Produtos MODIS para identificação de áreas em estresse hídrico na cultura da soja

Lucimara Wolfarth Schirmbeck [1]
Juliano Schirmbeck [1]
Denise Cybis Fontana [1,2]

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGSR/CEPSRM
Caixa Postal: 15044 - 91501-970 - Porto Alegre – RS/Brasil
{lucimaraws, schirmbeck.j}@gmail.com

[2] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia - Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Caixa Postal: 15100 - 91501-970 - Porto Alegre – RS/Brasil
dfontana@ufrgs.br

Abstract. Drought is the main factor in crop losses in the state of Rio Grande do Sul, which is the third largest producer of soybeans in Brazil. The variability of rainfall occurred in the State exerts great influence in raising grain and biomass development, their knowledge is essential for the proper management and planning of agricultural production. This study aimed to estimate an index of water stress of vegetation (TVDI - Temperature Vegetation Dryness Index) from a theoretical model that is based on the use of a vegetation index and surface temperature. To do so, MODIS images of the areas of soybean cultivation in the northwest of the state of Rio Grande do Sul were used. The period of analysis comprised vintages of 2004-2005 and 2009-2010, which were obtained at low and high grain yield, respectively. For each crop have applied the model for estimating the index from the use of MOD11A2 (surface temperature) and MOD13A2 (NDVI) products obtained by downloading the database of USGS LP DAAC. The spatial resolution used was 1000m time of 8 days, totaling 14 dates of analysis throughout each season analyzed. The data obtained were compared with the data of rainfall occurred during the study period and the Normal Climatological. The results demonstrated that the model allows differentiating stress levels of vegetation throughout the development of the soybean crop in years with different rainfall regimes, and can be an important tool in monitoring systems and crop forecasting.

Palavras-chave: remote sensing, surface temperature, NDVI, MODIS images, sensoriamento remoto, temperatura de superfície, NDVI, imagens MODIS.

1 Introdução

A variabilidade do regime de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul define grandemente o desenvolvimento da vegetação, a produção de biomassa e conseqüentemente a produção de grãos, sendo a estiagem o principal fator de perdas de safras no Estado (Matzenauer et al., 2002).

A precipitação pluvial ocorrida de dezembro a março é a variável climática que maior influência exerce no rendimento de grãos da soja no Rio Grande do Sul, visto que a disponibilidade hídrica é determinante para o desenvolvimento das culturas (Berlato e Fontana, 1999; Fontana et al., 2001).

A precipitação pluvial abaixo da demanda evaporativa da atmosfera determina a ocorrência de estresse hídrico nas plantas e compromete a produção e a economia do Estado. É de extrema importância, portanto, conhecer o padrão espaço temporal dos níveis de estresse hídrico da vegetação em regiões produtoras, o que pode servir de subsidio para ações de redução de risco, ou mesmo ações mitigatórias destes eventos.

Produtos oriundos do sensoriamento remoto são muito úteis neste contexto, visto que são disponibilizadas informações que possibilitam monitorar o desenvolvimento da vegetação a partir de índices que respondem à variabilidade da biomassa (Jensen, 2009), assim como

informações capturadas no espectro termal, a partir da qual se podem obter informações da temperatura da superfície (Coll e Caselles, 1997; Niclòs et al., 2007).

Devido à relação direta entre a temperatura da planta e seu estado hídrico, Sandholt et al., (2002) propuseram um índice para dimensionar o estresse hídrico da vegetação, denominado TVDI (do inglês Temperature Vegetation Dryness Index). O índice leva em consideração a temperatura da superfície (Ts) e um índice de cobertura vegetal (NDVI) e baseia-se no triângulo evaporativo (Figura 1). Em lados opostos neste triângulo tem-se o solo exposto (quando o NDVI é baixo e a Ts alta) e a cobertura total da vegetação (quando o NDVI é alto e a Ts é baixa). Em condições de cobertura parcial, quanto menor for a Ts, mais adequada é a condição hídrica e, portanto, menor é o TVDI.

