

Análise de séries temporais EVI/MODIS para a estimativa da área cultivada com soja no Rio Grande do Sul.

Anibal Gusso¹
Marcos Adami¹
Antônio Roberto Formaggio¹
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹
Rodrigo Rizzi²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{anibal, adami, formag, bernardo}@dsr.inpe.br

² Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Caixa Postal 354 - 96001-970 - Capão do Leão - RS, Brasil
rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br

Abstract. Agricultural forecasts estimates of soybean crop need to be accurate and timely in order to be adequately used by decision makers from the agribusiness sector of this commodity. Although soybean crop is cultivated under high level of agricultural practices its area estimation in Brazil is mainly based on traditional and subjective methods. The main goal of this study was to derive a method to estimate soybean crop area using EVI (Enhanced Vegetation Index) time-series from the MODIS sensor onboard of the Terra satellite. This research was carried out for 223 municipalities in Rio Grande do Sul State during the period of five crop years (2002/03 to 2007/08). The estimated soybean areas, at municipal level, using the EVI time-series, were compared to the official statistics provided by IBGE using regression analysis. Regression analysis and statistics of results are encouraging. The overall results shown a slightly overestimation obtained with this approach. EVI/MODIS estimated area explained 94% of the municipal soybean crop area variation indicating that it has great potential to accurately estimate municipal soybean area with the advantage of providing anticipated information prior to the soybean harvest. This method must be evaluated over another regions.

Palavras-chave: crop area estimates; agriculture; EVI/MODIS; time-series; estimativa de áreas agrícolas; agricultura; EVI/MODIS; séries temporais;

1. Introdução

A globalização da economia tem direcionado os países, os blocos comerciais e o setor agrícola, a buscar maior eficiência e melhor controle de informações do desempenho da agricultura. O Brasil desempenha importante papel na comercialização de produtos agrícolas neste cenário. As geotecnologias têm sido cada vez mais aplicadas de modo a dar suporte às lacunas deixadas pelos métodos convencionais de previsão de safras praticados no Brasil. O Estado do Rio Grande do Sul respondeu por pouco mais de 18% da produção nacional, na safra 2007/2008, terceiro maior produtor de soja brasileiro (CONAB, 2008). Neste contexto, levantamentos confiáveis sobre as safras, antecipadamente ao período da colheita, proporcionam ao governo formas de aprimorar as políticas de abastecimento; atender a demanda permanente dos mercados por informações atualizadas e confiáveis; regular os estoques, a oferta, a demanda e conseqüentemente os preços.

O sensoriamento remoto da superfície terrestre tem sido usado com sucesso na detecção sazonal da dinâmica da vegetação (Sakamoto et al. 2005). Para isto, o uso de dados de sensoriamento remoto para a observação da dinâmica agrícola requer, fundamentalmente, o imageamento contínuo da vegetação (Goetz, 1997). Na última década, índices espectrais de vegetação como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o EVI (*Enhanced Vegetation Index*) têm demonstrado potencial no monitoramento agrícola. Rouse (1974) define os índices de vegetação como a combinação de duas ou mais bandas espectrais, selecionadas com o objetivo de melhorar a relação desses dados com os parâmetros da

vegetação. Tipicamente, dados de imagens dos satélites Terra do programa EOS-MODIS (*Earth Observing System-Moderate Resolution Spectroradiometer*), dos satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) ou SPOT (*Système Pour L'Observation de la Terre*), têm sido utilizadas em aplicações do monitoramento do ciclo de desenvolvimento das culturas e estimativa da produção agrícola (Fontana et al. 2002; Liu e Kogan, 2002). Galford et al. (2008), usando dados EVI/MODIS - produtos MOD13Q1 - analisaram padrões de manejo sobre áreas agrícolas no Estado do Mato Grosso. Alguns trabalhos têm abordado a estimativa de área aplicando diferentes metodologias (Epiphanyo et al., 2002; Adami, 2003; Rizzi et al., 2006; Collaço et al., 2007; Epiphanyo, 2007; Wagner et al., 2007), em que geralmente são utilizados mapeamentos derivados do Landsat como referência.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi estimar a área cultivada com soja, por município, na principal região produtora do Estado do Rio Grande do Sul, por meio de análise de séries temporais de dados EVI/MODIS. São apresentados resultados da análise de um critério experimental, para a estimativa numérica, da área ocupada pela cultura da soja, no Estado do Rio Grande do Sul. A elaboração deste critério teve ainda como prioridade a obtenção de um método com pequeno grau de complexidade e fácil implementação, capaz de proporcionar resultados confiáveis, em tempo hábil, antecipadamente ao período de início da colheita.

