

Mapeamento da severidade da ferrugem asiática da soja no estado do Rio Grande do Sul.

Mapping the severity of soybean rust in the state of Rio Grande do Sul.

GARCIA, A. C¹.; BRANCO, K. G. R².; DESPONTIN, M³.; VETTORAZZI, C. A⁴.; VALENTE, R. A⁵.

¹ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Avenida Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP; amparocisneros@usp.br.

² Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Avenida Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP; karinabranco@usp.br.

³ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Avenida Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP; maiara.despontin@usp.br.

⁴ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Avenida Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP; cavettor@usp.br.

⁵ Universidade Federal de São Carlos, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, CEP 18052-780, Sorocaba-SP; roavalen@ufscar.br.

RESUMO - A soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) é uma das culturas de maior produção mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor. Dentre as doenças que ocorrem na cultura, destaca-se a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsorapachyrhizi*. Diferentes estudos têm sido desenvolvidos sobre essa doença, sendo às condições climáticas um fator determinante para o desenvolvimento do fungo. Portanto o objetivo do estudo consiste em determinar o Índice de Severidade da Ferrugem da Soja (ISFS) pelos modelos de Del Ponte (2006), em função das medias pluviométricas obtidas a partir de 25 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e por meio de geoestatística interpolar para todo o estado. Os modelos de predição do ISFS adotados foram lineares (Br2) e quadráticos (Br3); os dados de chuva acumulada derivaram dos dados da normal climatológica entre os anos de 1961-1990 para os meses de dezembro a março. A interpolação para o estado foi realizada com o método da krigagem. Os resultados obtidos para esse estudo mostram que como esperado o modelo linear superestima a classe média de severidade, e foi o que apresentou a melhor correlação com a interpolação dos dados pluviométricos.

Palavras-chave: SIG, geoestatística, *Glycinemax*, *Phakopsorapachyrhizi*, previsão.

ABSTRACT - Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the world's largest production crop, Brazil is the second largest producer. Among the diseases that occur in a culture, there is the Asian rust caused by *Phakopsorapachyrhizi*. Different studies have been done on this disease, and climate conditions are determining factor for the development of the fungus. Therefore the objective of the study is determine the SoybeanRust Severity Index (ISFS) through the models of Del Ponte (2006), depending

on the rainfall averages obtained from 25 weather stations of Rio Grande do Sul and through geostatistics interpolate for the entire state. The ISFS prediction models used were linear (Br2) and quadratic (Br3); the data accumulated precipitation derived from climatologically normal data between the years 1961-1990 for the months of December to March. The interpolation for the state was performed by the method of kriging. The results for this study show that as expected the linear model overestimates the middle class of severity, and showed the best correlation with the interpolation of rainfall data.

Key words: SIG, geostatistics, *Glycine max*, *Phakopsorapachyrhizi*, prediction.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) constitui uma das dez culturas de maior importância econômica a nível mundial, sendo cultivada em extensas áreas. O Brasil consiste no segundo maior produtor desse grão abrangendo uma área de 33 milhões de hectares, tendo os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul como os maiores produtores (IBGE, 2016).

Uma das doenças mais importantes da soja é a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsorapachyrhizi*Syd. & P. Syd, chegando a proporcionar reduções de produtividade em até 70% (DALLA LANA, et al., 2015).

No Brasil, sua primeira ocorrência foi observada na safra de 2001/2002 sendo rapidamente espalhada pelas principais regiões produtoras, em função da eficiente disseminação dos esporos do fungo pelo vento. Plantas infectadas apresentam desfolha precoce, comprometendo a formação e o enchimento de vagens, o que reduz o peso final dos grãos. A doença pode ocasionar diferentes níveis de dano que dependeram do momento em que ela incide na cultura, também das condições climáticas favoráveis à sua multiplicação após a constatação dos sintomas iniciais, da resistência e do ciclo da cultivar utilizada (EMBRAPA, 2009).

Segundo Del Ponte et al. (2006a) a ferrugem da soja é dependente do clima, estando às condições climáticas relacionadas com o ciclo da doença no momento da liberação dos esporos, dispersão e deposição dos esporos, reprodução, colonização e infecção. Assim, os mesmos autores desenvolveram uma metodologia para o cálculo do Índice de Severidade da Ferrugem da soja em função da pluviometria acumulada nos últimos trinta dias antes da sua colheita.

Del Ponte *et. al* (2008) afirmam que epidemias severas de ferrugem asiática podem ocorrer quando há falhas no manejo sob condições meteorológicas favoráveis à doença, tais como chuvas frequentes.

