

Determinação de máscaras de cultivos e épocas de semeaduras para culturas de verão na mesorregião Centro Ocidental Paranaense (safra 2009/2010)

Jean Thiago Grassi¹
Flavio Deppe¹
Dionísio Saccol Sangoi¹
Marciel Lohmann¹

¹Instituto Tecnológico SIMEPAR, Centro Politécnico da UFPR
Caixa Postal 19100 - 81531-980 - Curitiba - PR, Brasil
{jgrassi, deppe, dionisio, marciel}@simepar.br

Abstract. Summer crops, including soybeans and corn, represent an important position in Brazilian international trade market, and therefore it is essential to have reliable information about crop acreage and yields. The aim of this study is to identify areas of summer crops in the state of Paraná, Southern Brazil, for the 2009/2010 crop season, using TERRA/MODIS images and Remote Sensing and GIS technologies. The area of study includes 25 counties in Central West of Parana State. The MODIS NDVI 16 days composite images were used to gather multi temporal RGB images. The algorithm "Isoseg/Isodata" used for the classification of digital images was used to generate two classes for each RGB temporal composition called "summer crops" and "not summer crops". In order to obtain the final map with the summer crop mask, the two classified maps obtained using the two RGB composites, were overlapped. Finally, classification results were compared with the summer crop mask estimates of IBGE. It can be concluded that the method used in this work can be used as an alternative for mapping summer crops and for determining the different crop sowing dates occurring in the region.

Palavras-chave: soybean, corn, vegetation index, crop acreage, sowing dates, isoseg, isodata, NDVI, MODIS, soja, milho, índice de vegetação, área plantada, época semeadura, IVDN, MODIS.

1. Introdução

De acordo com a Confederação Nacional da Agricultura (CNA), e com o estudo da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), realizado em 2011, o agronegócio representa mais de 22% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, totalizando R\$ 822,9 bilhões, representando mais de 40% das exportações brasileiras.

Os produtos do complexo soja (grão, farelo e óleo), ocupam posição de destaque e, de acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), foram responsáveis por US\$ 17,1 bilhões em exportações, caracterizando a soja como o principal produto agrícola da balança comercial brasileira.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), para a safra 2010/2011 a área total cultivada com milho, somando a primeira e a segunda safra, foi de 13.838,7 mil hectares, apresentando um crescimento de 6,5% em relação à safra anterior. O órgão estima a produção brasileira em 57,5 milhões de toneladas, resultado que mantém o Brasil como o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), apesar do país não ter tradição de exportador de milho em grãos, o cultivo tem grande importância econômica, pois apresenta relação direta com a produção animal, sobretudo na avicultura e a suinocultura.

Para Rudorff et al. (2007), dada a importância econômica destes grãos no cenário brasileiro e internacional, é essencial a disponibilidade de informações confiáveis a respeito da produção agrícola destas culturas, visando, principalmente, a regulação dos preços e estoques dos produtos. Neste contexto, a estimativa da área plantada é de vital importância para a estimativa da produção final.

De acordo com Motta et al. (2003), atualmente o monitoramento e previsão da safra brasileira é realizada a partir de dados oriundos de levantamentos realizados por entidades ligadas à produção agrícola. Os dados coletados em nível municipal são posteriormente

agrupados em toda a extensão do território nacional. Apesar da grande importância destas informações para a economia, por estarem diretamente ligadas ao excesso ou escassez de produtos, na maioria das vezes a subjetividade na avaliação por entrevistas determina certo grau de incerteza nas informações geradas. Aliado a isso, em função das diferenças regionais, a liberação destas informações geralmente é lenta e onerosa.

A necessidade de maior objetividade nos diagnósticos e prognósticos agrícolas tem impulsionado a utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto para gerar estimativas de área cultivada, monitoramento e acompanhamento do desenvolvimento das culturas (em tempo quase real), estimativas de rendimento e estimativas de safras. O objetivo final é a obtenção de estimativas de produção com antecedência e confiabilidade, preferivelmente com redução de custos e da subjetividade em relação aos levantamentos tradicionais (Dutta et al., 1994; Aronoff, 1991; Weber et al., 2005).

