa (Figura 5). A porção leste da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba possui algumas áreas isoladas com o cultivo, de modo que não há, ainda, produção significativa dessa cultura.

Os dados apresentados na tabela 5 apontam que, dos 66 municípios que compõem a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, 44 produzem cana-de-açúcar. Desse total, 10 municípios

Figura 5- Mapa do cultivo da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em 2011

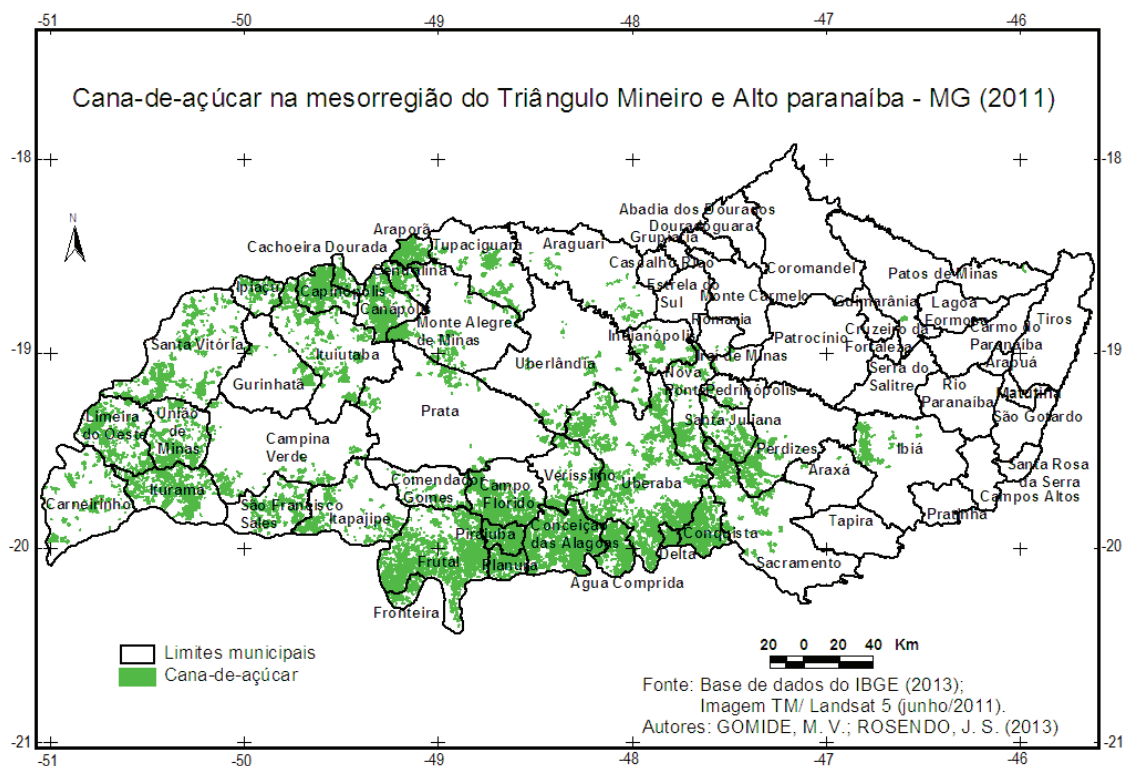


Tabela 5- Cana-de-açúcar nos municípios do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG (área e %), dados obtidos com o mapeamento desta pesquisa

(continua)

| Municípios            | Cana-de-açúcar (ha) | Extensão territorial do município (ha) | % de cana-de-açúcar no município |
|-----------------------|---------------------|--|----------------------------------|
| Água Comprida         | 24.918              | 49.223,00                              | 50,62                            |
| Araguari              | 4.544               | 274.408                                | 1,66                             |
| Araporã               | 13.152              | 29.588                                 | 44,45                            |
| Araxá                 | 860                 | 117.006                                | 0,74                             |
| Cachoeira Dourada     | 5.464               | 20.344                                 | 26,85                            |
| Campina Verde         | 13.808              | 366.316                                | 3,77                             |
| Campo Florido         | 40                  | 127.100                                | 0,03                             |
| Canápolis             | 29.631              | 84.333                                 | 35,14                            |
| Capinópolis           | 26.889              | 62.522                                 | 43,01                            |
| Carneirinho           | 12.301              | 207.435                                | 5,93                             |
| Centralina            | 6.305               | 32.895                                 | 19,17                            |
| Comendador Gomes      | 8.093               | 104.327                                | 7,76                             |
| Conceição das Alagoas | 69.249              | 133.921                                | 51,7                             |
| Conquista             | 26.957              | 62.003                                 | 43,48                            |
| Delta                 | 5.266               | 10.230                                 | 51,47                            |
| Fronteira             | 6.248               | 20.357                                 | 30,69                            |
| Frutal                | 87.880              | 242.910                                | 36,18                            |
| Gurinhata             | 5.538               | 185.446                                | 2,99                             |
| Ibiá                  | 8.994               | 270.951                                | 0,43                             |
| Indianópolis          | 6.206               | 83.613                                 | 7,42                             |
| Ipiaçu                | 9.426               | 47.063                                 | 20,03                            |
| Irai de Minas         | 1.321               | 35.894                                 | 3,68                             |
| Itapajipe             | 18.001              | 180.342                                | 9,98                             |
| Ituiutaba             | 28.302              | 260.463                                | 10,87                            |
| Iturama               | 37.157              | 468.760                                | 7,93                             |
| Limeira do Oeste      | 31.502              | 132.072                                | 23,85                            |
| Monte Alegre de Minas | 18.122              | 260.422                                | 6,96                             |
| Nova Ponte            | 18.285              | 110.902                                | 16,49                            |
| Patos de Minas        | 770                 | 319.726                                | 0,24                             |
| Pedrinópolis          | 2.289               | 36.070                                 | 6,35                             |
| Perdizes              | 17.244              | 245.206                                | 7,03                             |
| Pirajuba              | 20.031              | 33.798                                 | 59,26                            |
| Planura               | 13.627              | 31.766                                 | 42,90                            |
| Prata                 | 11.469              | 486.593                                | 2,36                             |

