

Mapeamento da área de cana-de-açúcar em Porto Xavier-RS por meio de imagens Landsat

Isaque Daniel Rocha Eberhardt¹

Rodrigo Rizzi²

Joel Risso³

Sérgio Leal Fernandes²

Renan Bernardy²

1- Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC/CNPQ – UFPel Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Campus Universitário S/N. Caixa Postal 354 - 96001-970 - Capão do Leão - RS, Brasil– isaquedanielre@yahoo.com.br

2– Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Campus Universitário S/N. Caixa Postal 354 - 96001-970 - Capão do Leão - RS, Brasil

rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br, slealfernandes@uol.com.br,

renanbernardy@yahoo.com.br

3 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Av. dos Astronautas, 1758. Caixa Postal 515-12227-010 – São José dos Campos - SP, Brasil

joelrisso@gmail.com

Abstract: Brazil leads sugarcane world production and it makes properly information on sugarcane acreage be particularly important for government, traders, and farmers. The aim of this paper was to use multitemporal images acquired by Thematic Mapper (TM) sensor onboard Landsat-5 spacecraft to identify and map sugarcane crop area in Porto Xavier municipality, Rio Grande do Sul (RS) State, Brazil. In order to define the most appropriate period to identify sugarcane fields we analyzed six images from October to June during crop year of 2008/2009. Sugarcane fields were mapped through a digital classification over the image acquired in early April followed by a careful process of visual interpretation using all six images. To map sugarcane fields in crop years 2006/2007 and 2007/2008, we used two images acquired in two key periods during sugarcane growing season (from mid January to late April) for each crop year. Results showed that multitemporal TM images are suitable to identify and map sugarcane fields in Porto Xavier-RS provided that at least two cloud free images are available within two key periods (between mid January and late February and early March to early May, respectively), and at least a two months interval from each other, when those fields are better discriminated over the images. By applying the methodology we could find a sugarcane crop area of 911, 966, and 747 hectares for crop years from 2006/2007 to 2008/2009, respectively.

Palavras-chave: Agricultural statistics, remote sensing, image interpretation, estatísticas agrícolas, sensoriamento remoto, interpretação de imagens.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar apresenta grande importância econômica para o agronegócio brasileiro, tendo gerado um faturamento bruto de US\$ 23 Bilhões para setor sucroenergético na safra 2008/2009 (UNICA, 2010). Para tanto, este setor utilizou para a produção uma área de 8,92 milhões de hectares, representando uma expansão de quase 100% em relação à safra 2000/2001 (MAPA, 2009). Somente o Estado de São Paulo deteve 4,87 milhões de hectares cultivados com a cultura, para a safra 2008/2009 (Rudorff et al., 2010).

Tal expansão deu-se também em regiões que anteriormente não apresentavam tradição de cultivo. Deste modo, as informações referentes à sua área cultivada são cada vez mais importantes para todos os integrantes da cadeia produtiva, pois auxiliam decisões acerca da comercialização, que interferem, em última instância, no preço final do açúcar e do etanol.

O Brasil é um país de dimensões continentais e com uma vocação inequívoca à produção agrícola. O país tem o seu levantamento de informações oficiais sobre a exploração agrícola em nível municipal baseado no Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Segundo Pino (1999), os levantamentos oficiais de estatística agrícola seguem um caráter subjetivo, o que reduz a confiabilidade dos dados levantados, além do longo período entre a aquisição e a disponibilização dos dados para direcionar a tomada de decisões. Como alternativa, vários estudos demonstram a possibilidade de identificação e estimativa da área plantada de cultivos agrícolas por meio da utilização de imagens de sensores orbitais, principalmente aquelas de média resolução espacial (Ippoliti-Ramilo et al., 2003; D'Arco et al., 2006).

Neste contexto, existe um programa de monitoramento de grande parte das áreas de cana da região Centro-Sul, realizado pela Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), chamado CANASAT (Rudorff et al., 2005). Este programa opera desde 2003 para o Estado de São Paulo e desde 2005 para os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás e gera informações sobre área cultivada por município a partir de imagens de média resolução espacial adquiridas por sensores orbitais.

