

ESTIAGEM NA REGIÃO SUL DO BRASIL MONITORADA ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Janice Freitas Leivas^{1}; Ricardo Guimarães Andrade²; Daniel de Castro Victoria³; Fabio Enrique Torresan⁴; Luiz Eduardo Vicente⁵; Edson Luis Bolfe⁶*

Resumo - Este estudo objetivou avaliar o Índice de Vegetação Padronizado (IVP) no monitoramento da estiagem em períodos críticos da soja da safra 2011/2012 em municípios da região Sul do Brasil que plantam mais de 7000 ha da leguminosa. Para tanto, foram utilizados dados SPOT-Vegetation do período de 1998 a 2012 para obtenção da anomalia do índice de vegetação com a finalidade de avaliar o vigor da vegetação no período compreendido entre o 1º decêndio de dezembro ao 3º decêndio de fevereiro, do período agrícola de 2011/2012. Anomalias positivas de IVP indicam bom vigor da vegetação e anomalias negativas são indicativas de ocorrência de estiagem. No período analisado de 2011/2012, foram obtidas grandes áreas com anomalias negativas de IVP, ou seja, com baixo vigor da vegetação, coincidindo com períodos de ocorrência de estiagem na região sul do Brasil. Os resultados comprovam o potencial do IVP para o monitoramento indicativo de estiagens podendo auxiliar na tomada de decisão para o setor agrícola.

Palavras-Chave – estiagem, soja, sensoriamento remoto,

DROUGHT IN SOUTHERN BRAZIL MONITORED THROUGH SATELLITE IMAGES

Abstract – This study aimed at assessing the performance of the Standard Vegetation Index (SVI) for drought monitoring during critical periods of soybean plantations in the Southern region of Brazil which grows over 7,000 ha of this legume. We used SPOT-Vegetation data from 1998 to 2012 to obtain the vegetation index anomaly for assessing plant vigor for every ten-day period from December to February ten-day period of December to the third ten-day period of February for the agricultural seasons from 2011/2012. Positive SVI anomalies indicate good plant vigor, and negative anomalies indicate the occurrence of drought. Largest areas with negative SVI anomalies, i.e. with poor vegetation vigor, were obtained during the 2011/2012 periods, which coincides with drought events in the Southern region of Brazil. The results confirm SVI potential for the indicative monitoring of droughts and thus for aiding decision making in agriculture.

Key words: drought, soybean, remote sensing.

¹ Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite. Email: janice.leivas@embrapa.br

^{2;3;4;5;6} Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite. Email: {ricardo.andrade, daniel.victoria, fabio.torresan, luiz.vicente, edson.bolfe}@embrapa.br

* Autor Correspondente

INTRODUÇÃO

O monitoramento de estiagens tem fundamental importância devido à grande influência sócio-econômica, por exemplo, na agricultura, em especial na cultura da soja na região sul do Brasil.

Estiagens são fenômenos meteorológicos associados a prejuízos aos diversos setores da economia e da sociedade, tais como problemas de abastecimento urbano e quebras de safras agrícolas. A ocorrência de estiagens é frequente na primavera-verão no sul do Brasil, devido à elevada demanda atmosférica e com isso, a perda de água do solo e das plantas é maior, em relação ao outono-inverno. A ocorrência de deficiência hídrica é o principal risco climático das culturas produtoras de grãos estabelecidas no período de primavera-verão (CEMET/RS,2012).

Como as secas ou períodos de estiagens são fenômenos climáticos graves e recorrentes que atingem os estados da região sul do Brasil nos últimos anos, realizou-se uma análise com base nos dados passados e o comportamento da cobertura vegetal, para analisar o vigor da vegetação, no período crítico para a soja (florescimento e enchimento de grãos), baseado em dados históricos decenais de 1998 a 2012.

