

Relação entre NDVI e dados de precipitação em diferentes safras de soja no município de Boa Vista das Missões – RS.

Tássia Fraga Belloli¹, Péterson Oliveira Silveira², Denise Cybis Fontana³, Laurindo Antonio Guasselli⁴

^{1,3,4} Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9.500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, Brasil. ¹tassiabellolif@gmail.com, ³dfontana@ufrgs.br,

⁴laurindo.guasselli@ufrgs.br; ²Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500 | Bairro Agronomia | CEP 91509-900 – Porto Alegre, ²petriz.oliveira@hotmail.com

RESUMO

Este estudo visou analisar duas safras agrícolas de soja com rendimentos contrastantes e verificar a influência da disponibilidade hídrica sobre o Índice de Vegetação NDVI. Para tanto, utilizou-se imagens do Sensor Modis, produto MOD13Q1, para a confecção de uma máscara de cultivo, perfis de NDVI das safras de 2011 e 2012 e dados de precipitação, para a cidade de Boa Vista das Missões, no Rio Grande do Sul. O perfil de NDVI para a safra de 2012 apresentou valores anômalos, coincidindo com os baixos índices pluviométricos e a quebra da safra de soja neste ano. Já a safra de 2011, que teve volumes de chuva constantes durante o ano, apresentou maiores valores de NDVI no período de maior desenvolvimento foliar. Concluímos que os perfis de NDVI foram úteis na verificação da influência da precipitação sobre as safras de soja, demonstrando-se um bom indicativo para o monitoramento remoto desta cultura.

Palavras-chave — sensoriamento remoto, perfil temporal espectral, índice de vegetação.

ABSTRACT

This study aimed to analyze two soybean harvest with contrasting yields and to verify the influence of water availability on the NDVI Vegetation Index. For this purpose, we used images of the MODIS Sensor, product MOD13Q1, for the elaboration of a cultivation mask, NDVI profiles of the 2011 and 2012 harvests and precipitation data for the city of Boa Vista das Missões, Rio Grande do Sul. The NDVI profile for the 2012 harvest presented anomalous values, coinciding with the low rainfall indexes and the soybean crop failure in this year. The 2011 harvest, which had constant rainfall volumes during the year, presented higher values of NDVI in the period of greatest leaf development. We conclude that NDVI profiles were useful in verifying the influence of precipitation on soybean crops, being a good indicator for the remote monitoring of this crop.

Key words — remote sensing, profile spectral temporal, vegetation index.

1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma técnica que investiga a interação entre a radiação eletromagnética e diferentes tipos de alvos. Em estudos da vegetação a aplicação desta técnica permite adquirir informações sobre a distribuição dos diferentes tipos de vegetação, estado fenológico, condições de estresse, carência de nutrientes, entre outros.

A etapa de obtenção de dados em estudos da vegetação por sensores remotos é essencial e, segundo [1], pode ser realizada em três diferentes níveis: laboratório ou campo, aéreo e orbital. Estes níveis incluem o estudo de dosséis e/ou de folhas isoladas (extraídas ou não). Na abordagem referente aos dosséis, destacam-se os estudos voltados ao acompanhamento de safras e monitoramento de estresses que surgem a partir de condições desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas, e podem ser correlacionados de forma indireta, através de imagens de satélite.

Dentre os produtos gerados a partir de técnicas de sensoriamento remoto, destacam-se os Índices de Vegetação (IVs) [2]. De modo geral, os IVs têm tido associação direta entre sua grandeza e as condições hídricas e de biomassa dos padrões de vegetação [3]. A estreita correlação entre a dinâmica espaço-temporal da vegetação e os IVs, corrobora o potencial dos mesmos no monitoramento da cobertura vegetal sobre extensas áreas [4].

Entre esses índices, destaca-se o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) baseado na refletância do vermelho e do Infravermelho, sendo utilizado em diversos estudos para verificar o comportamento sazonal da vegetação e acompanhamento de culturas [5–7].