No Rio Grande do Sul (RS), a cana ocupa cerca de 37 mil hectares (IBGE, 2010a). O estado conta com uma única usina produtora de etanol, instalada em 1985 no município de Porto Xavier, que produz em média apenas 2% do consumo anual do Estado, que correspondeu a 964 milhões de litros em 2009 (ANP, 2010). Neste contexto, foi estabelecido o Zoneamento Agroecológico da cana para o RS, indicando uma área de 1,52 milhões de hectares disponível ao cultivo, concentrada principalmente nas regiões Oeste e central do Estado (EMBRAPA, 2009). Tais condições têm atraído ao Estado investimentos no setor sucroenergético, como a construção de duas novas usinas, nos municípios de São Luiz Gonzaga e Rio Pardo (Governo do RS, 2010). Estes fatores, aliados ao provável incremento da demanda, apontam para um possível aumento na área cultivada com cana no estado.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi mapear e estimar a área plantada com cana no município de Porto Xavier/RS a partir de imagens multitemporais do sensor Thematic Mapper (TM), a bordo do satélite Landsat-5.

2. METODOLOGIA

A área de estudo corresponde ao município de Porto Xavier, localizado na porção Oeste do RS, com os limites políticos situados entre os meridianos O 55°17' e O 55°03' e os paralelos S 27°49' e S 28°02'. Na região em estudo, a cana apresenta o início do desenvolvimento na primavera (em virtude da elevação da temperatura), possuindo seu período de máximo desenvolvimento a partir de Abril. A colheita inicia-se entre o final de junho e o início de julho. Esta região apresenta ainda cultivos anuais, cujos períodos de crescimento são coincidentes ao da cana, principalmente a soja e o milho. Tais culturas apresentam o máximo desenvolvimento entre o final de janeiro e o início de março, dependendo da época de plantio e da duração do ciclo (Maluf et al., 2001; Rizzi e Rudorff, 2005). Quanto aos cultivos de inverno (principalmente trigo e forrageiras), a maior quantidade de biomassa verde é observada entre a segunda quinzena de junho e a primeira quinzena de agosto (Junges et al., 2007).

A identificação das lavouras de cana e a estimativa da área plantada foram realizadas para as safras 2006/2007 a 2008/2009, por meio da classificação digital e interpretação visual de imagens adquiridas pelo sensor TM, órbita 224 e ponto 79 do Worldwide Reference System-2 (WRS-2), obtidas gratuitamente junto ao INPE. As datas das imagens utilizadas para cada safra estão transcritas na Tabela 1.

Tabela 1. Datas de aquisição das imagens do sensor TM para cada safra.

Safras	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Classificação automática e interpretação visual			02/04/2009
			08/10/2008
	08/02/2007		27/12/2008
Interpretação Visual	29/04/2007	10/01/2008	13/02/2009
		14/03/2008	04/05/2009
			05/06/2009

O mapeamento de culturas agrícolas por meio de imagens de sensoriamento remoto está baseado nas características particulares das culturas de interesse e da região em estudo, considerando-se, principalmente, o período de máximo desenvolvimento fenológico, pois é quando as culturas estão bem caracterizadas e, portanto, melhor discriminadas nas imagens. Em função disso, a fim de efetuar o mapeamento da cana, escolheu-se, primeiramente, a safra 2008/2009, em que se dispunha de um maior número de imagens livres de cobertura de nuvens durante seu ciclo.

Inicialmente, as imagens foram georeferenciadas com base em um mapa de geo-objetos contendo as coordenadas geodésicas dos limites políticos municipais do Estado. Em seguida, a imagem adquirida em 02/04/2009, na qual a cana mostrou-se visualmente melhor caracterizada, foi submetida ao processo de segmentação (Schowengerdt, 1997), em que se utilizou um algoritmo denominado *crescimento de regiões* (Bins et al., 1996). Nesta fase, os limiares de similaridade e área foram definidos em cinco números digitais e 25 pixels (2,25ha), respectivamente. A segmentação foi realizada nas bandas espectrais centradas nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio do espectro eletromagnético, que correspondem às bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, respectivamente. Essas bandas foram escolhidas por serem as que melhor possibilitam a diferenciação entre os alvos presentes na região. Então, aplicou-se um algoritmo classificador que agrupa regiões espectralmente homogêneas em classes temáticas similares a partir de um limiar de aceitação (estabelecido aqui em 75%), chamado ISOSEG (Venturieri e Santos, 1998). O mapa temático oriundo da classificação automática foi submetido a uma criteriosa interpretação visual a partir das imagens adquiridas em todas as datas disponíveis (Tabela 1) (utilizando-se a composição colorida RGB543), de modo a corrigir os erros inerentes à classificação automática. Como resultado obteve-se um mapa temático contendo a localização das áreas de cana para a safra 2008/2009.