Tabela 5- Cana-de-açúcar nos municípios do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG (área e %), dados obtidos com o mapeamento desta pesquisa

|                               |         |         | (conclusão) |
|-------------------------------|---------|---------|-------------|
| <b>Romaria</b>                | 381     | 40.795  | 0,93        |
| <b>Sacramento</b>             | 22.081  | 307.914 | 7,17        |
| <b>Santa Juliana</b>          | 13.414  | 73.033  | 18,37       |
| <b>Santa Vitória</b>          | 39.617  | 301.099 | 13,16       |
| <b>São Francisco de Sales</b> | 19.300  | 112.993 | 17,08       |
| <b>Tupaciguara</b>            | 14.674  | 182.388 | 8,05        |
| <b>Uberaba</b>                | 102.709 | 453.577 | 22,64       |
| <b>Uberlândia</b>             | 9.639   | 41.204  | 23,39       |
| <b>União de Minas</b>         | 21.580  | 115.323 | 18,71       |
| <b>Veríssimo</b>              | 15.470  | 103.367 | 14,97       |
| <b>Total</b>                  | 889.155 |         |             |

Fonte: Org.: (GOMIDE, M.V., 2012).

apresentam mais de 30% de sua extensão territorial ocupada pela cana. É o caso de Água Comprida, com 50,62% (24.918 ha); Araporã, com 44,45% (13.152 ha); Canápolis, com 35,14% (29.631 ha); Capinópolis, com 43,01% (26.889 ha); Conceição das Alagoas, com 51,7% (69.249 ha); Conquista, com 43,48% (26.957 ha); Delta, com 51,47% (5.266 ha); Fronteira, com 30,69% (6.248 ha); Frutal, com 36,18% (87.880 ha); Pirajuba, com 59,26% (20.031 ha) e Planura, com 42,90% (13.627 ha).

Com base no exposto, verifica-se que, com exceção dos municípios de Canápolis e Capinópolis, todos os outros, ou fazem fronteira, ou são muito próximos da fronteira com o estado de São Paulo. Essa pode ser a constatação para a elevada produção de canas nesses municípios.

Chama atenção o fato de que alguns municípios possuem mais de 40% de sua extensão territorial ocupada pela monocultura e são estes: Água Comprida, 50,62%; Araporã, 44,45%; Capinópolis, 43,01%; Conceição das Alagoas, 51,7%; Conquista, 43,48%; Delta, 51,47%; Pirajuba,

59,26%, e Planura, 42,90 %. Pela análise da tabela 5, conclui-se que os municípios que mais produziram cana-de-açúcar em 2011 foram Uberaba, com aproximadamente 102.000 ha; Frutal, com 87.000 ha, e Conceição das Alagoas, com 69.000 ha.

Os dados alcançados com esta pesquisa foram comparados aos do IBGE (2010) e CANASAT (safra 2011/2012 e 2012/2013), para averiguar se as quantidades mapeadas são compatíveis com as divulgadas por esses órgãos (Tabela 6).

Comparando os dados do IBGE 2010, CANASAT (safra 2011/2012 e 2012/2013) com os dados deste mapeamento (Tabela 5), nota-se que municípios como Arapuá, Cruzeiro da Fortaleza, Douradoquara, Guimarânia, Lagoa Formosa, Matutina, Patrocínio, Rio Paranaíba, Santa Rosa da Serra, São Gotardo, Serra do Salitre, Tapira e Tiros possuíam uma pequena quantidade de cana-de-açúcar em 2010, e, ao contrário do que se esperava, seguiram o fluxo inverso, deixando de produzir cana-de-açúcar nos anos seguintes.