2. Metodologia

Neste estudo, foram analisados 223 municípios localizados entre as latitudes aproximadas $-27^{\circ}30'$ e $-29^{\circ}30'$ e as longitudes aproximadas $-51^{\circ}00'$ e $-56^{\circ}00'$, dentro de uma área de intensa produção de soja, no norte do Estado do Rio Grande do Sul, da safra 2002/03 até 2007/08 (Figura 1).

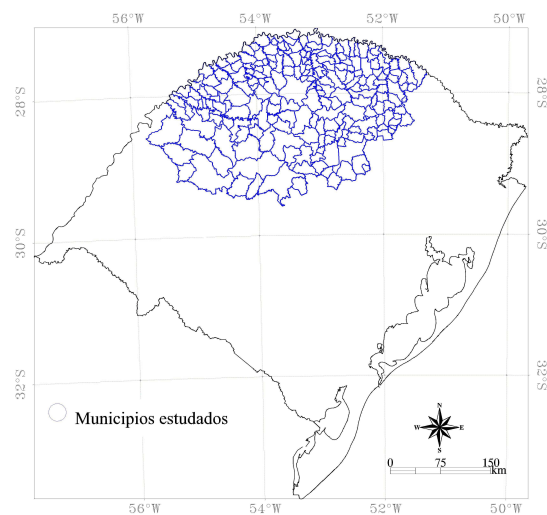


Figura 1. Localização da área de estudo no norte do Rio Grande do Sul.

Foram utilizados somente dados do produto de índice de vegetação da coleção 5, MOD13Q1-V005 (em composições de 16 dias e resolução espacial nominal de 250 metros), obtidos do sensor MODIS/Terra, processados pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e disponibilizados gratuitamente em: <<https://wist.echo.nasa.gov/api/>>. O período estudado vai do dia juliano 289 (outubro) ao 065 (fevereiro), em cada safra de verão. Optou-se pelo EVI/MODIS por incluir características combinadas do NOAA/AVHRR e Landsat como resolução espacial moderada, imageamento freqüente, resolução espectral

melhorada (Justice et al., 1998), além de ser capaz de reduzir os efeitos atmosféricos e de contaminação provocada pelo solo (Huete et al., 2002; Justice et al., 2002). Os resultados de processamento da coleção 5, também apresentam melhoramentos em relação às correções aplicadas na coleção 4 (V004), principalmente, a redução da presença de ruídos associada à presença de nuvens (Huete em 2007, comunicação pessoal).

Em uma análise inicial, buscou-se verificar o perfil padrão do desenvolvimento do EVI, de acordo com o calendário agrícola médio da safra de verão, dentro de uma área de intensa produção da soja no norte do Rio Grande do Sul. Para essa análise, foram extraídos dados do EVI por meio de janelas amostrais. A partir do monitoramento do perfil padrão de desenvolvimento da cultura foi possível identificar o período de mínimo e de máximo EVI, indicando temporalmente os momentos do pré-plantio (novembro) e do máximo vigor vegetativo (fevereiro), da cultura da soja (Figura 2).