Portanto o objetivo do presente trabalho consiste em determinar o Índice de Severidade da Ferrugem da Soja pelo modelo linear e quadrático de Del Ponte (2006), para o estado do Rio Grande do Sul, em função das medias pluviométricas obtidas entre o período de 1961 e 1990 para diferentes estações meteorológicas do estado e por meio da geoestatística gerar uma interpolação para todo o estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Situado na região sul, o estado do Rio Grande do Sul possui um importante papel na produção de soja nacional. Segundo o IBGE (2016), o estado é o terceiro maior produtor de do grão no Brasil, tendo a produção estimada em 16.294.003 toneladas para a safra de 2015/2016.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cfa e Cfb, caracterizados por apresentar chuva em todos os meses do ano, com verão quente e moderadamente quente.

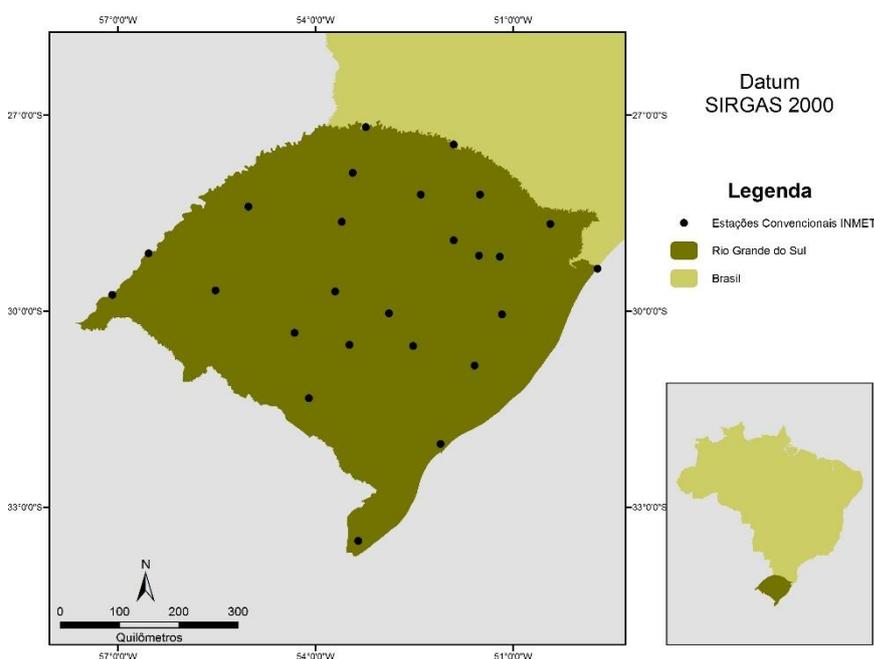


Figura 1. Localização das estações meteorológicas do INMET no Estado do Rio Grande do Sul.

Índice de Severidade da Ferrugem da Soja

A severidade da ferrugem foi calculada com base no modelo proposto por Del Ponte et al. (2006a), considerando a precipitação acumulada nos últimos 30 dias do ciclo da soja. Foram testadas duas formas de predição propostas pelo autor, a função linear Br2 (form. 1) e a função quadrática Br3 (form. 2), definidas pelas formulas abaixo, sendo P a precipitação acumulada no período de 30 dias em mm.

(1)

$$ISFS_{Br2} = 7,0578 + (0,2259 \times P)$$

(2)

$$ISFS_{Br3} = -3,8993 + (0,3777 \times P) - (0,0003 \times P^2)$$

O valor da severidade obtida pelos modelos é expresso em porcentagem sendo a classificação dos valores obtidos em três classes: baixa (0 - 20%), média (20 - 40%) e alta (40 - 60%).

Foi considerado o período de colheita da soja os meses de dezembro a março, já que foi adotada a semeadura entre os meses de setembro a dezembro, e considerando um ciclo de 120 dias aproximadamente.

Os dados de precipitação acumulada para cada mês de colheita foram obtidos com os dados das Normais Climatológicas entre os anos de 1961 e 1990 de 25 estações meteorológicas do INMET no Rio Grande do Sul.

Os valores de ISFS obtidos para cada estação meteorológica e os dados mensais de precipitação acumulada para cada mês de colheita foram interpolados para todo o estado pelo método da Krigagem Ordinária utilizando o software ArcGis.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas dos dados de pluviometria da normal climatológica interpolados para o estado de Rio Grande do Sul estão representados na Figura 2. Os mapas de severidade gerados para a mesma região, pelos dois métodos propostos por Del Ponte et al. (2006a) encontram-se nas Figuras 3 e 4, sendo a severidade máxima encontrada para o período de estudo foi de aproximadamente 60 %.