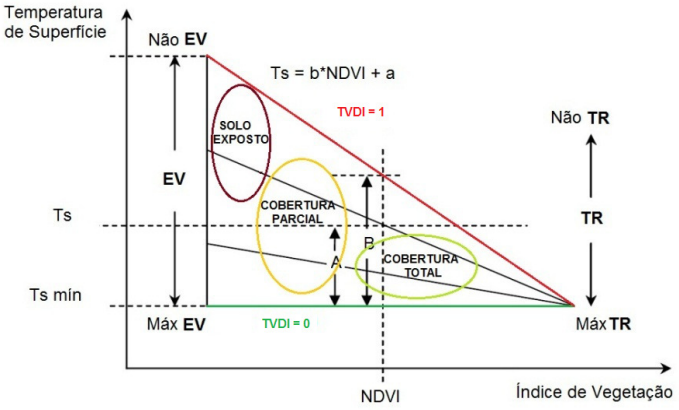

Figura 1. Triangulo Evaporativo.
Fonte: Adaptado de Sandholt et al., (2002).
Legenda: TR Transpiração, EV Evaporação, TS Temperatura de Superfície.

O objetivo do presente trabalho foi analisar o padrão espaço temporal do índice de estresse hídrico da vegetação em áreas de cultivo de soja no Rio Grande do Sul. O Estado se caracteriza pela alta produtividade de grãos, atualmente é o terceiro maior produtor nacional de soja, superado apenas pelos estados de Mato Grosso e Paraná; nas safras de 2012/2013 e 2013/2014 ocorreu aumento das áreas cultivadas em torno de 5% a cada ano (EMATER/RS, 2013; CONAB, 2013).

2 Metodologia

A área de estudo compreendeu o noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, região que se caracteriza pela alta produtividade de grãos no Estado (Figura 2).

Para a obtenção do índice de estresse hídrico da vegetação foram utilizados dados capturados pelo sensor MODIS a bordo plataforma Terra. Este sensor foi escolhido por possuir características de abrangência regional e pela alta repetitividade (Rudorff et al., 2007), assim como pela disponibilidade dos dados em forma de produtos, tornando a avaliação direta, sem a necessidade de processamentos complexos e aplicação de modelos.

O produto MOD11A2 (Temperatura de Superfície da Terra) disponibiliza a temperatura a partir de imagens geradas no período do dia e da noite, estando às mesmas na ausência de nuvens. Este produto está disponível para dados diários ou uma composição de 8 dias em resolução espacial de 1.000 ou 5.000 m.

O produto índice de vegetação (MOD13A2) disponibiliza, entre outros o NDVI, que é obtido a partir de imagens capturadas em um período de 16 dias, em resoluções de 250, 500 e

1.000 m, sendo apresentado para cada pixel da imagem o índice de vegetação mais alto encontrado no período.

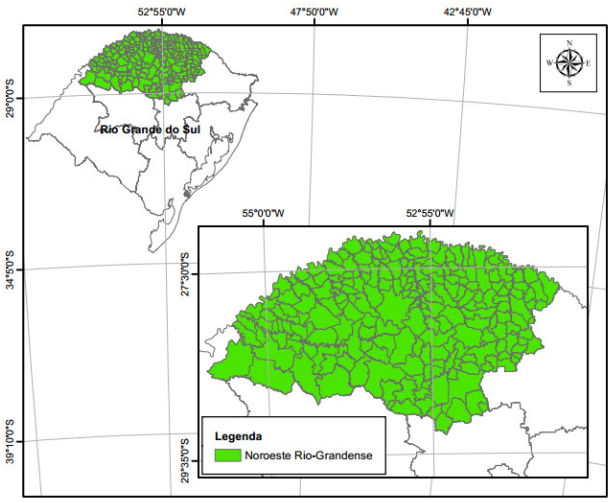

Figura 2. Localização da área de estudo no Estado do Rio Grande do Sul.

No presente trabalho foram utilizados os dados de temperatura e de NDVI com resolução espacial de 1.000 m correspondendo, respectivamente, a composições de períodos de 8 e 16 dias, obtidos através de *download* no banco de dados da LP DAAC USGS. O período de análise corresponde ao período das safras de 2004-2005 e de 2009-2010, sendo 14 imagens de NDVI e de Ts para cada safra.

O TVDI foi calculado com a aplicação da Equação (1) proposta por Sandholt et al., (2002).

$$TVDI = (T_s - T_{smin})/(a + b * NDVI - T_{smin}) \quad (1)$$

onde: T_s é a temperatura radiativa da superfície do pixel; T_{smin} é a temperatura mínima de superfície, correspondente ao limite úmido; "a" e "b" são os coeficientes linear e angular da reta que representa o limite seco. Estes limites, seco e úmido são obtidos a partir de um gráfico de dispersão entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície e são utilizados para normalização do modelo.