Analisando a tabela 6, é possível verificar uma diferença no total de hectares

Tabela 6 - Cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, dados do IBGE em 2010, CANASTA nas safras de 2011/2012 e 2012/2013 e dados com o mapeamento desta pesquisa (2011)

(continua)

| Municípios            | IBGE<br>2010 | CANASAT<br>2011/2012 | CANASAT<br>2012/2013 | Esta pesquisa<br>(2011) |
|-----------------------|--------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Água Comprida         | 19.500       | 18.853               | 19.269               | 24.918                  |
| Araguari              | 4.000        | 2.201                | 2.193                | 4.544                   |
| Araporã               | 7.500        | 11.035               | 11.281               | 13.152                  |
| Arapuá                | 5            | 0                    | 0                    | 0                       |
| Araxá                 | 550          | 1.183                | 1.476                | 860                     |
| Cachoeira Dourada     | 1.600        | 1.070                | 1.056                | 5.464                   |
| Campina Verde         | 9.520        | 10.131               | 12.144               | 13.808                  |
| Campo Florido         | 17.500       | 31.868               | 34.257               | 40                      |
| Canápolis             | 29.000       | 23.077               | 22.727               | 29.631                  |
| Capinópolis           | 8.450        | 10.089               | 9.806                | 26.889                  |
| Carneirinho           | 7.000        | 7.627                | 10.264               | 12.301                  |
| Centralina            | 5.050        | 3.466                | 3.334                | 6.305                   |
| Comendador Gomes      | 1.000        | 5.254                | 6.407                | 8.093                   |
| Conceição Das Alagoas | 40.000       | 49.135               | 50.913               | 69.249                  |
| Conquista             | 15.000       | 20.371               | 20.669               | 26.957                  |
| Cruzeiro Da Fortaleza | 14           | 0                    | 0                    | 0                       |
| Delta                 | 3.000        | 4.306                | 4.852                | 5.266                   |
| Douradoquara          | 10           | 0                    | 0                    | 0                       |
| Fronteira             | 5.290        | 4.564                | 4.591                | 6.248                   |
| Frutal                | 30.689       | 64.775               | 69.292               | 87.880                  |
| Guimarânia            | 5            | 0                    | 0                    | 0                       |
| Gurinhata             | 4.000        | 4.720                | 5.772                | 5.538                   |
| Ibiá                  | 10.000       | 9.313                | 9.108                | 8.994                   |
| Indianópolis          | 1.500        | 2.222                | 2.222                | 6.206                   |
| Ipiacu                | 4.750        | 6.237                | 5.489                | 9.426                   |
| Iraí De Minas         | 0            | 798                  | 797                  | 1.321                   |
| Itapagipe             | 9.000        | 14.410               | 16.213               | 18.001                  |
| Ituiutaba             | 24.000       | 22.320               | 23.492               | 28.302                  |
| Iturama               | 30.900       | 31.785               | 33.461               | 37.157                  |
| Lagoa Formosa         | 45           | 0                    | 0                    | 0                       |
| Limeira Do Oeste      | 18.000       | 25.717               | 26.423               | 31.502                  |
| Matutina              | 90           | 0                    | 0                    | 0                       |
| Monte Alegre De Minas | 9.500        | 10.160               | 12.884               | 18.122                  |
| Nova Ponte            | 1.500        | 7.677                | 8.034                | 18.285                  |
| Patos De Minas        | 911          | 912                  | 895                  | 770                     |

Tabela 6 - Cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, dados do IBGE em 2010, CANASTA nas safras de 2011/2012 e 2012/2013 e dados com o mapeamento desta pesquisa (2011)

(conclusão)

|                               |         |         |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Patrocínio</b>             | 140     | 0       | 0       | 0       |
| <b>Pedrinópolis</b>           | 360     | 811     | 811     | 2.289   |
| <b>Perdizes</b>               | 12.200  | 13.528  | 17.051  | 17.244  |
| <b>Pirajuba</b>               | 14.000  | 15.598  | 15.290  | 20.031  |
| <b>Planura</b>                | 7.500   | 9.325   | 9.660   | 13.627  |
| <b>Prata</b>                  | 9.000   | 9.115   | 8.604   | 11.469  |
| <b>Rio Paranaíba</b>          | 50      | 0       | 0       | 0       |
| <b>Romaria</b>                | 0       | 132     | 132     | 381     |
| <b>Sacramento</b>             | 6.000   | 10.073  | 12.102  | 22.081  |
| <b>Santa Juliana</b>          | 10.700  | 7.134   | 9.894   | 13.414  |
| <b>Santa Rosa Da Serra</b>    | 45      | 0       | 0       | 0       |
| <b>Santa Vitória</b>          | 25.867  | 29.273  | 36.613  | 39.617  |
| <b>São Francisco De Sales</b> | 12.000  | 14.517  | 16.653  | 19.300  |
| <b>São Gotardo</b>            | 260     | 0       | 0       | 0       |
| <b>Serra Do Salitre</b>       | 35      | 0       | 0       | 0       |
| <b>Tapira</b>                 | 0       | 60      | 0       | 0       |
| <b>Tiros</b>                  | 61      | 0       | 0       | 0       |
| <b>Tupaciguara</b>            | 4.443   | 6.897   | 9.218   | 14.674  |
| <b>Uberaba</b>                | 46.000  | 69.854  | 80.525  | 102.709 |
| <b>Uberlândia</b>             | 900     | 2.993   | 5.160   | 9.639   |
| <b>União De Minas</b>         | 16.000  | 17.619  | 18.301  | 21.580  |
| <b>Veríssimo</b>              | 8.000   | 11.146  | 12.853  | 15.470  |
| <b>Total</b>                  | 492.440 | 623.351 | 682.186 | 889.155 |