Através deste estudo objetiva-se gerar a máscara de cultivo de culturas de verão e determinar as diferentes épocas de semeadura ocorridas na mesorregião Centro Ocidental Paranaense para a safra 2009/2010, composta por milho e soja, através de composições temporais RGB de imagens MODIS.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de Estudo

A Figura 1 apresenta a área de estudo, caracterizada pela Mesorregião Centro Ocidental Paranaense.



Figura 1. Área de estudo – Centro Ocidental Paranaense.

2.2. Dados Primários e Secundários

Para a realização deste estudo foram utilizadas imagens NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) do produto MOD13Q1. As imagens deste produto são compostas de dados registrados ao longo de um período de 16 dias pelo sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo da plataforma Terra.

De acordo com Rudorff et al. (2007), estas imagens são integradas em um mesmo sistema de referência e projeção na resolução espacial de 250m, com excelente acurácia geométrica. Os valores digitais de níveis de cinza já se encontram convertidos para valores de reflectância, sendo que todas as imagens são normalizadas sob os mesmos parâmetros radiométricos.

As imagens MODIS podem ser adquiridas gratuitamente pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), no endereço eletrônico <<ftp://e4ftl01.cr.usgs.gov/MOLT/>> e são disponibilizadas segundo um sistema de referenciamento realizado em relação a uma grade determinada pelos planos horizontal e

vertical, também denominado “Tile”. Dessa forma, foram obtidas as cenas que correspondem ao “tile” que recobre a área de estudo, denominado “h13v11”. Estas imagens foram convertidas do formato HDF (*Hierarchical Data Format*) para o formato GEO-TIFF e da projeção *Integerized Sinusoidal* (ISIN) para a projeção WGS-84. Para tanto foi utilizado o aplicativo MRT (Modis Reprojection Tool), versão 4.0.

Para a avaliação de desempenho dos métodos empregados neste estudo, foram utilizados os dados do IBGE / CONAB referentes à projeção da área plantada com culturas de soja e milho referentes à safra 2009/2010 com relação aos municípios da área de estudo.

2.3. Geração das Composições Temporais MODIS

De posse das imagens NDVI MODIS, iniciou-se o processo para a geração das composições temporais RGB, de modo a destacar apenas as culturas de verão. Desta forma, as imagens do período que apresentaram maior vigor vegetativo foram alocadas no canal R, em seguida, as imagens com menor vigor vegetativo alocadas nos canais G e B. Por exemplo, se o ciclo da cultura inicia-se nos 16 primeiros dias de outubro, conseqüentemente seu pico vegetativo estará nos 16 primeiros dias de dezembro, assim, a imagem correspondente aos 16 primeiros dias de dezembro será alocada no canal R. A imagem referente ao ciclo da cultura de menor vigor (16 primeiros dias de outubro), estará no canal G e no canal B a imagem com a segunda imagem de menor vigor vegetativo. Para este estudo foram geradas 4 (quatro) composições, conforme descritas na Tabela 1, apresentadas na Figura 2.

Tabela 1. Composições temporais MODIS geradas no estudo.

COMPOSIÇÃO	DIA JULIANO		
	R	G	B
1	353	257	273
2	1	273	289
3	17	289	305
4	33	305	321

Imagens do ano de 2010.

Imagens do ano de 2009.

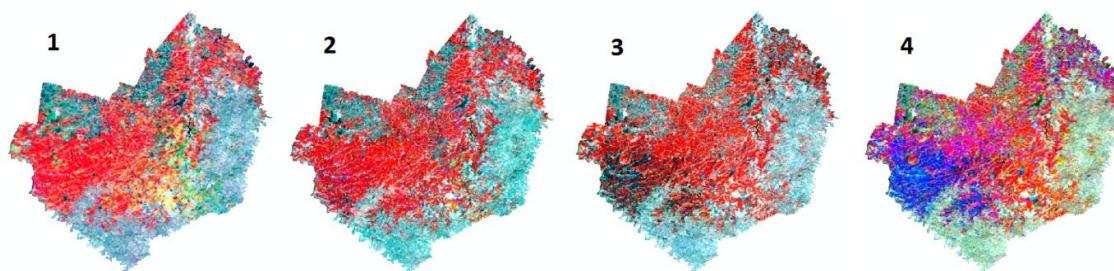


Figura 2. Composições temporais RGB MODIS 16 dias para a safra 2009/2010.