O monitoramento do IVP para a região sul do Brasil foi realizado a partir de séries temporais do SPOT Vegetation, através da padronização do Índice de Vegetação (NDVI) decenal da série histórica de 1998 a 2012. O produto decenal de NDVI do sensor Vegetation (VGT), a bordo do satélite SPOT, tem a finalidade específica de imageamento da vegetação. Com a finalidade de quantificar as anomalias em forma de desvio padrão em relação à média, obteve-se o Índice de Vegetação Padronizado (IVP). Essa estimativa permite verificar o quanto a cobertura vegetal ficou acima ou abaixo do comportamento normal da vegetação, devido à padronização dos dados, possibilitando realizar comparações entre diferentes regiões, como é o caso da região sul do Brasil, que apresenta diversidade da cobertura vegetal.

O objetivo do trabalho foi avaliar o Índice de Vegetação Padronizado (IVP) no monitoramento indicativo de estiagens em períodos críticos da soja em municípios da região Sul do Brasil que plantam mais de 7000 ha da leguminosa. Para tanto, foi realizada a padronização do produto NDVI do SPOT-Vegetation (V2KRN_S-10_S-America) em relação ao padrão histórico para cada pixel e decênio.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a região Sul do Brasil, situada entre as latitudes 22° 30' S e 33° 45' S e as longitudes 57° 59' W e 48°00' W, ocupando mais de 7% do território brasileiro. Segundo a classificação climática de Köppen, a região Sul possui clima subtropical com as quatro estações do ano bem definidas, com verões quentes, na maior parte da Região Sul (clima Cfa). Na Serra Gaúcha e Catarinense (clima tipo Cfb), os verões são amenos com média anual de temperatura inferior a 17°C. A precipitação anual, geralmente entre 1000 e 1500 mm, apresentando variação na sua distribuição espacial.

A área de estudo compreende os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, focando-se a aplicação metodológica para os municípios com área de plantio de soja superior a 7000 ha, segundo dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2012) (Figura1), disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>

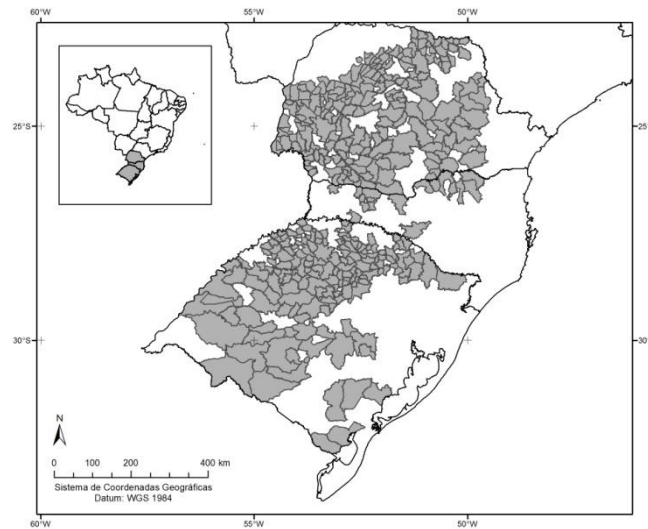


FIGURA 1. Localização da área de estudo, destacando-se os municípios com área plantada de soja superior a 7000 ha.

Foi analisado o período compreendido entre o 1º decêndio de dezembro ao 3º decêndio de fevereiro do ano agrícola 2011/12, época em que a cultura da soja se encontra em uma fase crítica de seu desenvolvimento, correspondente a época de florescimento e enchimento de grãos no sul do Brasil (Cunha et al., 2001).

Para a realização do trabalho, foram utilizados os produtos V2KRNS10 do sensor SPOT Vegetation (VGT) que fornece a síntese decendial do NDVI. Este produto é obtido a partir do valor máximo do índice de vegetação observado durante o período da composta temporal (10 dias) para cada pixel da imagem, o *Maximum Value Composite* (MVC). Como o produto é decendial, ocorre seleção dos pixels com maior valor de NDVI durante o período, reduzindo a contaminação por nuvens. O V2KRNS10 possui resolução radiométrica de 8 bits e resolução espacial de 1km. A conversão dos valores digitais da imagem para valores de NDVI é feita a partir da regressão linear:

$$NDVI = (0,004 \times NC) - 0,1$$

em que, NC é o nível de cinza de cada pixel.