Fonte: IBGE (2012); CANASAT (2012); GOMIDE, M.V. (2012).

de cana-de-açúcar estimado pelo IBGE (2010), que foi de 492.440 ha, e pelo CANASAT, na safra 2011/2012, com um total de 623.351 ha, ao passo que, na safra 2012/2013, esses números subiram para 682.186 ha. Neste trabalho, no entanto, foi mapeado um total de 889.155 ha. Em 2010, de acordo com os dados do IBGE, a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba possuía 5,42% de cana-de-açúcar, na safra de 2011/2012 do CANASAT a mesorregião tinha 6,86%; na safra de 2012/2013, 7,51%; já no mapeamento deste trabalho, constatou-se um total de 9,79 % de cana-de-açúcar.

As divergências entre as fontes de dados apresentadas na tabela 6 podem ser explicadas por alguns fatores. No caso dos dados do IBGE, a metodologia aplicada para a aquisição dos dados referentes à estimativa de áreas com o cultivo da cana-de-açúcar foi feita a partir da verificação com os proprietários das terras sobre o tamanho da área plantada, mediante questionários. Uma hipótese é que esta informação pode ser subestimada pelo proprietário, devido a questões tributárias e legais, como isenção da informação por receio do pagamento de imposto, fiscalização de certidão da terra, entre outras questões.

No que diz respeito aos dados do CANASAT, a diferença na data de aquisição das imagens foi uma primeira explicação a ser atribuída. Todavia, essa justificativa não pôde ser levada em consideração pelos seguintes motivos:

- primeiro, as imagens utilizadas nesta pesquisa foram de junho e julho, já o CANASAT utiliza imagens de setembro a março (RUDORFF et al., 2004). Dessa forma, mudanças no estágio fenológico da cana-de-açúcar teriam condições de serem identificadas pela análise temporal feita pelo CANASAT;

- segundo, levando-se em consideração que o CANASAT utiliza imagens de setembro a março, a hipótese de que uma possível expansão da área ocupada depois de junho de 2011 deveria tornar os dados mapeados pelo CANASAT superiores ao desta pesquisa, o que não ocorreu quando analisamos os dados da tabela 6. Ressalva-se que os dados do CANASAT e desta pesquisa foram de 623.351 ha e 889.155 ha, respectivamente, para 2011;

- terceiro, a comparação dos dados das safras 2011/2012 e 2012/2013 demonstrariam a conversão de novas áreas com cana-de-açúcar depois da aquisição das imagens de satélite (2011), no decorrer do período analisado pelo CANASAT. Todavia, essa expansão foi de cerca de 60.000 ha somente. Nesse sentido, mesmo passados quase dois anos do período de análise dessa pesquisa (2011), os dados do CANASAT para a safra 2012/2013 (682.186 ha) ainda são inferiores em 206.969 ha aos observados nesta pesquisa (889.155 ha).

Vale ressaltar que, no mapeamento realizado por Brito e Reis (2012), a área ocupada pela cana-de-açúcar alcançou 543.946 ha em 2009, enquanto os dados

do CANASAT, para a safra 2009/2010, estimaram o uso de 401.757 ha, ou seja, os dados da pesquisa também foram superiores aos do CANASAT.

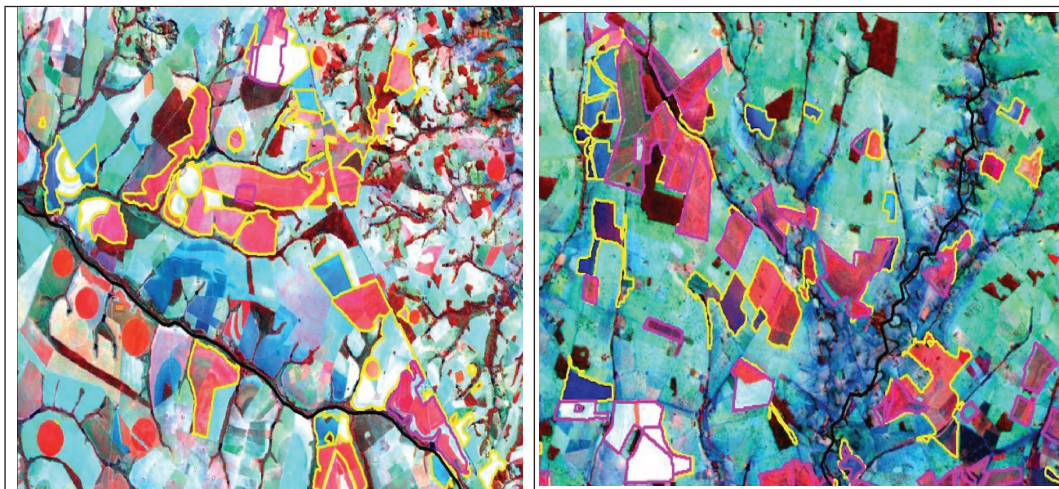
A conclusão a que se chega é a de que os dados do CANASAT podem estar subestimados, isso em consequência da metodologia de pesquisa empregada. Exemplos para ilustrar essa afirmação encontram-se representados na figura 6, na qual fica claro o mapeamento do CANASAT nos polígonos de cores rosa e o mapeamento desta pesquisa com os polígonos amarelos.