Neste contexto, encontra-se o programa *Earth Science Enterprise*, lançado em 1991 a fim de desenvolver satélites, produtos e ferramentas destinadas ao estudo intensivo da Terra, dando suporte ao monitoramento agrícola e das florestas através de imagens de sensores orbitais [4]. O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging*

Spectroradiometer), advém deste programa e foi projetado para permitir observações da Terra, oceano e atmosfera a cada dois dias.

Dentre os produtos disponibilizados pelo EOS derivados do sensor MODIS, destaca-se o produto MOD13Q1, de índices de vegetação, com amplas aplicações em estudos de cobertura vegetal. Este produto possui os índices de vegetação de NDVI e EVI em composição de 16 dias e 250 metros de resolução espacial, em formato *Hierarchy Data Format* (HDF).

Para facilitar a análise temporal de diferentes tipos vegetacionais, a Embrapa Informática Agropecuária desenvolveu a ferramenta web SATVeg para à observação de perfis temporais de índices vegetativos. No SATVeg estão disponíveis as séries históricas completas dos índices vegetativos NDVI e EVI, derivados do produto MOD13Q1, coleção 6.

A utilização do NDVI para monitoramento de safras agrícolas de soja tem demonstrado bons resultados, principalmente quando correlacionados a dados pluviométricos, devido às condições hídricas serem limitantes à produção desta cultura.

De acordo com [8], a planta de soja possui dois distintos períodos críticos à deficiência hídrica, sendo estes na semeadura e no enchimento dos grãos. Na germinação, tanto a deficiência como o excesso hídrico podem ser prejudiciais, mas especialmente, os excessos hídricos são mais limitantes. Por outro lado, o déficit hídrico durante o período de enchimento de grãos da soja reduz o tamanho deles, devido à diminuição do suprimento de fotoassimilados pela planta ou à inibição do metabolismo do próprio grão [9].

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo analisar duas safras agrícolas de soja, através do índice de vegetação NDVI e verificar a influência da disponibilidade hídrica sobre os mesmos, no município de Boa Vista das Missões, no estado do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Boa Vista das Missões localiza-se no norte do Rio Grande do Sul (**Figura 1**), sendo pertencente à microrregião de Carazinho. Com aproximadamente 195 km² de extensão territorial e uma população de aproximadamente 2.167 pessoas [10], a área média plantada com soja representa 75% da área do município, sendo este o município com maior porcentagem em área plantada com a cultura, em relação a sua área total, frente aos demais municípios do Estado.

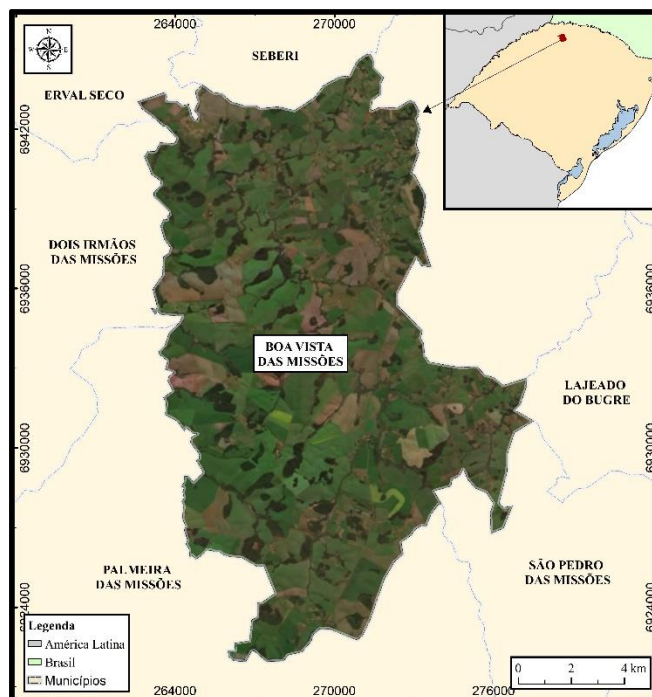


Figura 1 - Mapa de localização do município de Boa Vista das Missões.