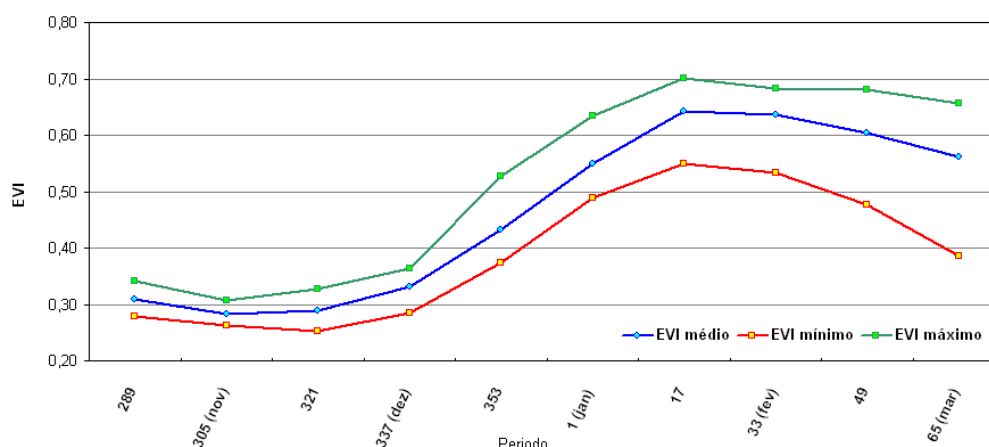


Figura 2. Perfil médio, máximo e mínimo do EVI obtido em janelas amostrais.

Com base na análise dos perfis de desenvolvimento das imagens de EVI médio mínimo, EVI médio máximo e na curva de crescimento da cultura foram estabelecidos, por meio de um processo iterativo, os parâmetros de seleção dos pixels que serão identificados como áreas ocupadas pela cultura da soja. Estes parâmetros são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros utilizados para identificação das áreas ocupadas com a cultura da soja, no Rio Grande do Sul.

	Média mínima (inferior)	Média máxima (superior)	Diferença mínima permitida
EVI	0,05	0,36	0,14

Os valores de média mínima inferior e mínima superior são utilizados na época de pré-plantio. O algoritmo de detecção de área cultivada de soja adota que todos os pixels da época de pré-plantio menor que média mínima inferior e maior que a média máxima superior são considerados nulos. A diferença mínima permitida é o resultado da subtração entre as imagens de média máxima e mínima em cada safra. Portanto, diferenças menores que 0,14 não foram consideradas representativas de áreas de cultivo da soja.

A preparação dos dados de entrada para estimativa numérica da área da cultura da soja, é obtida como resultado de quatro etapas de processamento, a saber:

1ª Etapa: é obtida uma imagem com a média dos valores de EVI dos períodos 305 e 321, nominada de média mínima da safra;

2ª Etapa: é obtida uma imagem média dos valores de EVI do período entre 001 e 049, nominada de média máxima. Para a composição desta imagem é realizada uma análise pormenorizada da qualidade das imagens correspondentes ao período de máximo desenvolvimento do cultivo da soja, com o auxílio dos produtos de qualidade (*VI quality & Pixel reliability*). Esta análise tem o objetivo de restringir imagens com ruídos decorrentes da cobertura de nuvens, muito comuns neste período, dentre outros.

3ª Etapa: é realizada a diferença entre as imagens nominadas de média de máximo da safra e de média mínima da safra, obtendo-se a imagem diferença mínima permitida.

4ª. Etapa: é realizada a seleção dos pixels que atendem os critérios descritos na Tabela 1. Com isto é obtida uma máscara com as áreas de cultivo de soja e de não-soja.