O mapeamento das mudanças de uso da terra em cana-de-açúcar foi feito a partir da utilização dos dados do mapeamento do PROBIO/MMA(2002) (realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal Goiás e EMBRAPA). Dessa forma, com os resultados do mapeamento da cana-de-açúcar realizado por esta pesquisa em 2011, gerou-se o mapa da conversão de uso da terra (tendo como base o ano de 2002 PROBIO) como visto a seguir, na figura 7.

Com o intuito de equiparar as legendas de mapeamento, as classes de uso da terra definidas pelo mapeamento PROBIO/MMA (SANO et al., 2010) foram agrupadas da seguinte forma: vegetação natural (incluiu todas as fitofisionomias do Cerrado), agricultura (todas as culturas anuais irrigadas ou não, culturas perenes, florestas plantadas e cana-de-açúcar) e pastagem. G (Figura 7).

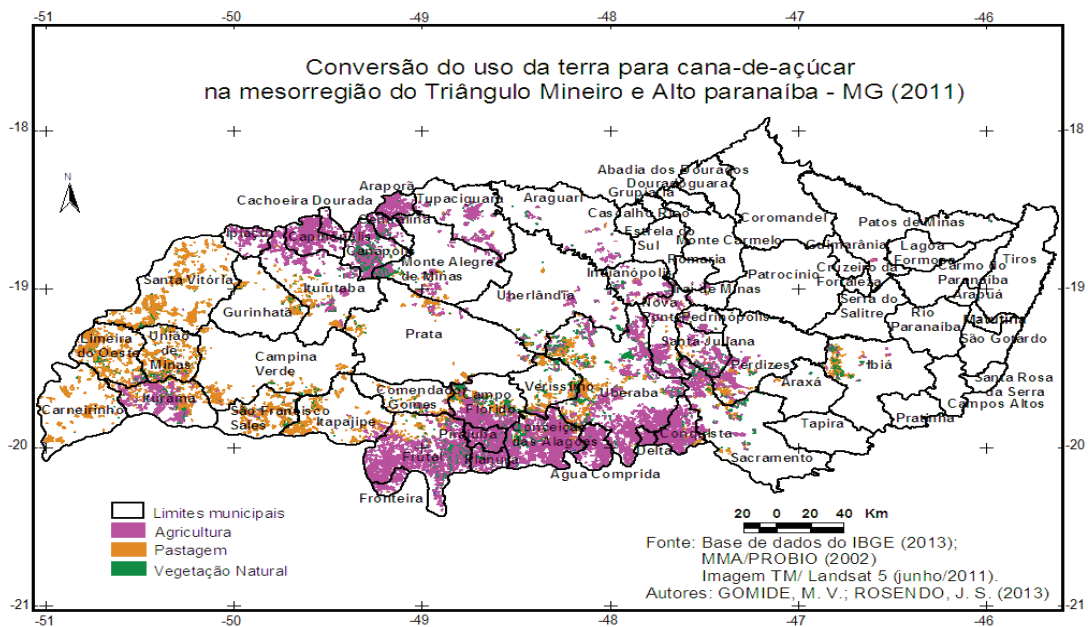
Os dados da tabela 7 foram gerados a partir do mapeamento da conversão de uso da terra (Figura 7). Dessa forma, fica evidente que o cultivo da cana-de-açúcar avançou cerca de 58.078 ha sobre áreas de vegetação natural (5,63%), 231.741 ha

Figura 6 - Exemplos de áreas mapeadas com cana-de-açúcar por esta pesquisa (linha amarela) e que não foram mapeadas pelo CANASAT (2011). As linhas rosa representam as áreas mapeadas pelo CANASAT e por esta pesquisa. Em a) localiza-se o limite municipal de Tupaciguara e Monte Alegre de Minas, e b) o limite municipal entre Itapagipe e Frutal



Fonte: Mapeamento do uso da terra realizado por (GOMIDE, M.V.; ROSENDO, J. S., 2013).