2.4. Geração das Máscaras de Culturas de Verão

O fluxograma apresentado na Figura 3 apresenta o fluxograma contendo as principais etapas de desenvolvimento do estudo, do conjunto de imagens NDVI MODIS até a geração da máscara de culturas de verão para a região Centro Ocidental Paranaense.

Para mapear a cultura de verão nas composições RGB foi utilizado o método de classificação digital não supervisionada denominada “Isoseg” ou “Isodata”. O segmentador de imagens “Isoseg/Isodata” é um algoritmo de agrupamento de dados aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância, e também pela área (DPI, 2006).

De acordo com Körting (2006), um algoritmo de "clustering" ou "agrupamento" não supõe nenhum conhecimento prévio da distribuição de densidade de probabilidade dos temas, como ocorre no algoritmo de máxima verossimilhança. É uma técnica de pré-classificação que procura agrupar regiões, a partir de uma medida de similaridade entre elas. Este tipo de segmentação permite reagrupar os segmentos ou objetos em classes utilizando uma medida de similaridade, em geral, distância de Mahalanobis que reagrupa ou pré-classifica os objetos candidatos a determinadas classes. A distância de Mahalanobis é calculada considerando o "espalhamento" dos dados, inclusive a orientação de amostras de uma determinada classe (Santos, 2006). Tal distância é calculada sempre entre um ponto e um conjunto de amostras, como mostrado na Figura 4.

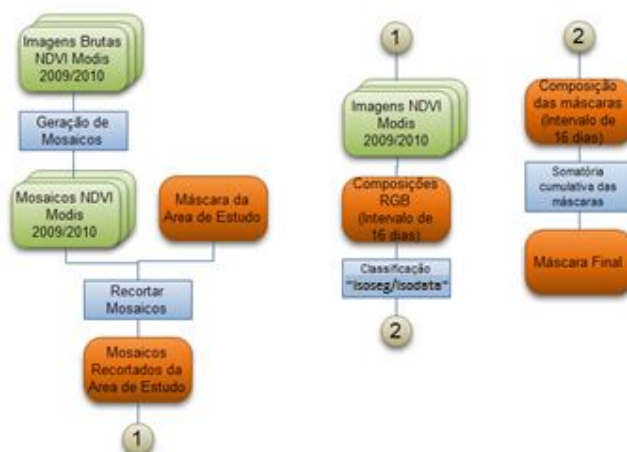


Figura 3. Fluxograma contendo as principais etapas desenvolvidas no trabalho.

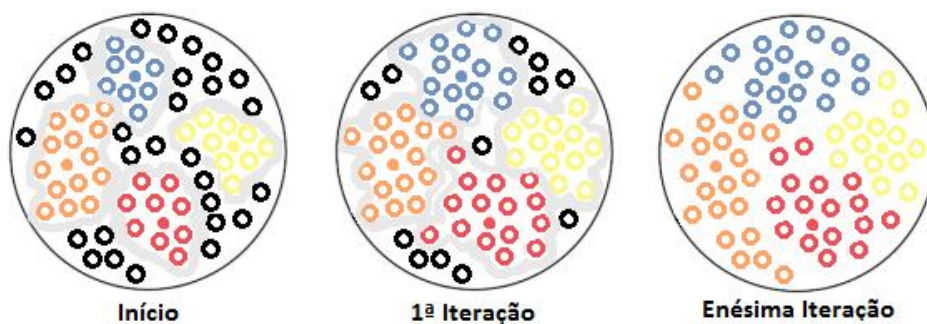


Figura 4. Sistematização do algoritmo "Isoseg/Isodata".

Körting (2006) resume o algoritmo "Isoseg/Isodata" em três etapas: (1) definição do limiar, (2) detecção de classes e (3) competição entre classes. A definição do limiar (1) consiste em se estabelecer uma percentagem de aceitação na distância de Mahalanobis, sendo que as regiões pertencentes a alguma classe estão distantes por um valor inferior ou igual a esta distância, quanto maior for o limiar, maior a distância e, conseqüentemente, menor será o número de classes detectadas pelo algoritmo. A detecção (2) consiste em proceder o agrupamento das áreas através de parâmetros estatísticos de cada classe (média e matriz covariância), associando a estas todas as regiões cuja distância de Mahalanobis for inferior a distância definida pelo limiar de aceitação. A detecção de classes é um processo sequencial que pode favorecer as classes que são detectadas em primeiro lugar, para tentar eliminar este favorecimento, realiza-se a competição entre classes (3). A competição entre classes consiste em reclassificar todas as regiões de maneira iterativa, recalculando os parâmetros estatísticos

até que a média das classes não se altere. Ao término, todas as regiões estarão associadas a uma classe definida pelo algoritmo.