Tendo em vista que o modelo normalizado proporciona um índice de estresse entre 0 e 1 para cada imagem, e como o objetivo do trabalho foi analisar o padrão do índice ao longo do ciclo de cultivo, foram criados gráficos de dispersão de NDVI x Ts utilizando todos os pixels das 14 imagens de cada ciclo de cultivo analisado.

A área de cultivo de soja foi mapeada pela metodologia da Diferença entre o NDVI do período de implantação e o do máximo desenvolvimento (Santos et al., 2014). Esta metodologia consiste na obtenção de uma imagem de mínimo NDVI utilizando as datas (16/10, 01/11, 17/11, 03/12 e 19/12) e da imagem de Máximo NDVI, com as datas de 02/02, 18/02, 06/03 e 22/03 para posterior cálculo da imagem de Diferença. Consideram-se soja os pixels que apresentam a diferença no intervalo de 0,3 a 1 para a safra de 2004-2005 e de 0,39 a 1 para a safra de 2009-2010, sendo que o critério de determinação deste limiar foi a busca de uma área de cultivo semelhante à área plantada divulgada pelo IBGE. Estas safras foram escolhidas por apresentarem rendimentos de grãos contrastantes, sendo de 0,5 e 2,7 $t.ha^{-1}$, respectivamente.

Para cobrir a área de estudo foi efetuado o *download* dos produtos MODIS *tile* h13v11, o qual foi projetado para as coordenadas geográficas WGS – 84, recortada a área de estudo e aplicada máscara na área de cultivo de soja da safra equivalente. O processamento das

imagens foi efetuado com o software ENVI 5.0, versão classic, para o qual se programou rotinas de processamento na linguagem de programação IDL 8.2.

Para análise dos resultados obteve-se dados de precipitação pluvial mensal e as Normais Climatológicas da estação meteorológica localizada no centro da região de estudo, no município de Cruz Alta, pertencente ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, número 83912, Latitude -28,63, Longitude -53,6 e altitude 472,5 m. Também foram utilizados dados de rendimento obtidos no banco de dados SIDRA do IBGE.

3 Resultados e Discussão

Na safra 2004-2005 (Figura 3) pode-se observar que das 14 imagens processadas em 5 delas são registrados altos índices de estresse hídrico (vermelho TVDI ≈ 1). Os maiores índices coincidiram com o período em que a cultura de soja estava com maior desenvolvimento vegetativo, máximo de cobertura vegetal, sendo que a precipitação pluvial ocorrida neste período foi inferior a Normal Climatológica (Figura 5 a). Esta condição foi observada especialmente de dezembro a março, meses nos quais a cultura encontra-se com maior sensibilidade à falta de água, definindo as componentes do rendimento (Matzenauer et al., 2002). Nesta safra o rendimento médio foi o menor observado nos últimos 10 anos.