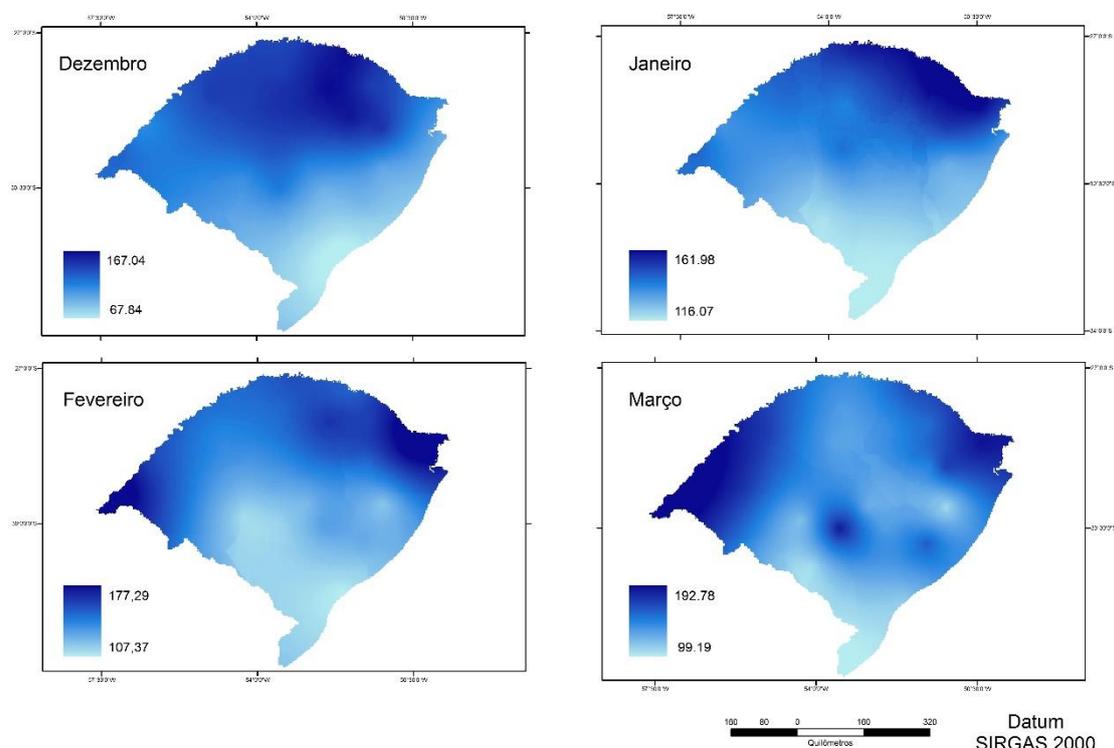


Figura 2. Precipitação média (mm) do período 1961-1990 para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

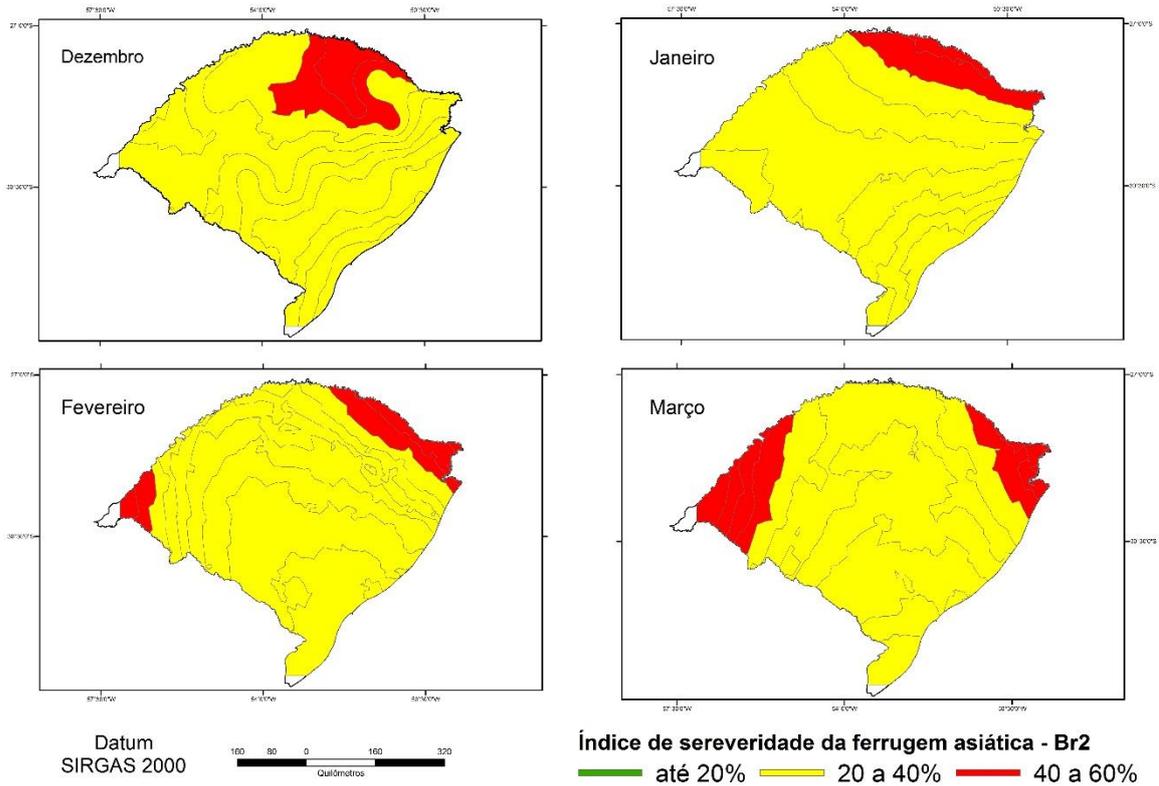


Figura 3. Espacialização do índice de severidade da ferrugem asiática da soja calculados com o método Br2, para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

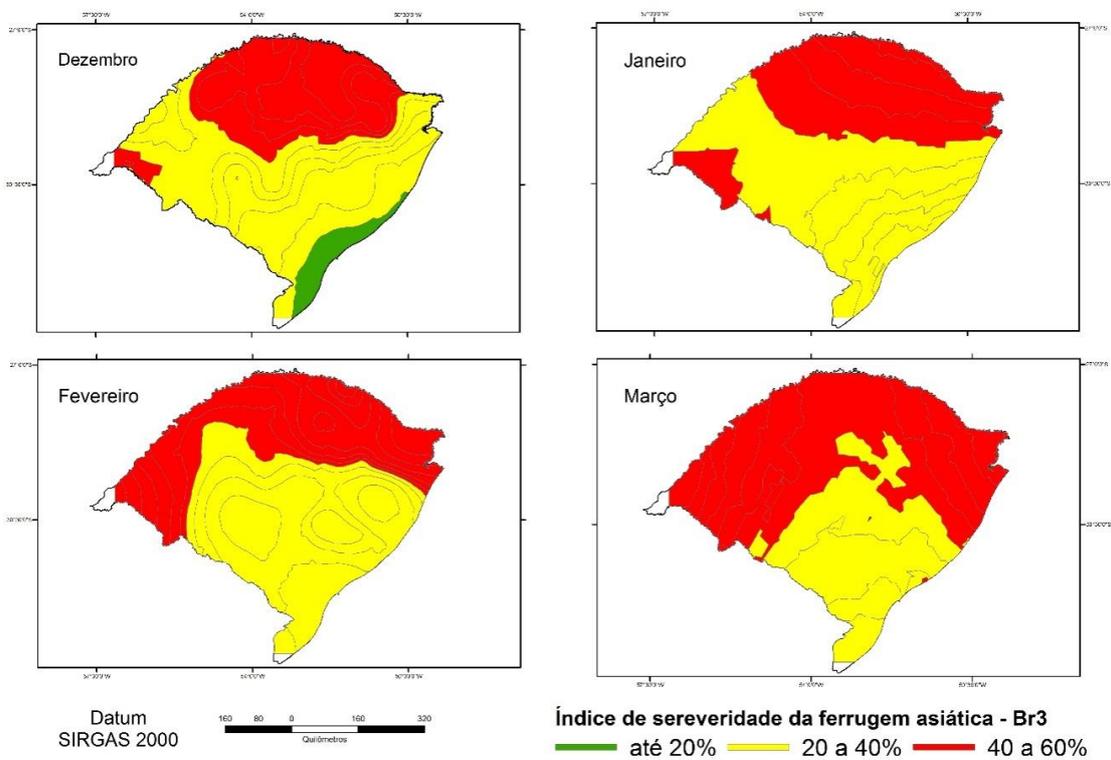


Figura 4. Espacialização do índice de severidade da ferrugem asiática da soja calculados com o método Br3, para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

A interpolação obtida dos dados de pluviosidade mensal para o período estudado apresentou melhor correlação com o modelo Br2, já que áreas com maiores índices de chuva localizados ao norte do estado são compatíveis com as áreas de alta incidência de ferrugem da soja.

Para os mapas gerados a partir do modelo linear Br2 observou-se predomínio da classe média (0 – 20%) corroborando com a hipótese de Del Ponte (2011) de que na região Sul do Brasil, as condições médias predizem níveis relativamente baixos de severidade, especialmente para as regiões localizadas mais ao sul.

Desta forma, comparando os dois métodos, o Br2 proporcionou uma superestimativa da classe média (20 - 40%) do ISFS, o que segundo Del Ponte et al. (2006a) ocorre com o modelo linear, já que esse faz previsões melhores para níveis mais baixos de gravidade, ou seja, inferior a 30 %.

Dentre os meses analisados março foi o que apresentou maior área da classe alta (40 – 60%) de severidade, já que o acumulo de chuva em março foi superior aos outros meses. Segundo Del Ponte (2006a e 2006b) no Brasil as epidemias apresentam forte correlação com a precipitação e fraca com a temperatura. Assim, plantios que ocorrem mais cedo, apresentam menor índice de incidência da ferrugem asiática (CHEVARRIA et al., 2012).

Assim para Fiallos (2011) modelos que consideram somente precipitação para descrever as epidemias de ferrugem da soja são adequados para regiões onde a temperatura não é fator limitante para o desenvolvimento da doença. Ainda segundo o mesmo autor, superestimativas do modelo para a região Sul do Brasil sugere um possível efeito das baixas temperaturas, o que não é contabilizado nesse modelo.

A interpolação de dados relacionados a índice de doença fungica também foi obtido por Santos (2013), no qual uma superfície do zoneamento de ocorrência foi estabelecida a partir de fatores climáticos que favorecem a ferrugem alaranjada do açúcar.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a metodologia proposta por Del Ponte (2006a) nos fornece uma informação relevante quanto ao Índice de Severidade da Ferrugem da soja. Entretanto, devem-se analisar os resultados obtidos por cada método e avaliar qual se adéqua as condições climáticas locais e temporais.

O ISFS fornece informações relevantes quanto à escolha das melhores épocas de plantio e ao manejo fitossanitário. A utilização dessa ferramenta para as tomadas de decisão do produtor rural, pode propiciar um manejo mais eficiente, reduzindo a quantidade de fungicidas, conseqüentemente, reduz impacto ambiental e custos para o produtor.

REFERÊNCIAS

CHEVARRIA, V.; DEL PONTE, E. M.; JAHNKE, S. M.; HAMADA, E. Mapeamento da severidade da ferrugem asiática da soja na região sul do Brasil em cenários de clima atual e futuro. Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários, EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/951451/mapeamento-da-severidade-da-ferrugem-asiatica-da-soja-na-regiao-sul-do-brasil-em-cenarios-de-clima-atual-e-futuro>>. Acesso em: 13 de maio de 2016.

DALLA LANA, F.; ZIEGELMANN, P. K.; MAIA, H. N. A.; DODOY, C. V.; DEL PONTE, E. M. Meta-Analysis of the relationship between crop yield and soybean rust severity. *Phytopathology*, v. 105, n. 3, p. 307-315, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25244347>>. Acesso em: 13 de maio de 2016.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall model. *Phytopathology*, v. 96, p. 797-803, 2006a. Disponível em: <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PHYTO-96-0797>>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; CANTERI, M. G.; REIS, E. M.; YANG, X. B. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, p. 533-544, 2006b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582006000600001>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

DEL PONTE E.M.; ESKER P.D. Meteorological factors and Asian Soybean Rust epidemics - a systems approach and implications for risk assessment. *Scientia Agricola*, v. 65, special issue, p. 88-97, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162008000700014>. Acesso em: 10 de maio de 2016.

DEL PONTE, E. M.; MAIA ADE, H.; SANTOS, T. V.; MARTINS, E. J.; BAETHGEN, W. E. Early-season warning of soybean rust regional epidemics using El Niño Southern/Oscillation information. *International Journal of Biometeorology*, v.55, n.4, p.575-583, 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20857307>>. Acesso em: 10 de maio de 2016.

EMBRAPA. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja em Londrina e Tamarana, PR, na safra 2007/08. 2009. (Circular técnica, nº 57). Disponível em:

<<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/cirtec57.pdf>>. Acesso em: 12 junho 2016.

FIALLOS, F. R. G. A. Ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. *Ciencia y Tecnología*, v. 4, n. 2, p. 45-50, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Brasil: IBGE, 2016.

SANTOS, D. L. Zoneamento da favorabilidade climática para ocorrência da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil e da Austrália.

Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2013.
Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-21082013-104149/pt-br.php>>. Acesso em: 12 de maio de 2016.