Primeiramente, procedeu-se com a confecção de uma máscara de cultivo de soja para uma série temporal de imagens do produto MOD13Q1, referente ao tile H13V11, compreendendo o período entre os anos 2011 a 2015.

Para esta análise foi utilizado o valor médio de NDVI das composições sequenciais de 16 dias, em ano Juliano, calculando-se a média entre as imagens que compreendiam o mesmo dia, para toda a série temporal. Após a geração das imagens médias, foi extraído o perfil médio de NDVI do município, para geração da máscara de cultivo. Para tanto, utilizou-se o software ArcGis 10.3.

A máscara de cultivo, que contém os dados da área ocupada pela soja para toda a série temporal, foi desenvolvida através de expressões matemáticas utilizando o método de imagem diferença, onde foram geradas novas imagens. Estas foram classificadas como de Mínimo NDVI, Máximo NDVI e Diferença.

As imagens de mínimo valor foram geradas através da soma das imagens do início do ciclo, abrangendo os meses de outubro e novembro. As imagens de máximo valor foram desenvolvidas com a soma das imagens de máximo desenvolvimento da planta, compreendendo os meses de janeiro e fevereiro. Para esta análise foi utilizado software Envi 5.4.

A dessemelhança entre estas imagens gerou a imagem "diferença", na qual foram testados os limiares de 0,35 e 0,40, objetivando que as áreas que possuem soja como cobertura vegetal fossem ressaltadas. Visando verificar os anos com maiores e menores rendimentos das lavouras e área plantada com soja no município para a série temporal

analisada, buscou-se a base de dados da Série Histórica das Culturas Temporárias e Permanentes, junto ao IBGE [10].

Os dados do perfil temporal de NDVI para as safras dos anos de 2011 e 2012 foram obtidos junto à ferramenta Web SATVeg, com auxílio do shape da máscara de cultivo. Também foram utilizados dados pluviométricos, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica convencional Passo Fundo – RS (Código OMM: 83914; Latitude -28.216667°, Longitude -52.4°). Estes dados foram adicionados aos perfis temporais de NDVI obtidos, para verificar possível correlação.

3. RESULTADOS

O resultado de área com o limiar de 0,35 foi 13.900 hectares, sendo este o que mais se aproximou da área média cultivada com soja no município, segundo IBGE [10], que foi de 14.781 hectares.

Para validar a máscara de cultivo gerada, avaliou-se o perfil de NDVI do município, juntamente com o perfil da máscara. Nota-se na **Figura 2**, que o gráfico do perfil médio da máscara de cultivo responde melhor para diferenciação das áreas de soja que o resultado para o perfil médio do município, o que era esperado.

Os baixos valores apresentados pelo NDVI para a máscara de cultivo, nos meses de novembro e abril, respondem, respectivamente, ao período de preparo do solo, onde este é lavrado, e a colheita da cultura. Já o valor mais alto de NDVI registrado no mês de janeiro, corresponde ao período de maior desenvolvimento foliar.

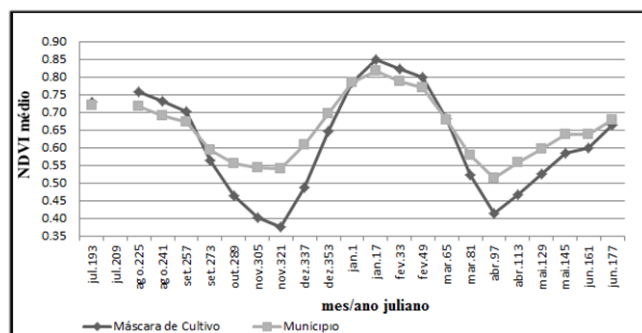


Figura 2 - Perfil médio de NDVI da máscara de cultivo e do município.