A partir do produto V2KRNS10 foi obtido o Índice de Vegetação Padronizado (IVP) ao aplicar a metodologia proposta por Park et al. (2008), que permitiu quantificar o quanto o índice de vegetação de um determinado decêndio difere do valor médio de longo prazo para o mesmo decêndio.

Para cada decêndio, foi calculada a imagem anomalia de vegetação. Este cálculo foi realizado pixel a pixel e foi obtido através da subtração do NDVI mensurado no decêndio e a média de longo prazo do NDVI do decêndio, dividido pelo desvio padrão do NDVI do referido decêndio. Com isso, foi obtido o valor da anomalia de vegetação para cada decêndio do período analisado na região nordeste.

A partir da imagem anomalia de vegetação, ou seja, o quanto o IVP ficou acima ou abaixo da média do NDVI para o decêndio, pode-se identificar a variabilidade da vegetação. Esses

resultados foram comparados com os dados de precipitação padronizados (SPI – *Standardized Precipitation Index*) disponibilizados pelo IRI (*International Research Institute for Climate and Society*). As anomalias de precipitação foram comparadas com os desvios do Índice de Vegetação, em relação à média climatológica.

Para obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi necessário gerar as imagens médias de NDVI de cada decêndio, do período de dezembro de 1998 a fevereiro de 2012. A partir daí, foram obtidas as anomalias da cobertura vegetal em relação ao padrão histórico para o período analisado, ou seja, o quanto o vigor vegetativo ficou acima ou abaixo da média para o decêndio referido. O Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi obtido conforme a expressão (Park et al., 2008):

$$IVP_{dec} = \frac{NDVI_{dec} - NDVI_{med\ dec}}{\sigma_{dec}}$$

Onde, IVP_{dec} é o Índice de Vegetação Padronizado do decêndio referido; $NDVI_{dec}$ é o Índice de Vegetação do decêndio referido; $NDVI_{med\ dec}$ é a média do Índice de Vegetação para diversos anos, no decêndio referido; σ_{dec} é o desvio padrão dos índices de vegetação de vários anos no decêndio referido. Os valores de IVP e IPP foram categorizados de acordo com a Tabela 1, que representam valores do índice de vegetação muito abaixo do normal ($IVP < -2$) até muito acima do normal ($IVP > 2$).

Tabela 1 - Intervalos de classes dos valores do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) e sua correspondente categorização indicativa.