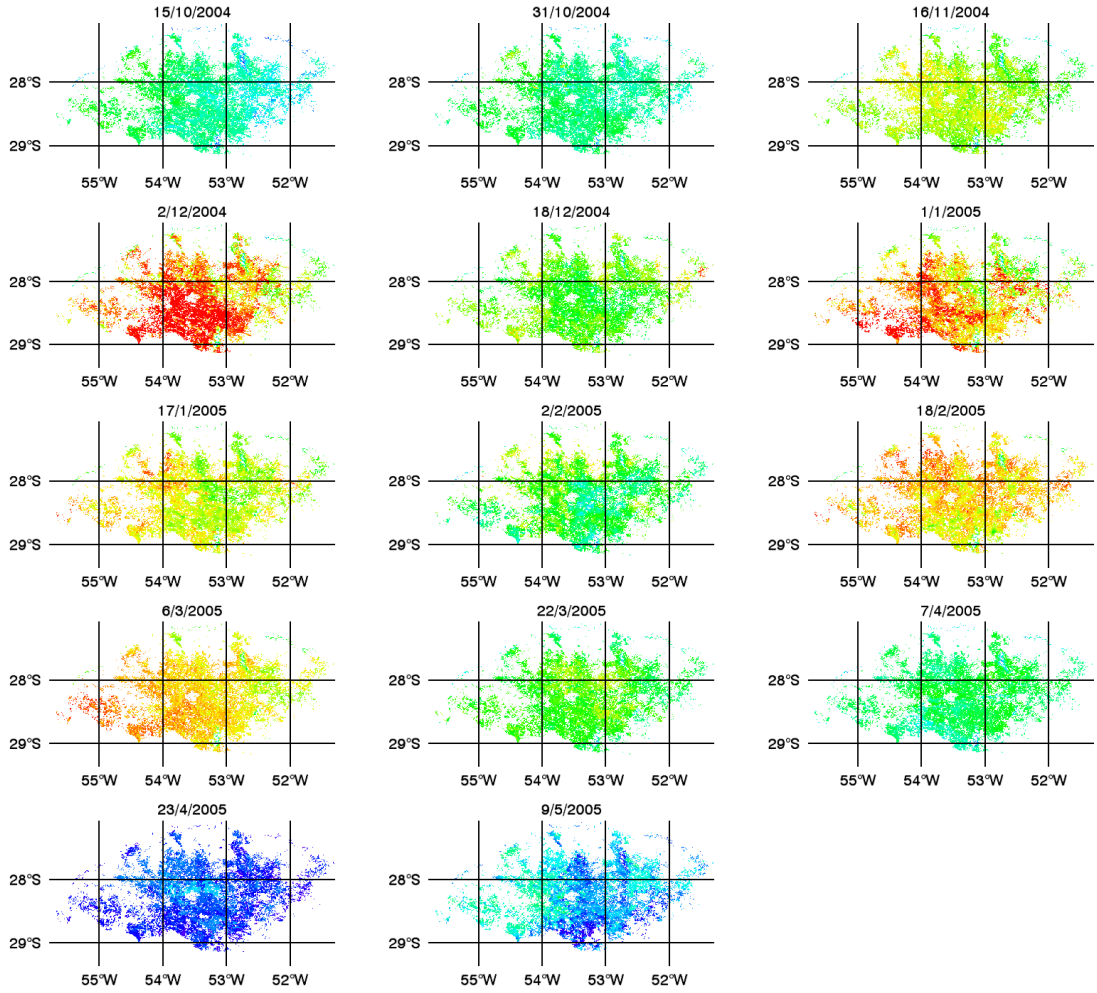

Figura 3. Índice TVDI de estresse hídrico para a safra 2004-2005 para a área de estudo no RS.

Em contraste, para a safra de 2009-2010 (Figura 4), observa-se somente 3 períodos com altos índices de estresse. Sendo que o primeiro deles ocorreu em novembro, período inicial do plantio da soja, onde o solo está exposto e sujeito ao aumento do índice pelo rápido aquecimento do solo, o que se pode considerar normal e não tem consequência sobre o rendimento. Já em dezembro, quando o solo está coberto e predomina vegetação verde e especialmente em fevereiro, quando as lavouras encontram-se no máximo de cobertura, é quando a precipitação pluvial abaixo da normal é prejudicial Os índices de estresse maiores nestes períodos podem, por um lado, ser indício de inadequada distribuição temporal da precipitação pluvial, visto que a Figura 5 b mostra que a precipitação pluvial ocorrida nestes meses foi acima da Normal Climatológica. Por outro lado, o estresse observado pode ser consequência do fato de que em geral a precipitação pluvial normal que ocorre no Estado não é suficiente para atender à demanda hídrica da cultura (Matzenauer et al., 2002). Apesar de esta safra ter sido um das que se obtiveram maiores rendimentos, estes são ainda inferiores aos rendimentos observados nos Estados do Brasil central, onde os totais de precipitação pluvial são superiores ao do Rio Grande do Sul.