Após a obtenção da máscara, a mesma foi integrada por município, permitindo a estimativa da área plantada de soja, por safra. Estes dados por município foram comparados com os dados fornecidos pelo IBGE (2008) de área plantada de soja por município <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>, por meio de análise de regressão.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta de forma resumida os resultados das equações de regressão entre os valores estimados pela metodologia e os valores informados pelo IBGE, considerado áreas estimadas por município. O que se deseja nesta análise é que, idealmente, o estimador b_0 tenha a probabilidade de ser igual a zero, e que o estimador b_1 tenha a probabilidade de ser igual a um, pois desta forma não haveria diferença entre os valores estimados e os valores observados. No presente caso observa-se que, para todos os anos, ocorreu a tendência de subestimar valores (b_0 negativos) e esta tendência variou entre -2131 e -1523 hectares por município. Em média as estimativas geradas pelo algoritmo ajustaram 94% da variação dos dados estimados pelo IBGE. O erro padrão das estimativas ficou entre 3612 e 4767 hectares por município. Com exceção dos anos de 2005 e 2007, há a probabilidade de as inclinações das retas (b_1) serem praticamente iguais a 1, indicando otimização de ajuste entre os dados estimados com dados MODIS e os informados pelo IBGE. Para todos os anos a inclinação da reta foi significativa a 95% de confiança, indicando que 95% dos dados do IBGE podem ser explicados pelas estimativas EVI/MODIS.

Tabela 2. Resultados da análise de regressão entre a estimativa EVI/MODIS e os dados IBGE.

Ano	Estimadores	Coefficientes	valor-P	95% inferiores	95% superiores	R ² ajustado	Erro padrão (ha)
2002	b0	-1912,22	0,00	-2675,75	-1148,68	0,92	4368,82
	b1	0,99	0,00	0,95	1,03		
2003	b0	-1523,12	0,00	-2256,18	-790,06	0,93	4206,13
	b1	0,99	0,00	0,96	1,03		
2004	b0	-1953,09	0,00	-2781,82	-1124,36	0,92	4767,90
	b1	1,00	0,00	0,96	1,04		
2005	b0	-2131,26	0,00	-2754,02	-1508,51	0,95	3612,51
	b1	0,96	0,00	0,93	0,99		
2006	b0	-1582,15	0,00	-2252,48	-911,82	0,95	3951,96
	b1	0,98	0,00	0,94	1,01		
2007	b0	-1613,36	0,00	-2240,33	-986,40	0,96	3695,73
	b1	1,05	0,00	1,02	1,07		

A Figura 3 apresenta os gráficos de dispersão entre os dados estimados por município pelo IBGE e pela presente pesquisa. Nos gráficos referentes aos anos de 2002, 2003 e 2004 é possível perceber a presença de *outliers*.