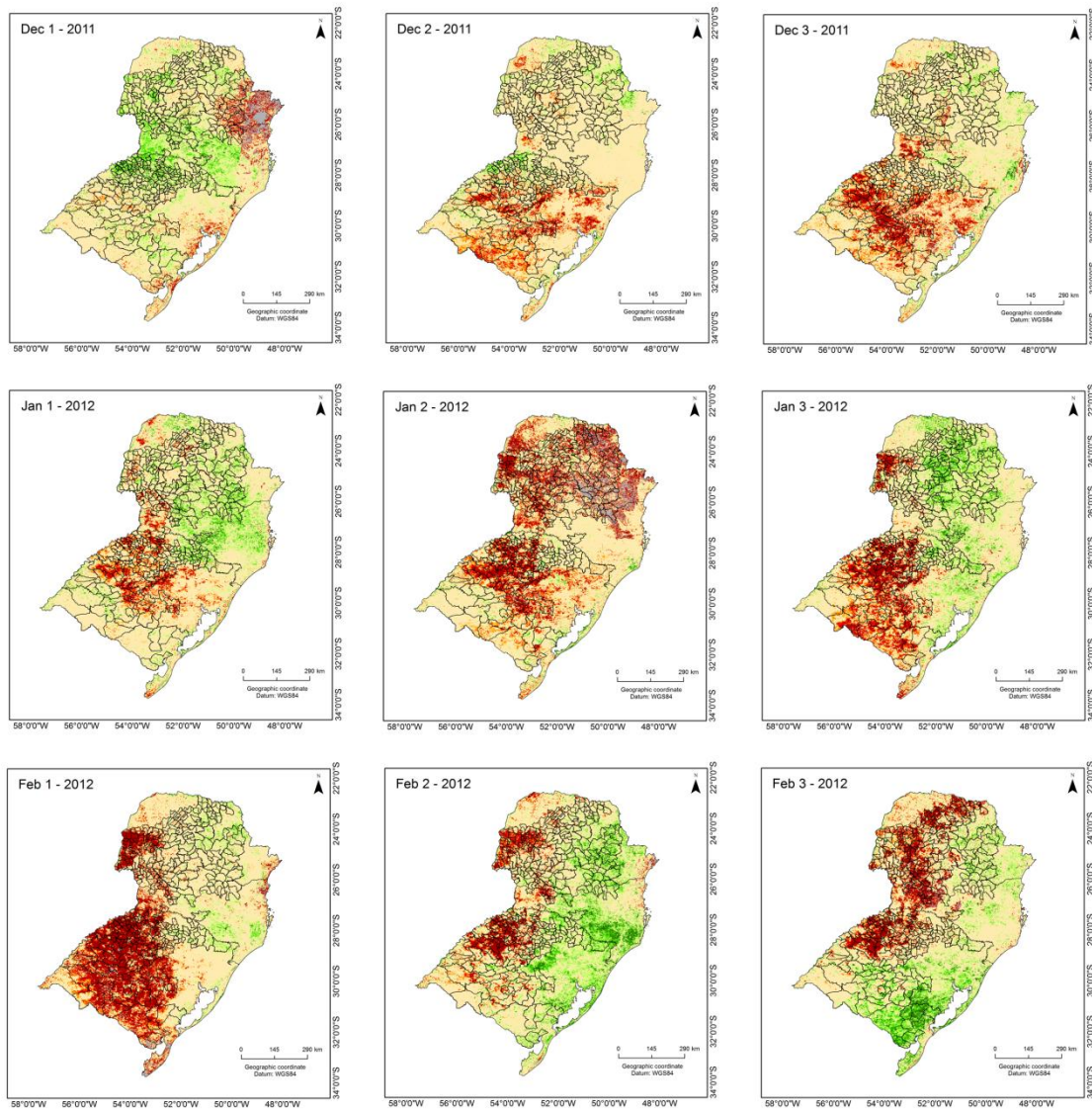
Valores de IVP	Categorização	Legenda IVP
$\leq -2,0$	Muito abaixo do normal	Vermelho escuro
$-2,0 < IVP \leq -1,5$	Abaixo do normal	Vermelho
$-1,5 < IVP \leq -1,0$	Ligeiramente abaixo do normal	Laranja
$-1,0 < IVP \leq 1,0$	Normal	Amarelo/ Branco
$1,0 < IVP \leq 1,5$	Ligeiramente acima do normal	Verde claro/ Azul claro
$1,5 < IVP < 2,0$	Acima do normal	Verde / Azul
$\geq 2,0$	Muito acima do normal	Verde escuro / Azul escuro

Com a obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP), foi possível avaliar o vigor vegetativo em relação aos padrões históricos (1998/2012) para cada pixel e decêndio do período analisado, nas áreas ocupadas por soja na região sul do Brasil, segundo dados do IBGE.

Os resultados foram expressos em desvios padrão em relação à média, ou seja, anomalia de vegetação em relação à média, possibilitando avaliar a distribuição espacial dos Índices de Vegetação Padronizado (IVP). A escala em tons de verde corresponde aos valores de NDVI ligeiramente acima do normal, acima do normal e muito acima do normal, respectivamente, ou seja, pode-se afirmar que o NDVI está acima do que era esperado para o local e decêndio analisado. As áreas em amarelo correspondem ao Índice de Vegetação (NDVI) normal, ou seja, NDVI da área assemelha-se à média do período 1998/2012, para o referido pixel. Nas áreas em tom de cinza não foram obtidos dados. Isto se deve à presença de nuvens ou pixels ruidosos, eliminados na fase de pré-processamento. Em cada decêndio, foi determinada a variação média do IVP ao longo do tempo. Para tanto, associando-se as imagens decendiais do SPOT Vegetation ao mapa de referência, foi possível determinar o IVP em cada local (pixel). Foi analisado o IVP em relação à precipitação padronizada disponibilizada pelo IRI (*International Research Institute for Climate and Society*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estiagem de 2011/12 é facilmente observada na Figura 2, pois nota-se que o IVP ficou muito abaixo do normal no período analisado, acarretando quebra de safras e sérios prejuízos econômicos para a região. Os baixos valores de IVP mostram que a vegetação apresentava vigor vegetativo abaixo do normal, possivelmente a soja estava com um desenvolvimento abaixo do que seria esperado para o período.