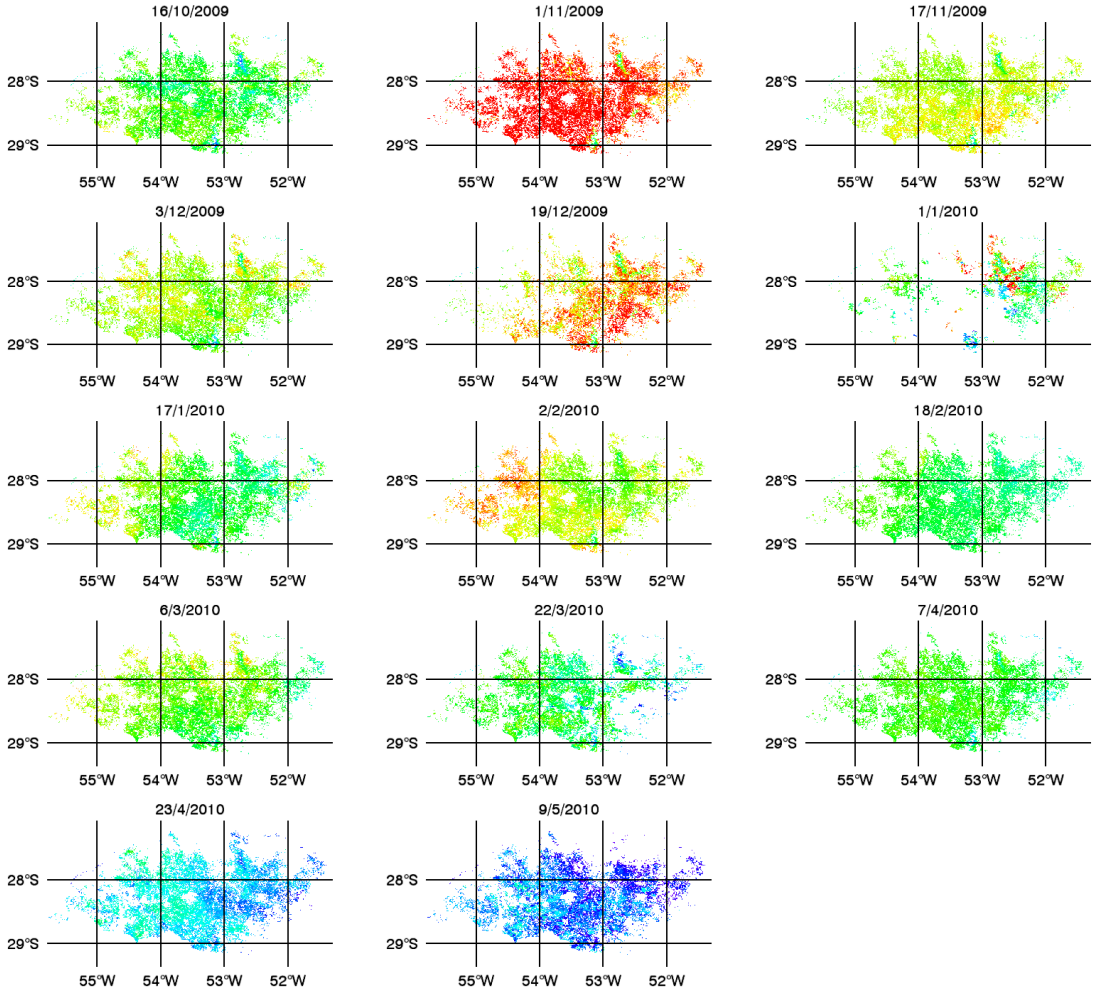

Figura 4. Índice TVDI de estresse hídrico na safra 2009-2010 para a área de estudo no RS.

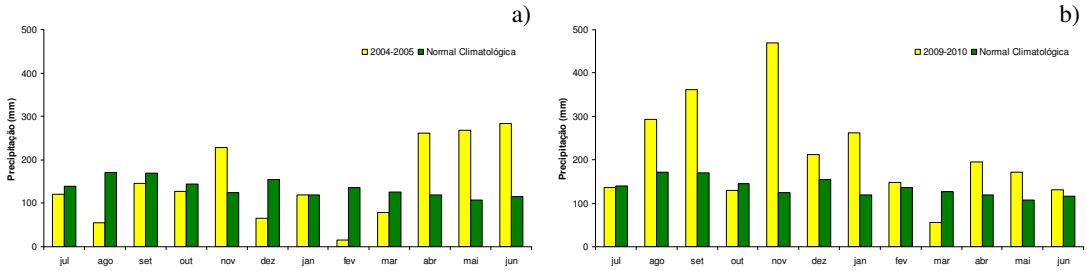

Figura 5. Precipitação pluvial em Cruz Alta-RS para as safras 2004-2005 e 2009-2010.
Fonte: INMET.