Com a disposição dos índices pluviométricos para a série temporal, verifica-se que no ano de 2012 houve a menor média de precipitação anual. Neste sentido, é sabido que a condição hídrica é um fator limitante para a boa produção e rendimento da cultura. Assim, procurou-se verificar a relação do rendimento das lavouras de soja neste município com os índices pluviométricos, conforme **Tabela 1**.

Tabela 1 - Síntese da relação de rendimento x área plantada com índices pluviométricos.

Ano	Área plantada (ha)	Rendimento (kg/ha)	Pluv. média (mm)
2011	14500	3600	340
2012	14005	1800	60
2013	15000	3300	184
2014	15000	3500	208
2015	15400	3600	222

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal, 2016.

Após verificar que o ano de 2012 teve o menor rendimento, juntamente com os menores índices pluviométricos, e os anos de 2011 e 2015 com os maiores índices e rendimentos nas lavouras, foram dispostos em um gráfico os valores médios de NDVI para a máscara de cultivo, obtidos através da ferramenta SATVeg, utilizando a série temporal de 2011 e 2012 e as precipitações respectivas, a fim de verificar o comportamento deste índice para as duas safras contrastantes, conforme **Figura 3**.

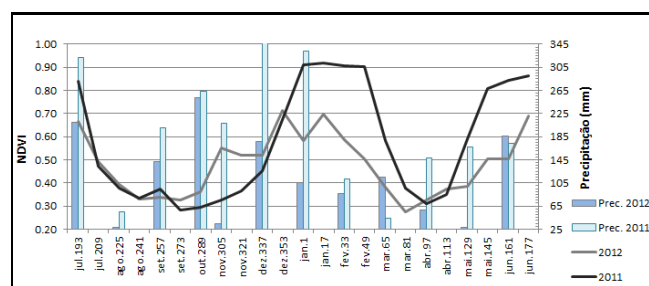


Figura 3 - Perfil médio de NDVI para os anos de 2011 e 2012, com índices pluviométricos.

A partir da **Figura 3** nota-se o comportamento anômalo dos valores do perfil médio de NDVI na safra de 2012, apresentando valores baixos no período de maior desenvolvimento da cultura (dez a fev), bem como maior variabilidade ao longo de todo o ano, se comparados com os valores do perfil médio da safra de 2011. Neste perfil, o maior valor de NDVI ocorreu em dezembro, com 0,70 e o menor valor em março, com 0,28.

O perfil de NDVI para o ano de 2011 foi semelhante ao da máscara de soja, porém apresentando índices mais altos por ter sido calculado a partir da média de um ano apenas, e não dos cinco anos, chegando ao NDVI de 0,90 nos meses de maior desenvolvimento da planta, com o valor mais baixo em setembro (0,29), no período de preparo do solo. As precipitações foram abundantes durante todo o ano, sendo que os maiores índices pluviométricos ocorreram nos meses de maior desenvolvimento da planta.

As maiores variações em relação aos perfis de NDVI entre os dois anos ocorreu nos períodos de preparo do solo, no início do ciclo, com a maior diferença entre os perfis de

0,224, e no maior desenvolvimento foliar, em fev.49, com diferença de 0,40, no meio do ciclo.

4. DISCUSSÃO

A verificação dos baixos valores de NDVI no perfil da safra de 2012 se deve a influência dos baixos índices pluviométricos que ocorreram durante todo o ano. Destaca-se que durante os períodos de semeadura (nov. 321), e de desenvolvimento foliar até o enchimento de grãos (jan.1 a mar.65, aproximadamente), os índices pluviométricos foram muito baixos, fato que, de acordo com [8], acarretou na baixa produtividade da lavoura neste ano.

Corroborando com este resultado, [11] relatam que a precipitação pluvial é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento e rendimento da soja, quer pela sua variação anual total, como por sua distribuição irregular durante o ciclo da cultura.

Deste modo, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento [12], a colheita da safra 2012 foi de aproximadamente seis milhões de toneladas, cerca 49% menor que a de 2011, causando prejuízo de R\$ 5,19 bilhões aos produtores [13].