Municípios com área plantada de soja maior que 7000 ha
 sem dados,
 $IVP \leq -2$,
 $-2 < IVP \leq -1,5$,
 $-1,5 < IVP \leq -1$,
 $-1 < IVP \leq 1$,
 $1 < IVP \leq 1,5$,
 $1,5 < IVP \leq 2$,
 $IVP \geq 2$.

FIGURA 2. Índice de vegetação padronizado do período compreendido entre 1º decêndio de dezembro de 2011 e 3º decêndio de fevereiro de 2012.

Essa adversidade teve influência do fenômeno La Niña devido à diminuição da precipitação pluvial (Puchalski, 2000), ficando muito abaixo da normal (Figura 2), como foi o caso de 2011/2012. Outro fator importante que influenciou na estiagem foram temperaturas elevadas registradas no período conforme dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), fazendo com que aumentasse a demanda evaporativa, intensificando os efeitos da estiagem na região sul do Brasil.

A cultura da soja apresentou uma redução de 8,95 milhões de toneladas, passando de 5,32 milhões de toneladas colhidas na safra 2010/11 para 66,37 milhões na safra 2011/12. As condições climáticas adversas causadas pelo fenômeno La Niña foram os responsáveis pelo resultado negativo da safra. O longo período de estiagem causou perdas significativas às lavouras nos estados da região Sul, sobretudo no Rio Grande do Sul, com perdas de 43,8% (5,09 milhões de toneladas), seguido do Paraná com redução de 29,4% (4,53 milhões de toneladas) e Santa Catarina que também sofreu com as adversidades climáticas (CONAB, 2012).

Especificamente para cultura da soja, pesquisas demonstraram que a chuva de dezembro a março explica 80% do rendimento de grãos no Rio Grande do Sul. A fim de que o rendimento máximo seja atingido são necessários aproximadamente 200 mm de chuva por mês (Matzenauer et al., 2003). Salienta-se que, mesmo em condições normais (médias), esse volume de chuva não ocorre na região.

Na Figura 3, observa-se que a precipitação variou entre normal e abaixo da normal climatológica, na maior parte da Região Sul do Brasil. Esse fator indica que grande parte da Região Sul estava com vegetação em baixo vigor vegetativo, ou seja, com IVP abaixo do normal, possivelmente em resposta ao regime pluviométrico, com predominância de áreas com precipitação abaixo da normal na Região Sul do Brasil, conforme se constata nas imagens de Índice de Precipitação Padronizado (IPP), disponibilizadas pelo IRI (*International Research Institute for Climate and Society*).

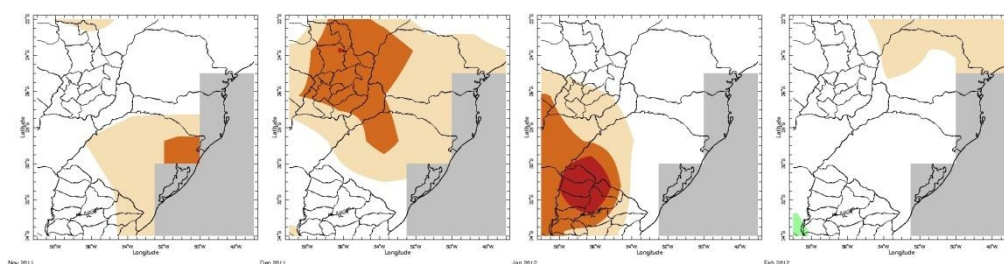


Figura 3. Distribuição espacial do Índice de Precipitação Padronizado (IPP) do período entre novembro de 2011 a fevereiro de 2012. Fonte: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>