Figura 7 - Conversão do uso da terra para cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba/MG-2011



Fonte: Base de dados do IBGE (2013);  
MMA/PROBIO (2002)  
Imagem TM/ Landsat 5 (junho/2011).  
Autores: GOMIDE, M. V.; ROSENDO, J. S. (2013)



sobre pastagens (26,06%) e quase 600.000 ha sobre agricultura (67,41%).

Observa-se que 26,06% da área ocupada com pastagens, em 2002, foram substituídos por cana-de-açúcar em 2011. Com relação à agricultura, 67,41% da área foi convertido para cana em 2011. Esse é um dado que remete à preocupação quanto à redução de área para produção de alimentos e vai de encontro aos dados apresentados por Castro et al. (2010) em sua pesquisa, na qual as áreas de cana-de-açúcar ocuparam em maiores proporções as áreas destinadas ao cultivo de alimentos.

No entanto, deve-se fazer uma ressalva com relação aos dados da agricultura, pois o mapeamento do PROBIO/MMA (utilizado como base para o mapa de mudanças de uso da terra em 2002) não separou a cana-de-açúcar das culturas temporárias ou perenes, procedimento que não foi reproduzido nesta pesquisa, ao separá-la das culturas anuais como soja, milho, sorgo, etc. Como o foco da pesquisa é averiguar o avanço da produção de cana, optamos por separá-la das demais culturas devido à importância que o dado representa.

Por entender que esse dado interfere diretamente nas estimativas das mudanças de uso da terra, foram selecionados os municípios com produção de cana-de-açúcar

em 2011, para consulta da produção agrícola nos dados do IBGE, censo do ano 2000 (Tabela 8). Esses dados apontaram que, no ano 2000, 145.528 ha já estavam ocupados por cana-de-açúcar na área de pesquisa. Dessa forma, considera-se que, efetivamente, a cana-de-açúcar avançou sobre 453.808 ha no ano de 2011.

De acordo com os dados apresentados pelo IBGE, CANASAT e através do mapeamento realizado nesta pesquisa, entende-se que a área de cultivo da cana-de-açúcar, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG, tem aumentado significativamente em um processo acelerado de expansão. Isto é decorrente, principalmente, dos incentivos fiscais disponibilizados à produção dessa cultura, e do próprio agronegócio que torna a cana-de-açúcar e seus derivados significativos para a economia do país.

Ficou evidente que a cana tem avançado sobre áreas antes ocupadas por culturas anuais e pastagens, a primeira em maior proporção que a segunda. Isso leva a crer que áreas de matas e vegetações naturais não estão sendo afetadas a “grande modo” ou em “primeira escala” pela expansão da produção da cana. Lembrando que a cultura no período de 2002 a 2011 avançou em 58.078 ha sobre áreas verdes (vegetação natural), como visto no mapa de conversão do uso do solo, contra 599.336 ha ocupados em áreas já destinadas à agricultura. Esses dados nos revelam que se pode estar criando uma conscientização da parte dos proprietários de terras sobre o código florestal, legislação ambiental, preservação, em geral.

Notou-se por esta pesquisa, que pode vir a existir uma prevalência da monocultura da cana, na região, contribuindo com o agronegócio, como já mencionado. Entretanto, isso pode causar problemas com

Tabela 7 - Conversão do uso da terra para cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG

| Uso da Terra             | Área (ha) | Área (%) |
|--------------------------|-----------|----------|
| <b>Vegetação natural</b> | 58.078    | 6,53     |
| <b>Agricultura</b>       | 599.336   | 67,41    |
| <b>Pastagem</b>          | 231.741   | 26,06    |
| <b>Total</b>             | 889.155   | 100,00   |

Fonte: PROBIO/MMA (2002).

Tabela 8 - Municípios do Triângulo Mineiro Alto Paranaíba com cana-de-açúcar em IBGE 2000

| <b>Municípios do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba com maior produção de cana-de-açúcar</b> | <b>Cana-de-açúcar em 2000 (ha)</b> |
|--|------------------------------------|
| Água Comprida  | 4.000                              |
| Araporã  | 6.300                              |
| Campo Florido  | 800                                |
| Canápolis  | 25.000                             |
| Capinópolis  | 20                                 |
| Carneirinho  | 470                                |
| Carneirinho  | 470                                |
| Centralina   | 1.500                              |
| Comendador Gomes   | 20                                 |
| Conceição das Alagoas  | 15.000                             |
| Conquista  | 11.000                             |
| Delta  | 6.500                              |
| Fronteira  | 4.100                              |
| Frutal   | 3.600                              |
| Gurinhata  | 20                                 |
| Ibiá   | 650                                |
| Ipiacu   | 15                                 |
| Ituiutaba  | 500                                |
| Iturama  | 19.608                             |
| Iturama  | 19.608                             |
| Limeira do Oeste   | 2.502                              |
| Monte Alegre de Minas  | 2.000                              |
| Patos de Minas   | 20                                 |
| Pedrinópolis   | 10                                 |
| Perdizes   | 20                                 |
| Pirajuba   | 6.280                              |
| Planura  | 2.000                              |
| Sacramento   | 500                                |
| Sacramento   | 500                                |
| Santa Juliana  | 15                                 |
| Santa Vitória  | 40                                 |
| São Francisco de Sales   | 125                                |
| São Francisco Sales  | 125                                |
| Tupaciguara  | 3.450                              |
| Uberaba  | 5.000                              |
| União de Minas   | 3.180                              |
| Veríssimo  | 600                                |
| <b>Total</b>   | <b>145.528</b>                     |