Para a safra de 2011, a ocorrência de maiores índices pluviométricos nos meses anteriores a semeadura e no início do desenvolvimento foliar, colaborou para os altos valores de NDVI nestes ciclos e para a fase de maturação. De acordo com [14], a maturação fisiológica caracteriza o momento em que a semente se desliga fisiologicamente da planta e passa a sofrer maior influência das condições ambientais. Assim, no ano de 2011, o estado colheu uma safra com cerca de 12 milhões de toneladas, a maior desde 2001 [12].

5. CONCLUSÕES

Os perfis temporais de NDVI permitiram a análise do estado vegetativo e das características da safra de soja da série temporal utilizada, a partir das diferenciações nos valores do índice nos períodos de semeadura, desenvolvimento foliar e colheita. Auxiliou também na verificação da influência da precipitação sobre as safras de soja, demonstrando-se como um bom indicativo para o monitoramento remoto desta cultura. A ferramenta SATVeg, de acesso público e gratuito, possibilitou a extração e análise dos perfis de NDVI, se mostrando útil e prática para o monitoramento de safras de soja.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Novo, E. M. L., *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*, 4th ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.
- [2] Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Deering, D. W.; and Schell, J. A., "Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation,"

- [3] Fontana, D. C.; Berlato, M. A.; and Bergamaschi, H., "Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul," *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 33, Brasília, pp. 1399–1405, 1998.
- [4] Risso, J.; Rizzi, R.; Epiphany, R. D. V. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja," *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE*, Natal - RN, pp. 379–386, 2009.
- [5] Wagner, A. P. L.; Fontana, D. C.; Fraisse, C.; Weber, E. J.; and Hasenack, H., "Tendências temporais de índices de vegetação nos campos do Pampa do Brasil e do Uruguai," *Pesqui. Agropecuária Bras.*, vol. 48, no. 9, pp. 1192–1200, 2013.
- [6] Ferreira, M. E.; Ferreira, L. G.; Huete, A. R.; and Peccinini, A. A., "Análise comparativa dos produtos MODIS. Ecologia para o monitoramento biofísico ambiental do bioma cerrado," *Revista Brasileira de Geofísica*, pp. 251–260, 2006.
- [7] Klering, E. V.; Wagner, A. P.; Fontana, C. D.; and Berlato, M. A., "Comparação entre dois métodos de estimativa de área cultivada com arroz irrigado no Rio grande do Sul," *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR - INPE*, Curitiba, pp. 0191–0198, 2011.
- [8] Salinas, A. R.; Santos, D. S. B.; and Santos, F. O., "Comportamiento de genotipos de soja, hasta el estadio de plantulas, en diferentes niveles de humedad," *Conferencia Mundial de Investigacion en soja*, Buenos Aires, pp. 376–382, 1989.
- [9] Westgate, M. E.; Shussler, J. R.; Reicosky, D. C.; and Brenner, M. L., "Effect of water deficits on seed development in soybean," *Conservation of seed growth rate. Plant Physiology*, vol. 91, Lancaster, pp. 980–985, 1989.
- [10] IBGE, "Produção Agrícola Municipal. Série histórica completa, 1974-2015," *IBGE*, 2016. [Online]. Available: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. [Accessed: 02-Sep-2017].
- [11] Thomas, A. L. and Costa, L. A., "Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja," *Pesqui. Agropecuária Bras.*, vol. 29, no. 9, pp. 1389–1396, 1994.
- [12] CONAB, "Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção, Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Grãos," *Companhia Nacional de Abastecimento*, 2017. [Online]. Available: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos. [Accessed: 19-Dec-2017].
- [13] Emater, "RS terá queda de 49,69% na colheita de soja em 2012," *GI*, 2012. [Online]. Available: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/estagiem/noticia/2012/04/rs-tera-queda-de-4969-na-colheita-de-soja-em-2012-diz-emater.html>. [Accessed: 15-Dec-2017].
- [14] Marcos Filho, J., "Maturidade fisiológica de semente de soja," *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 15, Brasília, pp. 447–460, 1980.