A geração das máscaras utilizando o algoritmo não supervisionado “Isoseg/Isodata” foi realizada no *software* ENVI, onde se configurou o número de classes entre “10 e 20”, e a percentagem de aceitação em 5%, com até três iterações. Este elevado número de classes configurado em cada algoritmo foi determinado em virtude da possibilidade de obtenção das pequenas variações espectrais de cada composição. Posteriormente, estas classes referentes a culturas de verão foram reagrupadas em uma classe denominada “Cultura de Verão”, enquanto que as demais foram reagrupadas em “Não Cultura de Verão”.

Ao final desta etapa foram obtidas 4 (quatro) matrizes, um para cada período. As matrizes foram exportadas para o *software* ArcGIS, onde as classes denominadas “Cultura de Verão” de cada uma das composições foram convertidas para o formato vetorial. Como resultado, foram obtidas 4 (quatro) máscaras de cultivo, conforme a Figura 5.

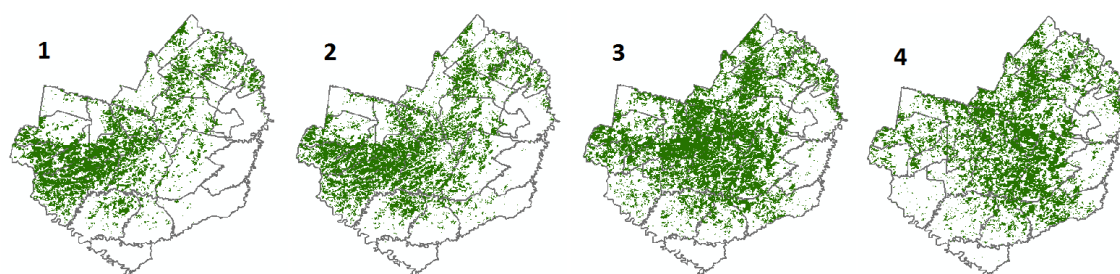


Figura 5. Máscaras de cultura de verão para a safra 2009/2010, por composição.

Para a determinação das diferentes épocas de semeadura na região de interesse, a operação seguiu a seguinte regra:

- Época 1 = Máscara 1
- Época 2 = Máscara 2 – Máscara 1
- Época 3 = Máscara 3 – (Máscara 1 + Máscara 2)
- Época 4 = Máscara 4 – (Máscara 1 + Máscara 2 + Máscara 3)

Para a obtenção da máscara final da safra realizou-se a sobreposição das 4 (quatro) máscaras temporais obtidas à partir da segmentação. Segundo Eastman (1998), uma operação de sobreposição permite a produção de novos planos com base em algumas combinações lógicas ou matemáticas de dois ou mais planos de entrada. Neste caso a operação seguiu a seguinte regra: a segunda abrange a primeira exceto nos casos em que zero, ou seja, houve uma somatória cumulativa das máscaras, resultando em uma única máscara.

3. Resultados e Discussão

A partir da metodologia descrita foi gerada a máscara de culturas de verão para a safra 2009/2010, apresentadas na Figura 6.

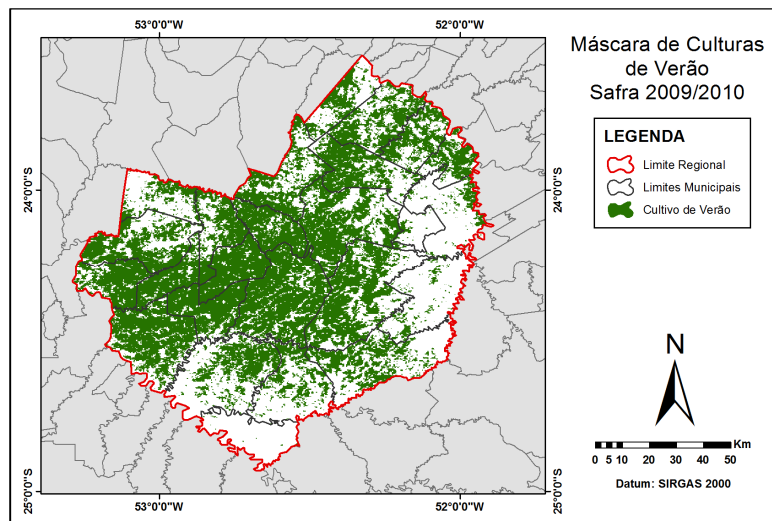


Figura 6. Máscara de cultura de verão para a safra 2009/2010.