Observa-se que o TVDI na safra de 2004-2005 (Figura 6 a) atingiu altos valores inclusive quando a cultura da soja estava com alto desenvolvimento vegetativo que correspondem aos meses de fevereiro e março quando ocorre a floração e o enchimento de grãos (Cunha et al., 2001). Já para a safra de 2009-2010 (Figura 6 b) não se observa tal padrão; o TVDI foi superior no início e no final da cultura, associado à ocorrência de solo exposto. À medida que a vegetação se desenvolve o índice de estresse diminui indicando a disponibilidade de água no solo para que a planta controle sua temperatura; o índice de vegetação (NDVI) é sensível em relação ao estresse, e sua resposta é mais lenta, ocorre somente quando o estresse já afetou o desenvolvimento da planta, já o índice TVDI tem resposta rápida inclusive a um evento isolado de estresse por se basear no uso da Ts e sua alta dinâmica; o estresse reflete no índice de vegetação pelo menor desenvolvimento da vegetação.

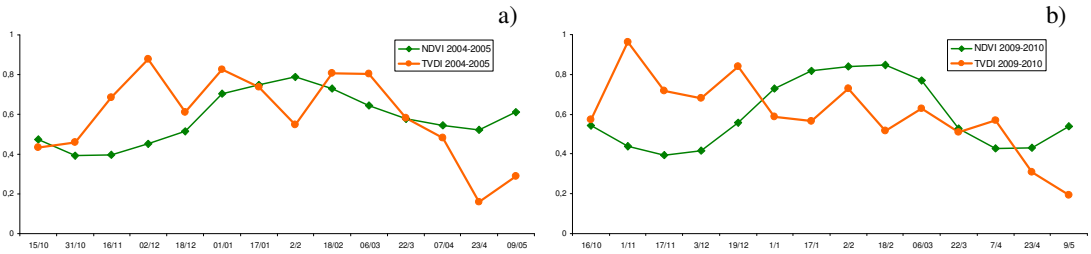

Figura 6. Perfil temporal médio do índice de vegetação (NDVI) e do estresse hídrico (TVDI) para as safras 2004-2005 e 2009-2010 na área de estudo no RS.

4 Conclusões

O TVDI mostra sensibilidade para representar as diferentes grandezas do estresse hídrico nas áreas de cultivo da soja, seja em anos de maiores ou menores rendimentos de grãos e/ou anos extremos da precipitação pluvial. Pode, portanto, ser uma importante ferramenta em sistemas de monitoramento e previsão de safras.

Referências Bibliográficas

Berlato, M. A.; Fontana, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.

Coll, C., Caselles, V., A split window algorithm for land surface temperature from advanced very high resolution radiometer data:Validation and algorithm comparison. Journal of Geophysical Research, vol. 102, 14:16697-16713. 1997.

CONAB - Acomp. safra bras. grãos, v. 1 - Safra 2013/14, n. 3 - Terceiro Levantamento, dez. 2013.

Cunha, G. R.; Barni, N. A.; Haas, J. C.; Maluf, J. R. T.; Matzenauer, R.; Pasinato, A.; Pimentel, M. B. M.; Pires, J. L. F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.446-459, 2001.

EMATER/RS - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. Informativo conjuntural 29 de agosto de 2013. Disponível em:
http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/ conj_29082013.pdf.

Fontana, D. C., Berlato, M. A., Lauschner, M. H., Mello, R. W.,. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 3, p. 399-403, mar. 2001.

Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphanio. São José dos Campos, SP: Parênteses. 598 p. 2009.

IBGE, Instituto brasileiro de Geografia e Estatística – Banco de Dados SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:
<http://www.inmet.gov.br/>

LP DAAC USGS MODIS Disponível em:
<https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_overview>
<https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products_table>

Matzenauer, R., Bergamaschi, H., Berlato, M. A., Maluf, J. R. T., Barni, N. A., Bueno, A. C., Didoné, I. A., Anjos, C. S., Machado, F. A., Sampaio, M. R., Boletim FEPAGRO, Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul, n. 10, agosto 2002.

Niclòs, R., Caselles, V., Coll. C., Valor, E.,2007 Determination of sea surface temperature at large observation angles using an angular and emissivity-dependent split-window equation. Remote Sensing of Environment 111 (2007) 107–12.

Rudorff, B. F. T., Shimabukuro, Y. E., Ceballos, J. C., O Sensor Modis e suas Aplicações Ambientais no Brasil. Ed. Parêntese. São Paulo. ISBN 978-85-60507-00-9, 423p. 2007.

Sandholt, I., Rasmusen, K., Andersen, J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. Remote Sensing of Enviromenmt, 79: 213-224. 2002.

Santos, J. S., Fontana, D. C., Silva, T. F., Rudorff, B. F. T., Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.1, p.54-63, 2014.