A defasagem entre o IVP e o IPP (Figuras 2 e 3) deve-se à resposta da vegetação ao déficit hídrico, conforme constatado em estudos anteriores como Gonçalves (2008), Campos et al. (2009) e Wang et al. (2003), o comportamento do NDVI está fortemente influenciado pela precipitação, bem como o tempo da defasagem entre a precipitação e o NDVI. Ávila et al. (2009) observaram uma defasagem entre a resposta do NDVI e a precipitação. Diante dos resultados de pesquisas anteriores, na Figura 3, é exposto o produto Índice de Precipitação Padronizada (IPP), com a finalidade de visualizar a distribuição da precipitação em relação à normal para o mês. Analisando-se conjuntamente o IVP e o IPP, observa-se que o NDVI tem uma resposta à precipitação pluvial, conforme já discutido anteriormente. Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os obtidos

por Sousa Junior et al. (2009) que a partir de imagens do sensor MODIS, realizaram a padronização sazonal do índice de vegetação EVI (Enhanced Vegetation Index) e avaliaram a ocorrência de estiagens no sul do Brasil.

CONCLUSÃO

Com o Índice de Vegetação Padronizada (IVP), obtido a partir de imagens sínteses NDVI do sensor SPOT-Vegetation foi possível realizar o monitoramento indicativo de estiagens na região sul do Brasil em períodos críticos em termos de produtividade da soja.

No período crítico da soja da safra de 2011/2012, foram obtidas as maiores áreas com anomalias negativas, indicando baixo vigor da vegetação, podendo ser consideradas estiagens fortes na Região Sul do Brasil.

De forma geral, os resultados comprovam o potencial do IVP para o monitoramento indicativo de estiagens ocorridas na Região Sul do Brasil, podendo auxiliar na tomada de decisão para o setor agrícola.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, A.M.H; GONÇALVES, R.R.V.; PINTO, H.S.; ZULLO, J.J. Relação entre a precipitação e o NDVI em imagens AVHRR/NOAA para a cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 14., 2009, Natal. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Central de Informações Agropecuárias:

CUNHA, G. R., BARNI, N. A., HAAS, J. C., MALUF, J. R. ., MATZENAUER, R., PASINATO, A., PIMENTEL, M. B. (2001). Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, N. especial: Zoneamento Agrícola, v. 9, n. 3, p. 446 – 459.

GONÇALVES, R. R. V. **Relação entre a resposta espectral da cana-de-açúcar, registrada nas imagens dos satélites AVHRR/NOAA, em São Paulo, e dados agroclimáticos, no período de 2001 a 2008.** 2008. 185p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível em: <http://ibge.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2012.

MATZENAUER, R.; BARNI, N.; MALUF, A. (2003) Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural* [online]. vol.33, n.6, pp. 1013-1019.

PARK J. S.; KIM, K. T.; CHOI, Y. S. Application of Vegetation Condition Index and Standartized Vegetation Index for assessment of spring drought in South Korea. In: Geoscience and remote Sensing Symposium, 2008. IGARSS 2008, Boston, Massachusetts, U.S.A. **Proceedings...** IEEE International, vol. 3, p. III-774 July 2008.

PUCHALSKI, L. A. Efeitos Associados ao El Niño e La Niña na Temperatura Média, Precipitação Pluvial e no Déficit Hídrico no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Área de concentração em Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SOUSA JUNIOR, M. A.; SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. Monitoramento de estiagem na Região Sul do Brasil utilizando dados EVI/MODIS no período de dezembro de 2000 a junho de 2009. São José dos Campos: INPE, 2010. 134 p.

WANG, J.; PRICE, K. P.; RICH, P. M. (2003) Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, v.24, n.11, p.2345-2364, 2003.