A Tabela 2 apresenta o comparativo entre a área obtida através do método apresentado anteriormente e a área estimada pelo IBGE e pela CONAB.

Tabela 2. Áreas de culturas de verão (em ha).

Método	Área (ha)	Erro (%)
IBGE / CONAB	642.294	
"Isoseg/Isodata"	623.783	2,88

Como forma de avaliação da qualidade dos resultados obtidos, foram calculadas as áreas plantadas em cada um dos municípios da região e posteriormente comparadas com as levantadas pelo IBGE e pela CONAB. Esta relação se deu através da Equação 1.

(1)

Na Tabela 3 são apresentados os erros municipais médios para cada um dos algoritmos. Esse erro é caracterizado pela soma do erro proporcional (Erro P) de todos os municípios e dividido por 25, o número total de municípios da mesorregião.

Tabela 3. Erro médio por município (%).

Método	Erro Médio %
"Isoseg/Isodata"	16,05

O mapa da Figura 7 apresenta o erro proporcional (Erro P) para cada município da área de interesse.

O mapa da Figura 8 apresenta as diferentes épocas de plantio ocorridas na área para a safra 2009/2010.

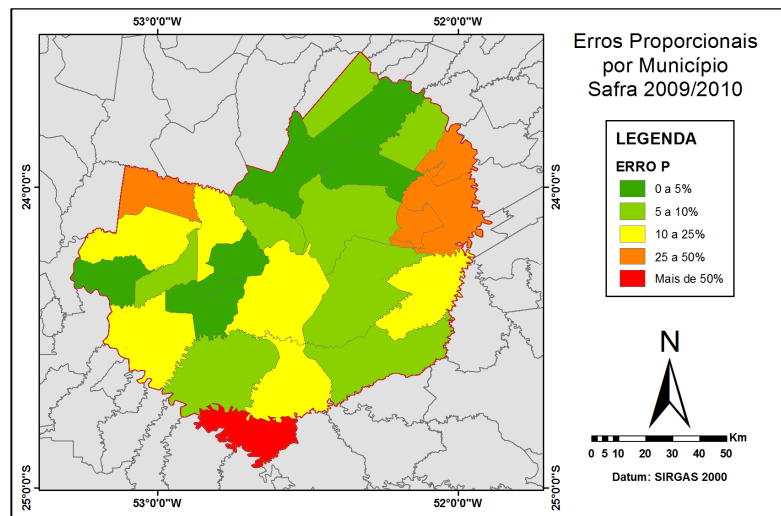


Figura 7. Erros proporcionais por município.

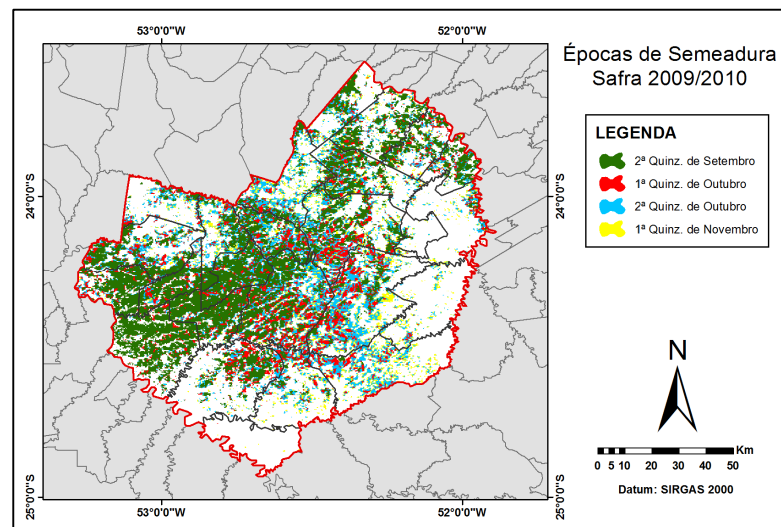


Figura 8. Épocas de plantio.