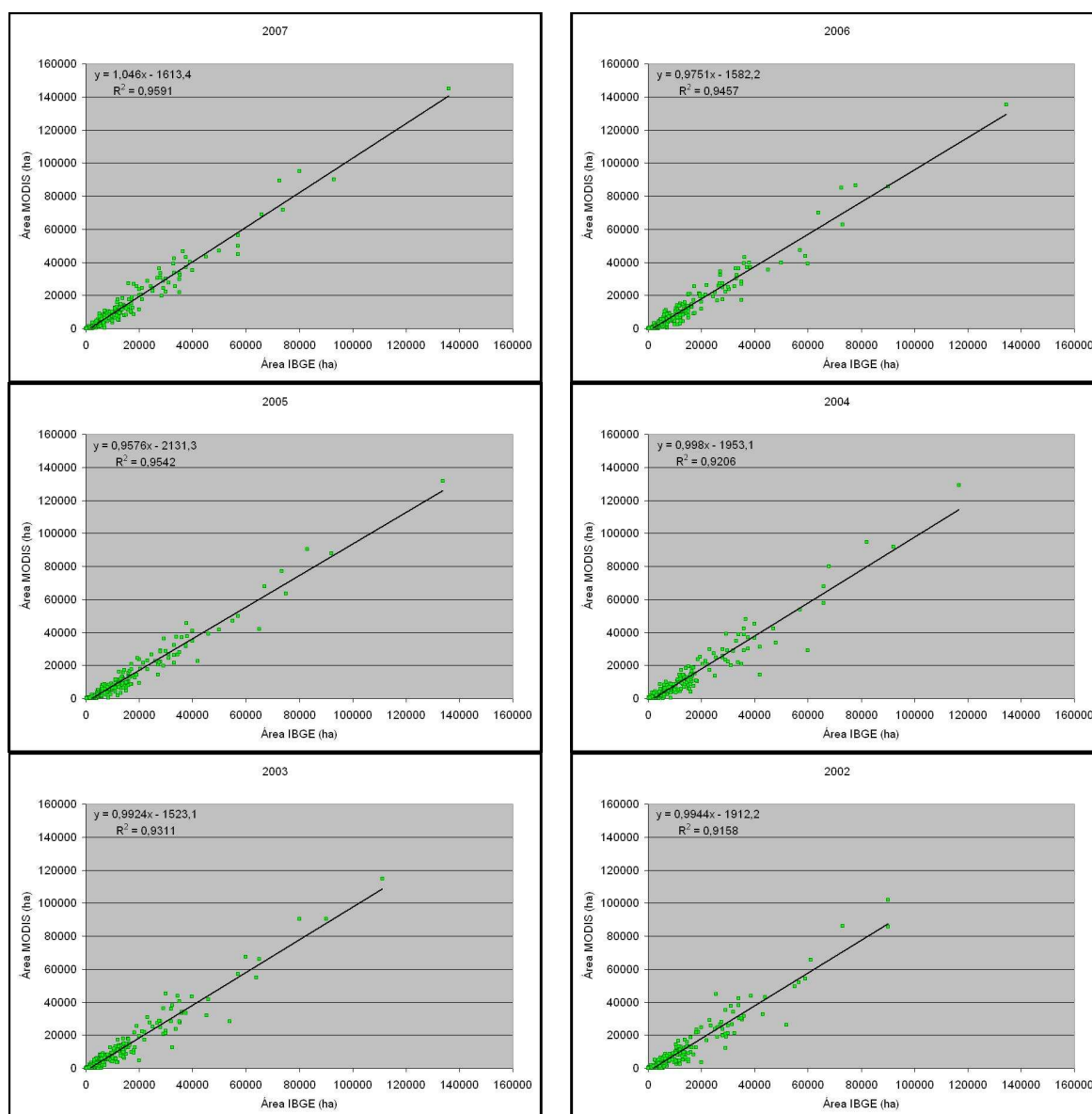


Figura 3. Gráficos de dispersão das estimativas entre as estimativas de área cultivada com soja, geradas pelo IBGE e pelo EVI/MODIS.

Após a verificação destes valores, observou-se que referiam-se aos municípios de São Luiz Gonzaga e Santo Antônio das Missões, sendo que estas anomalias não aconteceram para os demais anos analisados, ressaltando como um ponto de interesse e verificação quanto às possíveis causas destas disparidades a proximidade geográfica entre os dois referidos municípios

4. Conclusões

Considerando a metodologia utilizada na presente pesquisa, pode-se considerar que as séries temporais EVI/MODIS obtidas a partir de dados do satélite Terra, têm resolução espacial e temporal satisfatória para produzir resultados numéricos de interesse para a estimativa da área plantada com soja, nos principais municípios produtores de soja do Rio Grande do Sul. É importante ressaltar que, apesar de existir um aumento significativo da área ocupada por este cultivo no Rio Grande do Sul, no período estudado (da safra 2002/03 até

2007/08), os critérios definidos para seleção das áreas de cultivo é fixo. A definição de critérios fixos como parte importante de uma elaboração metodológica de fácil implementação - em detrimento de critérios dinâmicos (de acordo com cada safra) – sugere ser uma abordagem metodológica mais robusta. Há a necessidade de avaliar as estimativas em outros Estados, verificando a necessidade de ajuste dos parâmetros dadas as características próprias de cada região, tais como calendário agrícola, relevo e práticas culturais.