Fonte: IBGE (2000).

relação à demanda de alimentos, extinguindo a produção de outras culturas, destinadas à alimentação local e regional, sendo necessária a importação de determinados produtos em outras regiões. Vale lembrar que a monocultura se tratando da cana-de-açúcar, pode vir a trazer riscos de empobrecimento para o solo, se plantada continuamente.

Os impactos causados pelo cultivo da cana-de-açúcar são gerados tanto no meio ambiente quanto no meio social, sendo de suma importância a avaliação e o monitoramento das áreas que sua expansão alcança.

## Conclusão

Com este trabalho, foi possível verificar que a produção de cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba tem se intensificado de maneira rápida nos últimos anos, como consequência da demanda pelo etanol no Brasil e no mundo, por se tratar de um combustível limpo.

As técnicas de geoprocessamento associadas aos dados de sensoriamento remoto são fundamentais para esse tipo de mapeamento, a fim de compreender o espaço geográfico e, conseqüentemente, a tomada de decisões com relação ao planejamento e ocupação de novas áreas de conversão

de cana-de-açúcar (SIQUEIRA, 2007; AGUIAR et. al., 2009; RUDORFF, 2004).

A metodologia aplicada neste trabalho mostrou-se satisfatória para o alcance dos objetivos propostos, pois a utilização de imagens de satélite com boa resolução espacial (TM/Landsat com 30 m), disponibilizadas gratuitamente no acervo do INPE, associadas às técnicas de geoprocessamento (presentes no *software* livre SPRING) foram fatores fundamentais para a realização da pesquisa. A correção dos erros do mapeamento foi tarefa crucial para a precisão do mapeamento, pois a cana-de-açúcar confunde-se com várias outras culturas. Sendo assim, é válido mencionar que os trabalhos de campo foram necessários para a confiabilidade dos resultados, uma vez que o Coeficiente Kappa obtido na validação do mapeamento foi 0,81 (considerado excelente).

O mapeamento realizado pelo PROBIO/MMA, em 2002, foi de suma importância para se compreender a conversão de uso da terra atualmente (2011), principalmente sobre áreas agrícolas, seguida da pastagem.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto (processo APQ-00242-11).

## Referências

ALBINO, K. C. F. G.; SANTOS, R. J. A geografia da cana-de-açúcar em Uberlândia e na região do Triângulo Mineiro. **Horizonte científico**, v.5, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/4291>>. Acesso em: 24 nov. 2012.

AGUIAR, D.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E. Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.440-451, 2009.

AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M.; CARVALHO, M. A. C. Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 9-16.

BARBOSA, R. R.; LUDWIG, M. P.; LORETO, M. D. S.; SOUSA, J. M. M. Agroindústria canavieira e desenvolvimento local na percepção de diferentes segmentos sociais, Bambuí, MG. Oikos: **Revista Brasileira de Economia Doméstica**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 230-256, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufv.br/seer/oikos/index.php/httpwwwseerufvbrseeroikos/article/view/29/50>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

BRITO, J. L. S.; REIS, L. N. G. Mapeamento das áreas de conversão do uso da terra para cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG por meio de imagens tm/landsat1. **Revista caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 170-186, 2012.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos de geoprocessamento. 2003. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. I. **Sistemas de Informações Geográficas**. Aplicações na Agricultura. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2003.

CAMPOS, N. L. Campesinato e Agronegócio: impactos sobre a terra e o trabalho rural no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Horizonte Científico**, v. 5, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/8090/7688>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

CANASAT. **Mapeamento da cana-de-açúcar via imagens de satélite de observação da Terra**. Aquisição de dados da expansão da cana-de-açúcar em Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em: 5 jun. 2012.

CASTRO, S. S.; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BÔRGES, V. M. S. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 171-191, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3712467>> Acesso em: 1 fev. 2013.

CLEPS JÚNIOR, J. **Dinâmica e estratégias do setor agroindustrial no cerrado**: o caso do Triângulo Mineiro. 1998. 291 f. Tese (Doutorado em Organização do Espaço) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1998.

CORREIA, V. R. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; WERNECK, G. L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, p.1015-1028, maio 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23n5/04.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Monitoramento agrícola**. 2012. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 25 maio 2012.