4. Conclusões

Metodologias e técnicas de Sensoriamento Remoto e geoprocessamento representam importantes ferramentas para análises espaciais e possibilitam realizar estudos em áreas que apresentam grandes dimensões. Por exemplo, regiões e estados.

As imagens do sensor MODIS são adequadas para a identificação e monitoramento das culturas de verão, visto que são produtos sem custo de aquisição, apresentam robustez geométrica, fornecem informações sobre o estado e o desenvolvimento vegetativo das culturas e possuem periodicidade diária, de oito em oito dias e de 16 em 16 dias (utilizadas neste trabalho). Em resumo, as imagens MODIS podem fornecer dados e informações durante o período das safras, o que é de vital importância em projetos de monitoramento agrícola.

As Figuras 5 e 8 demonstram que a região de interesse possui quatro diferentes épocas de plantio compreendidas entre a segunda quinzena de setembro e a primeira quinzena de novembro. Nas duas primeiras épocas de plantio, decorridas entre segunda quinzena do mês de setembro e a primeira quinzena do mês de outubro, o cultivo se dá, sobretudo, na região oeste da área de interesse, compreendendo municípios como Goioerê e Ubatã. Na terceira e

quarta épocas, decorridas entre a segunda quinzena do mês de outubro e a primeira quinzena do mês de novembro, o cultivo se dá, sobretudo, no centro da região, compreendendo municípios como Mamborê e Campo Mourão.

A Tabela 2 apresenta as áreas totais cultivadas com culturas de verão na mesorregião Centro Ocidental Paranaense; Verifica-se que a área obtida através da classificação “Isoseg/Isodata” foi semelhante à área estimada pelo IBGE, com erros inferiores a 3%. Através da Tabela 3 e da Figura 7, verifica-se que as informações de área plantada para cada município, obtidas através do segmentador “Isoseg/Isodata”, ficaram próximas às estimadas pelo IBGE. O erro médio entre “Isoseg/Isodata” e IBGE foi de 16%, sendo que em pouco menos de 60% dos municípios estudados, a diferença entre as estimativas foi inferior a 10%.

De forma geral pode-se definir que as técnicas de sensoriamento remoto têm sido cada vez mais importantes na agricultura e são úteis para diminuir a subjetividade dos métodos operacionais de previsão de safras como os utilizados no Brasil pela CONAB e pelo IBGE. Contudo, é importante ressaltar que os resultados adquiridos através de técnicas de sensoriamento remoto, necessitam ser validados através de trabalhos e campanhas de campo para que se possa contribuir como ferramenta de estimativas oficiais, porém com níveis de confiança bastante elevados.

Referência Bibliográficas

- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL, 1991. 294p.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em < <http://www.conab.gov.br/> > Acessado em agosto de 2010.
- DPI. **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. 2006.
- DUTTA, S., et al. **Accuracy assessment in cotton acreage estimation using Indian remote sensing satellite data**. *Jornal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v.49, n.6, p.21-26, 1994.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em <<http://www.embrapa.br/>>. Acessado em outubro de 2012.
- IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>> Acessado em Setembro de 2010.
- KÖRTING, T. S. **Classificação de Imagens por Regiões**. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Científicas, 2006.
- MDIC. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em < <http://www.desenvolvimento.gov.br/> > Acessado em outubro de 2012.
- MODIS. **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**. Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>> Acessado em agosto de 2010.
- MOTTA, J., FONTANA, D., WEBER, E.. **Análise da Evolução Temporal do NDVI/NOAA em Região de Soja no Rio Grande do Sul**. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte.
- OCDE. **Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. Disponível em < <http://www.oecd.org/brazil/> > Acessado em outubro de 2012.
- RUDORFF, B.F.T., SHIMABUKURO, Y.E., CEBALLOS J.C.. **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos, SP: Parêntese, 2007.
- WEBER, E., FONTANA, D., DUCATI, J., RECH, T., SARAIVA, T., FREITAS, L. **Comparação entre Resultados de Classificação de Imagens Landsat e CBERS para Estimativa de Área Cultivada com Soja no Planalto do Rio Grande do Sul**. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia.