

Correlação entre o rendimento da soja e os dados de estiagem utilizando dados EVI/Modis na região centro do Estado do Rio Grande do Sul – BR

Pâmela A. Pithan¹, Manoel A. S. Júnior², Elódio Sebem³

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Av. Paulo Gama, 110 – Bairro Farroupilha – Porto Alegre – RS – Brazil

^{2,3}Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Av. Roraima, 1000 - Bairro Camobi - Santa Maria - RS – Brazil
pamelapithann@gmail.br, elodiosebem@politecnico.ufsm.br,
manoel@ufsm.br

Abstract. *The EVI images from MODIS sensor show a good correlation with the green biomass content can be obtained values, indicating of the water stress in the plants. In the respect, this paper makes a proposal to relate soybeans yield and drought data, integrating satellite imagery with data from the annual monitoring of the soy production at local and municipal scale. In order to check if the variables soybean production and drought anomalies have a relationship, a Pearson correlation analysis was performed for the data, wich present a good correlation, with linear regression coefficients significant for the two areas under study.*

Resumo. As imagens EVI do sensor MODIS, apresentam uma boa correlação com o conteúdo de biomassa verde, podendo ser obtidos valores indicando o stress hídrico nas plantas. Nesse sentido, esse trabalho apresenta uma proposta de relacionar o rendimento de grãos de soja com dados de estiagem, integrando imagens de satélite com dados do monitoramento anual da produção de soja a nível local e municipal. Para verificar se as variáveis produção de soja e anomalias de estiagens possuem relação, fez-se uma análise de correlação de Pearson para os dados, os quais apresentaram uma boa correlação, com coeficientes de regressão linear significativos para as duas áreas.

1. Introdução

As estiagens se caracterizam por serem menos intensas que as secas e por ocorrerem em períodos de tempo menores. Pelo fato da estiagem ocorrer, com relativa frequência, em áreas mais produtivas e de maior importância econômica do que as áreas onde acontecem as secas, ela produz reflexos extremamente importantes sobre o agronegócio, comprometendo o abastecimento, a produção de alimentos e a economia da região. Em estudos anteriores os resultados obtidos por Mota et al. (1996) indicaram que a disponibilidade hídrica é o principal fator limitante ao rendimento de grãos de Soja no Estado do Rio Grande do Sul.

O gerenciamento do setor agrícola tem-se tornado cada vez mais sofisticado, exigindo informações continuamente atualizadas, sobre o desempenho das safras,

antecipadamente ao período da colheita, nesse sentido o sensoriamento remoto proporciona informações sistemáticas e de alta qualidade espacial e temporal sobre a superfície terrestre [Liu & Kogan, 2002]. As imagens EVI (*Enhanced Vegetation Index*) do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), por suas características, podem ser utilizadas para se obter informações atualizadas sobre o setor agrícola, uma vez que permite identificar variações significativas no verdor da vegetação (estado de sanidade) causadas por eventos climáticos, como a estiagem. Nesse sentido, esse trabalho apresenta uma proposta de relacionar o rendimento de grãos de soja com dados de estiagem, integrando imagens de satélite com dados do monitoramento anual da produção de soja a nível local e municipal.

2. Metodologia

As áreas analisadas, estão localizadas na região centro do Estado do Rio Grande do Sul – BR. Foi analisado o município de Tupanciretã que possui uma área territorial de 2.251 Km² (IBGE, 2015), o município é o maior produtor de soja do Estado, e outra área localizada no município de Jóia com 221 hectares, também produtora do grão. O polígono da área foi disponibilizado em arquivos no formato kml, pela Cooperativa Agrícola Tupanciretã – AGROPAN, assim como os dados de rendimento médio anual de produtividade da área. O rendimento médio de produtividade do município de Tupanciretã é disponibilizado pela Emater/RS, no período que compreende os anos de 2006 a 2014.

Foram obtidas imagens *EVI/MODIS* referentes ao produto *MODIS – MOD13Q1* das seguintes datas, 353, 001, 017, 033, 049, que em dias julianos compreendem os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, período crítico de floração e enchimento dos grãos para o cultivo de soja. Geraram-se as imagens de média e desvio padrão de referência, para o período. A imagem de média de referência ($\bar{X}_{\text{referência}}$) é obtida pelo somatório de todas as imagens de um mesmo mês ($IMG_{\text{JAN } 20XX}$), para todos os anos, dividido pelo número de anos (n) analisados (Equação 1).

$$\bar{X}_{\text{referência}} = \frac{IMG_{\text{JAN } 2001} + \dots + IMG_{\text{JAN } 2016}}{n} \quad (1)$$

O desvio padrão de referência ($\sigma_{\text{referência}}$) é calculado a partir da raiz quadrada do somatório de todas as imagens de um determinado mês ($IMG_{\text{JAN } 20XX}$) de cada ano, menos a imagem de média de referência ($\bar{X}_{\text{referência}}$), dividido pelos anos (n) do período que está sendo analisado, menos um (Equação 2).

$$\sigma_{\text{referência}} = \sqrt{\frac{(IMG_{\text{JAN } 2001} - \bar{X}_{\text{referência}})^2 + \dots + (IMG_{\text{JAN } 2016} - \bar{X}_{\text{referência}})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Com as imagens de referências calculadas, foi possível obter-se as imagens de anomalias de vegetação, por meio do cálculo do SVI (*Standarize Vegetation Index*), para o período nos anos de 2001 a 2016. O cálculo das imagens anomalias foi realizado pixel a pixel e se obteve através da subtração da média do mês (\bar{X}_{valor}) pela média da

imagem referência ($\bar{X}_{referência}$), dividida pelo desvio padrão da imagem referência ($\sigma_{referência}$) (Equação 3). Esse e os demais processamentos foram realizados utilizando a linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), do software SPRING versão 5.4.2.

$$SVI_{valor} = \frac{\bar{X}_{valor} - \bar{X}_{referência}}{\sigma_{referência}} \quad (3)$$

Realizou-se utilizando as imagens de anomalias para essas datas, operações zonais, que resultam na avaliação de estatísticas simples como a média, sobre valores definidos por operações pontuais, distribuídos por zonas dadas através de feições vetoriais (polígonos, linhas e pontos) ou por regiões definidas através de operações booleanas (SPRING, 2016). Para verificar se as variáveis produção e anomalia de estiagens possuem relação na região de estudos fez-se uma análise de correlação de Pearson utilizando o software Statistica 7.0, para os dados referente ao município de Tupanciretã, posteriormente para os dados referente a área de lavoura, e por fim, para os dados conjuntos. Adotou-se o nível de significância a 5% de probabilidade, pelo teste t de Student. Ajustando o modelo de regressão linear para as variáveis SVI e produção, propõem-se um modelo linear de primeira ordem utilizando o modelo: $Y = \beta_0 + \beta_1X + \epsilon$.

3. Resultados e discussão

As imagens de anomalias do período para as áreas em estudo, indicam o verdor da vegetação, onde o valor de anomalia de vegetação for negativo correspondem a áreas de estiagem. Para representar os valores de anomalias de vegetação foram utilizadas as seguintes classes de vegetação (Tabela 1) definidas por Júnior et al. (2010).

Tabela 1: Classes definidas para representar os valores de anomalia de vegetação.

< -2,0 desvios padrão	Estiagem de intensidade alta
-2,0 a -1,5 desvios padrão	Estiagem de intensidade média
-1,5 a -1,0 desvios padrão	Estiagem de intensidade baixa
-1,0 a 1,0 desvios padrão	Normal
1,0 a 1,5 desvios padrão	Vegetação com verdor baixo
1,5 a 2,0 desvios padrão	Vegetação com verdor médio
> 2,0 desvios padrão	Vegetação com verdor alto

Realizando a correlação da produção de soja com a anomalia média, calculada para áreas produtoras do grão, o resultado que apresentou uma melhor relação entre produção e valores de anomalias, foi a classificação no mês de Fevereiro, ou seja, dos meses analisados esse é o mês mais crítico para a cultura de soja, uma estiagem nesse período resulta em baixos valores de produção.

Na Tabela 2 foi utilizada a média das classificações de anomalia da vegetação do período, para a área do município de Tupanciretã. A produção de soja representa a média de sacas por hectare, para cada área da colheita de cada ano, que decorre entre os meses de Março a Maio.

Tabela 2 - Resultados das médias de anomalias e média de produção do período estudado para o município de Tupanciretã – RS.

Área município de Tupanciretã		
Anos	Produção sc/ha	Anomalia
2006	12,00	-0,77
2007	37,50	0,16
2008	44,00	0,29
2009	40,00	0,02
2010	39,00	-0,12
2011	43,00	0,23
2012	50,00	0,40
2013	17,00	-1,48
2014	50,00	0,05

A Tabela 3, representa a média das classificações de anomalia da vegetação do período, para a área analisada no município de Jóia. O ano de 2007 não foi avaliado para a área de Jóia, pois não houve produção de soja no referido ano.

Tabela 3 - Resultados das médias de anomalias e média de produção do período estudado para a área localizada no município de Jóia – RS

Área município de Jóia		
Anos	Produção sc/ha	Anomalia
2001	53,03	0,74
2002	25,64	-1,00
2003	69,02	0,37
2004	19,96	-0,86
2005	5,72	-0,92
2006	32,8	-0,47
2008	52,2	0,21
2009	0,00	-1,29
2010	72,30	0,83
2011	52,80	0,85
2012	11,00	-1,65
2013	49,30	0,31
2014	50,66	0,82
2015	68,06	0,95
2016	62,61	0,33

O coeficiente de correlação linear simples para a análise da área do município foi de 0.88. Na análise de regressão, o teste de hipótese resultou em um $p\text{-value} = 0.000001$, o coeficiente de determinação obtido foi $R^2 = 0.78$ para 7 graus de liberdade e a 5% de significância. Ajustando o modelo de regressão linear para as variáveis SVI e produção para a área do município obtivemos a seguinte equação 4.

$$Prod_{Mun} = 39,59991 + 19,58949 \times SVI_{Mun} \quad (4)$$

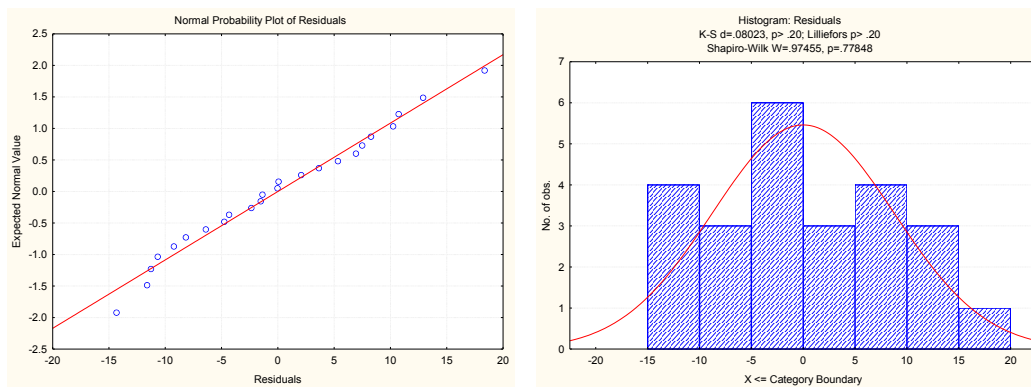
O coeficiente de correlação linear simples para a área da lavoura resultou em um coeficiente de 0.91 que evidencia uma forte relação linear entre as variáveis, significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de Student. Na análise de regressão, o teste de hipótese resultou em um *p-value* = 0, o coeficiente de determinação obtido foi $R^2 = 0.83$ para 13 graus de liberdade e a 5% de significância. Ajustando o modelo de regressão linear para as variáveis SVI e produção para a área de lavoura obtivemos a seguinte equação 5.

$$Prod_{Area} = 42,95841 + 24,71311 \times SVI_{Area} \quad (5)$$

Os coeficientes de correlação linear simples são significativas para a análise de todos os dados, com um coeficiente de 0.90 que evidencia uma forte relação linear entre as variáveis, significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de Student. Na análise de regressão, o teste de hipótese resultou em um *p-value* = 0, o coeficiente de determinação obtido foi $R^2 = 0.82$ para 22 graus de liberdade e a 5% de significância. Ajustando o modelo de regressão linear para as variáveis SVI e produção para a análise de todos os dados, obtivemos a seguinte equação 6. Podemos observar o gráfico de normalidade dos resíduos e o histograma dos resíduos (Figura 10).

$$Prod_{total} = 41,87708 + 23,72500 \times SVI_{total} \quad (6)$$

Figura 1 – Gráfico de normalidade e histograma dos resíduos



No gráfico de normalidade os pontos estão passando muito próximos da reta normal não havendo tendência nos dados. No histograma os testes de Kolmogorov-Smirnov = 0.08023, $p > 0.20$, Lilliefors = $p > 0.20$ e Shapiro-Wilk's = 0.97455, $p=0.77848$ também apontaram normalidade nos resíduos já que o *p*-valor foi maior que 5%, concluindo que os erros são normalmente distribuídos.

4. Conclusão

A média das classificações de anomalia da vegetação que apresentou ter melhor relação entre produção e valores de anomalias, foi a classificação do mês de Fevereiro, foram os dados que mais apresentaram dependência para com os resultados de produtividade, ou seja, dos meses analisados esse é o mês mais crítico para a cultura de soja, havendo uma estiagem nesse período resultaria em baixos valores de produção.

Os resultados dos valores de anomalia do verdor da vegetação, obtidos por meio do cálculo do Índice de Vegetação Padronizado (*SVI*), associado aos dados de produtividade apresentaram uma boa correlação, com coeficientes de regressão linear significativos para as duas áreas.

Os coeficientes de correlação para a área de lavoura, para a área do município de Tupanciretã e para ambos os dados, foram resultados significativos evidenciando uma forte relação linear entre as variáveis, significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de Student., demonstrando que quanto maior for o valor de anomalia da vegetação, ou seja, quanto mais alto for o verdor da vegetação, maior será a produtividade da área.

Estudos futuros poderão ser desenvolvidos de maneira mais detalhada, para que se possa estabelecer uma previsão de safras em escala local, utilizando dados de estiagem a partir de sensores remotos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Cooperativa Agrícola Tupanciretã – AGROPAN, especialmente aos funcionários Juliana Brugine Gomes e Ricardo Heinzman pelo fornecimento dos dados necessários para a execução dessa pesquisa, a Universidade Federal e Santa Maria e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Referências

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02.Nov.2016.
- Júnior, M. D. A. S., 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: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2010.
- Liu W. T., Kogan F. Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation indices. International Journal of Remote Sensing, v.23, p. 1161-1180, 2002.
- Mota, F. D., Agendes, M. D. O., Alves, E. G. P., Signorini, E. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n.1, p.133-138, 1996.
- SPRING. Expressão Zonal. Ajuda do Spring. 2016.