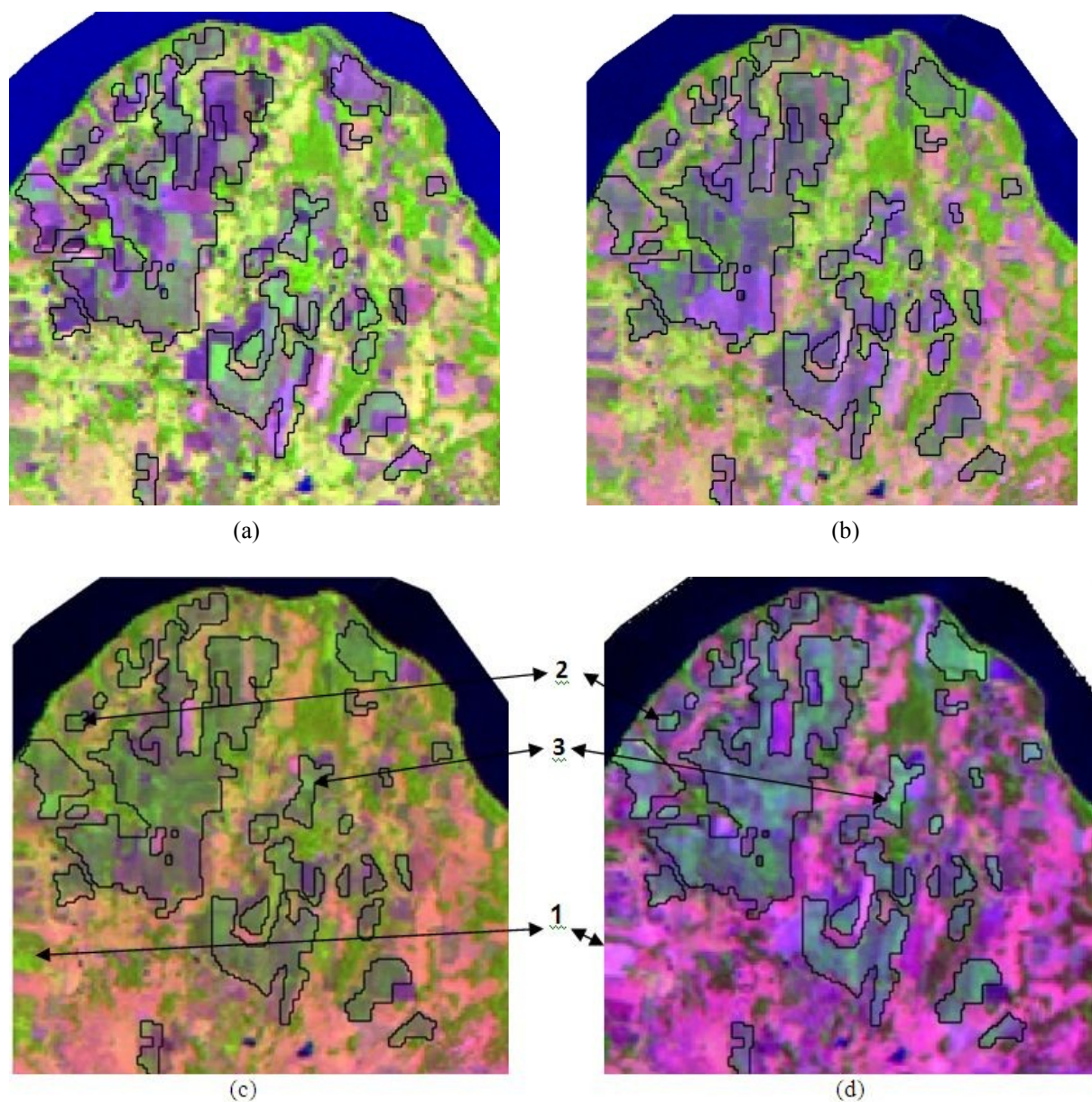
Além de corrigir os erros advindos da classificação automática, a interpretação visual foi particularmente importante para definir as datas-chaves a serem utilizadas no mapeamento das safras 2006/2007 e 2007/2008. Nessas safras, em virtude da pouca disponibilidade de imagens livres de nuvens durante o ciclo da cana, foram utilizadas somente duas imagens, adquiridas preferencialmente nas épocas mais favoráveis à identificação da cultura. Os mapas temáticos correspondentes a tais safras foram obtidos, então, por meio da interpretação visual, a partir da atualização do mapa da safra 2008/2009, sem o uso da classificação digital.