FARIA, A. H. **A expansão da cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (M.G.)**: o discurso da modernidade e as des-(re)-territorializações nos cerrados do municípios de Ibiá. 2011. 222 f.: il. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <[http://www.bdtf.ufu.br/tde\\_arquivos/15/TDE-2012-01-24T140432Z-2740/Publico/d.pdf](http://www.bdtf.ufu.br/tde_arquivos/15/TDE-2012-01-24T140432Z-2740/Publico/d.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cane, sugar and the environment**. 2012. Disponível em: <[http://www.fao.org/index\\_en.htm](http://www.fao.org/index_en.htm)>. Acesso em: 19 set. 2012.

GUIMARÃES, E. N. A Influência paulista na formação econômica e social do Triângulo Mineiro. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, 11., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. p. 56.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas políticos-administrativos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

\_\_\_\_\_. **Produção de cana-de-açúcar**. Censo Agropecuário 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

\_\_\_\_\_. **Produção de cana-de-açúcar**. Censo Agropecuário 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

\_\_\_\_\_. **Produção de cana-de-açúcar**. Censo Agropecuário 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

INÁCIO, J. B.; SANTOS, R. J. A expansão da cana-de-açúcar nos territórios de produtores tradicionais do Triângulo Mineiro-MG1. **Revista Percurso - NEMO** Maringá, v. 3, n. 2, p. 167-195, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/view/14416>> Acesso em: 3 fev. 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens Landsat/TM 5**. 2012. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

MARTINS, H. E. de P. Formação e desenvolvimento socioeconômico do Triângulo Mineiro. **Varia Historia**, Belo Horizonte, n. 19, p.164-182, nov. 1998.

MELLO, M. P.; RUDORFF, B. F. T.; VIEIRA, C. A. O.; AGUIAR, D. A. Comportamento espectro-temporal da cana-de-açúcar: uma nova proposta na distribuição espacial dos pontos de controle utilizados na interpolação de superfícies de resposta espectro-temporais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 271-278. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.19.02/doc/271-278.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2011.

MICHELOTTO, B. G. **Novos arranjos territoriais**. A expansão da cultura da cana-de-açúcar na região do Triângulo Mineiro – MG. 2008. 156 f.: il. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MMA/PROBIO. Ministério do Meio Ambiente / Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). **Aquisição dos dados do mapeamento do uso da terra no Cerrado em 2002**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>> Acesso em: 13 de Jan. 2012.

NISHIDA, W. **Uma rede neural artificial para classificação de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto**. 1998. 90 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/waleska/>>. Acesso em: 01 junho 2012.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3. ed. Revista e Ampliada, São Paulo: Edgard Blucher, , 2008.

OLIVEIRA, B. S.; SOARES, B.R. Cidades locais do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba/MG: algumas considerações. **Revista caminhos de geografia**, v.3, n. 5, fev. 2002. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia>>. Acesso em: 18 dez. 2012.

PEREIRA, M. F. M.; RIBEIRO, G. P. Mapeamento digital de zona urbana em Teresópolis (RJ), adjacente ao parque nacional da serra dos órgãos (parnaso), a partir de imagens ikonos II. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2., 2008, Recife. **Anais...** Recife: [S. I.], 2008. p. 8-11.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007. v.1, 127 p.

REIS, L. N. G.; BRITO, J. L. S. A expansão da cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo mineiro e Alto Paranaíba-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 6650. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0407.pdf>>. Acesso em: 1 jan. 2013.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p. 81-90, 2005.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 6.ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia: EDUFU, 1996.

ROSENDO, J. S. **Estoque de carbono nos solos da bacia do rio Araguari-MG: estimativas, modelagem e cenários**. 2010. 311 f.: il. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

RUDORFF, B.F.T.; BERKA, L.M.S.; MOREIRA, M.A.; DUARTE, V.; ROSA, V. G. C. INPE-11421-RPQ/762 **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2004/2005**. São José dos Campos: INPE, 2004.

RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M. Mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro Sul via imagens de satélites. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.241, p. 79-86. nov./dez. 2007.

SANTOS, A. R.; PELUZIO.; T. M. O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2 passo a passo: aplicações práticas**. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2010. v. 1. 153 p.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal no bioma Cerrado – Ano Base 2002**. Brasília, DF: MMA/SBF, 2010. 96 p.

SILVA, L. F.; BARBOSA, E. H. B.; NOGUEIRA, B. M.; BACANI, V. M. Análise do desempenho de classificadores semi-automáticos na detecção de mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nos municípios de Aquidauana e Anastácio-MS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., Curitiba, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6666-6673. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1179.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

SIQUEIRA, O. J. W.; BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; ALBA, J. M. F.; MIURA, A. K. Ocupação das terras e banco de dados geográficos para o desenvolvimento do Sul do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5525-5532. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.00.13/doc/5525-5532.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

SPRING. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **Computers & Graphics**, v. 20, n.3, p. 395-403, May-Jun, 1996. Versão 5.1.8.

ZANZARINI, R. M.; SANTOS, J. R.; ALBINO, K. G. A expansão da cana-de-açúcar no triângulo mineiro - uma análise das alterações de cultivo no município de Araguari, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. p. 23. Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo11/078.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/078.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2012.