Por fim pode-se considerar que a presente abordagem, baseada em uma “análise de médias” de produtos EVI/MODIS, pode auxiliar nas estimativas de áreas plantadas com soja obtidas pelos métodos tradicionais, fornecendo estimativas confiáveis e com significativa antecipação ao período de colheita da safra.

Agradecimentos

Sinceros agradecimentos à equipe do LAF (Laboratório de Sensoriamento Remoto em Agricultura e Floresta) e colaboradores no INPE.

Referências Bibliográficas

Adami, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem**. 2003. 183 p. (INPE-10235-TDI/900). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Collaço, M., M.; Lamparelli, L., A., C.; Júnior, J., Z.; Mercante, E. Estimativa de área através de imagens do sensor MODIS/Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) , 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 125-132. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.19.41/doc/125-132.pdf>>. Acesso em: outubro 2008.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2008/2009 – Primeiro Levantamento – Out/2008, Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2008. 37p.

Epiphânio, R. D. V. **Avaliação da potencialidade das imagens MODIS na estimação da área de soja no Estado do Mato Grosso**. 2007. 103 p. (INPE-15190-TDI/1299). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007.

Epiphânio, J. C. N.; Luiz, A. J. B.; Formaggio, A. R. Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. **Bragantia**, v. 61, pp. 187-197, 2002.

Fontana, D. C.; Weber, E.; Ducati, J. R.; Berlato, M. A.; Guasselli, L. A. and Gusso, A. Monitoramento da cultura da soja no centro-sul do Brasil durante La Niña de 1998/2000. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 10, 343-351, 2002.

Galford, G. L.; Mustard, J. F.; Melillo, J.; Gendrin, A.; Cerri, C. C. & Cerri, C. E. P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, 96, 366–374, 2005.

Goetz, S. J. Multi-sensor analysis of NDVI, surface temperature and biophysical variables at a mixed grassland. **International Journal of Remote Sensing**, 18, 71-94, 1997.

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; & Ferreira, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, 83, 195–213, 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Censo 2002.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php/>> último acesso em: novembro 2008.

Justice, C. O.; Vermote, E.; Townshend, J. R. G.; Defries, R.; Roy, D. P.; Hall, D. K.; Salomonson, V. V.; Privette, J. L.; Riggs, G.; Strahler, A.; Lucht, W.; Myneni, R. B.; Knyazikhin, Y.; Running, S. W.; Nemani,

R. R.; Zhengming, W.; Huete, A. R.; Leeuwen, W. V.; Wolf, R. E.; Giglio, L.; Muller, J. P.; Lewis, P.; Barnsley, M. J. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, 36, 1228-1249, 1998.

Justice, C. O.; Townshend, J. R. G.; Vermote, E. F.; Masuoka, E.; Wolfe, R. E.; Saleous, N.; Roy, D. P.; Morisete, J. T. An overview of MODIS land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, 83, 3-15, 2002.

Kogan, F. N., World droughts in the millennium from AVHRR-based vegetation health indices. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 83, 557-564, 2002.

Liu, W. T; Kogan, F., Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, 23, 1161-1180, 2002.

National Aeronautics and Space Administration (NASA), Disponível em: <https://wist.echo.nasa.gov/api/> último acesso em: novembro 2008.

Rizzi, R.; Rudorff, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por um método de amostragem. **Revista Ciência Rural**, v. 36, p. 30-35, 2006.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A., Deering, D. W. and Harlan, J. C., **Monitoring the vernal advancement and retrogradation** (greenwave effect of natural vegetation), NASA/GSFC type III Final Report, Greenbelt, MD, 1974.

Sakamoto, T.; Yokozawa, M.; Toritani, H.; Shibayama, M.; Ishitsuka, N.; & Ohno, H. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, 96, 366–374, 2005.

Wagner, A., P., L.; Weber, E.; Fontana, D. C.; Ducati, J. R.; Klering, E. Estimativa de área de soja no Rio Grande do Sul utilizando imagens NDVI/MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 457-464. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7.

Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2007/01.31.19.10/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: outubro 2008.