Finalmente, os mapas temáticos resultantes foram associados ao mapa vetorial representando os limites políticos do município de Porto Xavier para o cálculo da área cultivada com cana em todas as safras, que foi comparada aquela disponibilizada pelo IBGE.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação da cultura da cana na região em estudo para possibilitar seu mapeamento por meio das imagens Landsat apresenta peculiaridades que fazem jus a algumas assertivas. A

partir da safra 2008/2009, onde se obteve seis imagens livres de nuvens ao longo do ciclo da cana, foi possível realizar um detalhado acompanhamento da evolução do ciclo dos talhões de cana e dos principais cultivos agrícolas (soja e milho) que poderiam induzir a erros na identificação e no mapeamento da cana. Desta forma, foi possível fazer inferências a respeito das épocas preferenciais à aquisição das imagens para a diferenciação das áreas cultivadas com cana (polígonos delimitados na Figura 1) em relação aos demais cultivos agrícolas. Neste caso, até o início de fevereiro (imagem (c) de 13/02/2009) não se observa incremento considerável de biomassa nas áreas de cana, quando as imagens apresentam resposta espectral típica de pouca vegetação. Tal incremento só se observa a partir da imagem de 02/04/2009 (d) e se mantém até o período de aquisição da última imagem analisada, em 05/06/2009 (f).



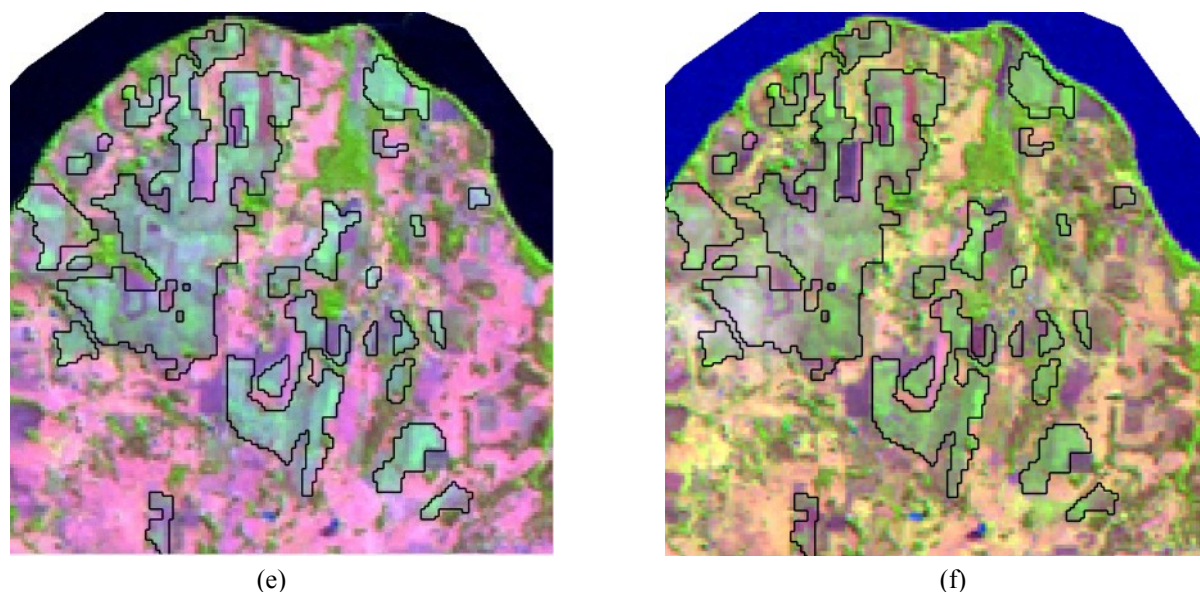


Figura 1. Imagens adquiridas pelo sensor TM/Landsat-5, composição colorida RGB 543, adquiridas em (a) 08/10/2008, (b) 27/12/2008, (c) 13/02/2009, (d) 02/04/2009, (e) 04/05/2009 e (f) 05/06/2009. As áreas delimitadas (exceto os subpolígonos) correspondem àquelas identificadas como cana.

Para que a cana seja espectralmente diferenciada da soja, é necessária a utilização de uma imagem adquirida na época em que ambas as culturas estejam em pleno desenvolvimento, quando estas apresentam respostas espectrais distintas nas bandas utilizadas na classificação digital e na composição colorida usada na interpretação visual (RGB543). Neste caso, a soja apresenta-se com tons de verde intenso e a cana-de-açúcar em tons de verde azulado (Figura 1 talhões 1(c) soja e 2 e 3 (d) cana), o que facilita sua diferenciação. Contudo, tal distinção não ocorre em relação ao milho (Sanches et al., 2005), visto que as culturas apresentam resposta espectral semelhante por ocasião do pleno desenvolvimento.

Entretanto, tanto a soja quanto o milho podem ser diferenciados da cana a partir de uma análise multitemporal. Conforme já foi mencionado, a cana só apresenta resposta espectral típica a partir de abril, que se mantém até meados de junho. Já as áreas de milho e soja são preferencialmente plantadas de outubro a dezembro e apresentam resposta espectral característica nas imagens de fevereiro/março e de palha ou cultura colhida em imagens de abril/maio. Tais fatores facilitam a diferenciação dessas culturas a partir da análise conjunta de imagens adquiridas em pelo menos dois períodos específicos, quando as culturas estão bem caracterizadas e facilmente identificáveis. Por exemplo, ao analisar-se um talhão apresentando características espectrais típicas da cultura da soja (talhão 1, Figura 1) (Rizzi e Rudorff, 2005), este se apresenta em pleno desenvolvimento na imagem de fevereiro (c) e com vegetação seca ou cultura colhida na imagem de abril (d). Nos talhões 2 e 3, verifica-se que a resposta espectral na imagem de fevereiro (c) é de pouca vegetação e na imagem de abril (d) é de vegetação verde abundante. A combinação destes fatores nestas datas indica boa probabilidade dos talhões 2 e 3 estarem cultivados com cana. Em relação às culturas de inverno, estas são preferencialmente implantadas a partir de junho e não seriam confundidas com as áreas de cana a partir da análise multitemporal.

Fica evidente que a diferenciação da cana tornou-se possível com a utilização da análise multiespectral e multitemporal das imagens, a fim de facilitar a diferenciação das áreas de cana (cultura semi-perene) em relação às demais culturas anuais de verão (soja e milho) e inverno (trigo e aveia). Em outras palavras, percebe-se que, muito embora as culturas nem sempre possuam respostas espectrais distintas nas bandas espectrais analisadas por ocasião do máximo desenvolvimento vegetativo, estas apresentam diferenças pronunciadas na duração dos respectivos ciclos fenológicos. O que possibilita sua discriminação por meio da

interpretação visual. Ademais, as áreas de cultivos anuais que estiverem plantadas fora do calendário preferencial de cultivo e que por ventura apresentem-se com vegetação verde estendendo-se desde janeiro até o período de março/abril, poderão ser discriminadas com o uso de uma imagem adquirida entre a segunda quinzena de janeiro e a segunda quinzena de fevereiro, pois neste período a cana ainda não apresenta resposta espectral característica nesta região.

O correto mapeamento e a estimativa de área plantada com cana no município de Porto Xavier/RS a partir das imagens TM dependem necessariamente da utilização de no mínimo duas imagens adquiridas em períodos específicos, uma delas entre a segunda quinzena de janeiro e a segunda quinzena de fevereiro e outra entre a primeira quinzena de março e a primeira quinzena de maio. Além disso, as imagens devem ser adquiridas em um intervalo de aproximadamente dois meses, para que seja possível identificar corretamente a cultura e diferenciá-la dos demais alvos representados na imagem.

Fica claro, então, que uma condição a ser observada na produção de estatísticas agrícolas a partir da utilização de imagens, é que estejam disponíveis imagens em datas favoráveis à correta identificação das culturas existentes (por ocasião do máximo desenvolvimento das mesmas) na região de estudo e que estas imagens estejam livres de cobertura de nuvens, bem como sejam submetidas a uma criteriosa interpretação visual. Além disso, o fotointérprete deve possuir conhecimentos prévios a respeito da ocorrência dos cultivos agrícolas da região em estudo, bem como do comportamento espectral e temporal dos mesmos para que o mapeamento resultante seja confiável. Em função disso, embora não tenha sido feita verificação *in loco* das áreas mapeadas, acredita-se que o mapa gerado neste trabalho apresente boa concordância com a realidade no campo.

No que tange à estimativa da área cultivada, para as safras 2006/2007 à 2008/2009, obtiveram-se valores de área plantada (Tabela 2), sendo que em nenhuma das safras os valores obtidos através do mapeamento de imagens do sensor TM e os obtidos junto ao IBGE, convergiram.

Tabela. 2. Estimativa de área plantada (hectares) com cana obtida por meio da classificação de imagens do sensor TM e diferenças em relação à estimativa oficial (IBGE, 2010b).

	2006/2007	2007/2008	2008/2009
IBGE	1150	1200	1200
Landsat	911	966	747
Diferença absoluta	239	234	453
Diferença relativa (%)	20,8	19,5	37,75

4. CONCLUSÃO

É possível mapear as áreas cultivadas com cana em Porto Xavier/RS a partir de imagens TM/Landsat, desde que estejam disponíveis pelo menos duas imagens livres de nuvens adquiridas preferencialmente entre a segunda quinzena de janeiro e segunda quinzena de fevereiro e entre a primeira quinzena de março e a primeira quinzena de maio, respectivamente, adquiridas em um intervalo de aproximadamente dois meses, quando a cultura apresenta características particulares que permitem sua identificação nas imagens. Para as safras 2006/2007 à 2008/2009 observou-se uma área plantada de 911, 966 e 747 hectares com a cultura, respectivamente.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de 2010. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=31286#Se__o_4>. Acesso em: 21 out. 2010.

D'Arco, E.; Alvarenga, B. S.; Rizzi, R.; Rudorff, B. F. T.; Moreira, M. A.; Adami, M. Geotecnologias na estimativa da área plantada com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.58, p.247-253, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento agroecológico da cana, org. Celso Vainer Manzatto, et al., Embrapa Solos, 2009. 55p. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/zoneamento_cana_de_acucar/ZonCana.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2010.

Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Agencia. Disponível em: <<http://www.estado.rs.gov.br/>>. Acesso em: 22 de out. 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010a. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 28 abr. 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010b Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 19 out. 2010.

Ippoliti-Ramilo, G. A.; Epiphanyo, J. C. N.; Shimabukuro, Y. E. Landsat-5 Thematic Mapper data for pre-planting crop area evaluation in tropical countries. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 7, p. 1521-1534, 2003.

Junges, A. H.; alves, G.; fontana, D. C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 241-248. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.10.52>>. Acesso em: 01 nov. 2010.

Maluf, J. R. T.; Cunha, G. R.; Matzenauer, R.; Pasinato, A.; Pimentel, M. B. M.; Caiaffo, M. R.; Pires, J. L. F. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p. 460-467, 2001.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: **MAPA/ACS**, 2009. 160p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/anuario_cana.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2010.

Pino, F. A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**, v. 46, n. 2, p.71-105, 1999.

Rizzi, R.; Rudorff, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, p.226-234, 2005.

Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Xavier, A. C.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y. E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v.52, n.1, p.21-39, 2005.

Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugarawa, L. M.; Adami, M.; Moreira, A. M. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, v.2, p.1057-1076, 2010.

Sanches, I. D. A.; Epiphanyo, J. C. N.; Formaggio, A. R. Culturas Agrícolas em imagens multitemporais do Satélite LANDSAT. **Agricultura em São Paulo**, v. 52, n. 1, p.83-96, jan./jun. 2005.

Schowengerdt, R. A. Models and methods for image processing. 2a ed. 1997, 522p.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-açúcar. Perguntas mais freqüentes (FAQs) no setor sucroenergético. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/FAQ/>>. Acesso em: 26 de abr. 2010.

Venturieri, A.; Santos, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. ed. **Sistemas de informação geográfica: Aplicações na agricultura**. 2 ed. Brasília. Embrapa-CPAC, 1998, Cap. 2, p. 13-29.