



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Irrigação suplementar para a cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, Brasil



Felipe Gustavo Pilau⁽¹⁾; Rafael Battisti⁽²⁾

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447-8506, fgpilau@usp.br

² Eng. Agrônomo, Doutorando PPG Engenharia Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP. r.battisti@hotmail.com

RESUMO: A variabilidade interanual de produção de soja no RS, principalmente ocasionada por deficiência hídrica, pode ser minimizada com irrigação suplementar. Balanços hídricos para a soja, simulados para as datas de semeadura de 15/10, 15/11 e 15/12, e solos com capacidades de armazenamento de água (CAD) de 30mm, 50mm e 70mm, quantificaram as necessidades de irrigação da cultura (NI, mm). Dados meteorológicos de 10 estações do INMET foram utilizados. O ciclo da soja foi fixado em 120 dias. O limite de 50% da CAD foi utilizado como referencial para irrigação. Com o modelo da Zona Agroecológica a eficiência climática com irrigação (ECI) foi avaliada. Mapas da distribuição espacial dos percentis 25 e 75 da NI foram elaborados por data de semeadura e CAD. A suplementação hídrica sustentou uma ECI mínima de 0,76. Todo o Rio Grande do Sul apresenta NI para a cultura da soja. Para as principais zonas de produção, as NI diminuem com o atraso da semeadura. No melhor cenário, para semeadura em 15/12 com CAD de 70 mm, a NI será de no máximo 160 mm, em 75% dos anos com menor demanda de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, suplementação hídrica, potencial produtivo, data de semeadura, CAD do solo.

Supplemental irrigation for soybean crop in Rio Grande do Sul state, Brazil

ABSTRACT: Water deficit is the main responsible for reduce soybean production in Rio Grande do Sul. This way, irrigation can be used to reduce yield gap due water deficit. Irrigation demand (ID) was estimated using water balance at three sowing dates, being 15/Oct, 15/Nov and 15/Dec, with total soil water available (TSWA) of 30 mm, 50 mm and 70 mm. The ID was estimate for ten sites using weather data from INMET. Soybean crop cycle was defined of 120 days between sowing and maturity. Irrigation was applied when fraction of soil water available was lower than 50% of TSWA. The relationship between attainable and potential yield was define for irrigation condition using Agroecological zone crop model. The results were used to build maps for 25 and 75 percentil of ID for each sowing date and TSWA. The irrigation management simulated has kept attainable yield at least 76% of potential yield. Irrigation is need in all regions of Rio Grande do Sul state for soybean crop. Irrigation demand decreases with delay of sowing in the mainly soybean production regions. In the lower irrigation demand, which occurred in the sowing date of 15/Dec with a TSWA of 70 mm, ID is a total maximum of 160 mm along crop cycle for 75% of crop season with lower ID.

KEY WORDS: *Glycine max*, water demand, potential yield, sowing date, total soil water available.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, as condições meteorológicas são acentuadamente influenciadas por um fenômeno natural de escala global, que provoca alterações no clima no mundo inteiro, denominado de El Niño/Oscilação Sul (ENOS). No Estado, o fenômeno ENOS provoca, sobretudo, variabilidade na precipitação pluvial em relação à média climatológica. Aumentos pontuais de precipitação pluvial (El Niño) normalmente favorecem a cultura. Ao contrário, as estiagens em anos de La Niña provocam perdas

produtivas consideráveis. Estima-se que, para a soja, 93% das perdas na safra ocorram em razão do déficit hídrico.

Portanto, a irrigação suplementar da soja no RS é uma prática fundamental para a estabilidade produtiva, apontado também por Mota et al. (1996), Franke & Dorfman (2000) e Vivan (2010).

Para que a agricultura irrigada combine alta produtividade com eficiência de uso da água, faz-se necessário conhecer a demanda hídrica para manter um nível mínimo de produtividade da cultura. Logo, mapas de necessidade de irrigação suplementar para a soja foram elaborados para Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as séries de dados meteorológicos diários coletados entre janeiro/1961 e março/2014, nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014), em 10 municípios do Estado. Para determinar a necessidade e quantificar a lâmina de irrigação foram simulados balanços hídricos (BH) para a cultura da soja. Nessas simulações, a irrigação foi efetivada sempre que o conteúdo de água disponível no solo alcançasse 50% da capacidade máxima de armazenamento (CAD), ou seja, adotando-se um valor de Água Facilmente Disponível (AFD) de:

$AFD = p \text{ CAD}$ (1), em que: $p = 0,5$ (Doorenbos & Kassam, 1994); CAD é a capacidade máxima de armazenamento de água no solo (mm).

Foram adotados três valores máximos de CAD para simular o BH, de 30 mm, 50 mm e 70 mm. Cada valor máximo de CAD foi, ao longo do ciclo da soja, corrigido conforme a estimativa de desenvolvimento e profundidade do sistema radicular (Tabela 1).

Tabela 1. Subperíodos de desenvolvimento, tempo médio por subperíodo, profundidade do sistema radicular (PSR) e conteúdo relativo de água em relação à CAD máxima (CADr) para a cultura da soja.

Subperíodo de desenvolvimento	Dias ³	PSR (m)	CADr (%)
Estabelecimento (S-V1)	15	0,15 ¹	30
Vegetativo (V2-R1)	40	0,38 ²	75
Floração/Formação dos grãos (R1-R5.5)	35	0,45 ²	90
Maturação (R6-R8)	30	0,50 ²	100

¹Fietz & Rangel (2008); ²Estimado a partir da recomendação de Cunha et al. (2001) de crescimento exponencial, com crescimento até a fase de final enchimento de grão (R5.5), conforme apresentado por Neumaier et al. (2000); ³Battisti (2013).

Para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) foi usada a equação proposta por Priestley & Taylor (1972):

$ET_o = \frac{\alpha W(Rn-G)}{2,45}$ (2), sendo: α é o parâmetro de Priestley & Taylor, igual a 1,26; Rn o saldo de radiação ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G o fluxo de calor no solo ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), considerado zero neste caso 2,45 é calor latente de vaporização da água ($MJ \text{ kg}^{-1}$); W o fator de ponderação, função da temperatura média do ar (T, °C).

A partir da ET_o e do coeficiente de cultura (K_c) foi determinada a evapotranspiração da cultura da soja (ET_c). Os valores de K_c foram calculados em função do desenvolvimento da cultura (Martorano, 2007):

$K_c = -0,0001(DAE)^2 + 0,0168(DAE) + 0,4269$ (3), em que: DAE significa dias após a emergência da cultura.

Para todas localidades foram anualmente simulados três balanços hídricos de cultura por CAD, em escala diária, considerando as datas de semeadura de 15/10, 15/11 e 15/12 (MAPA, 2014). Para representar as cultivares dos grupos de maturação 5 e 6, recomendados para a Macrorregião Sojícola 1, foi adotado um ciclo médio de 120 dias (Tabela 1).

Após determinar a necessidade de irrigação (NI) para cada safra, data de semeadura e tipo de solo (CAD), foram definidos os limites dos percentis de 25 e 75. Os percentis de 25 e 75 representam o valor

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

limite máximo de NI para 25% e 75% dos anos com menor demanda de irrigação. A partir dos resultados de NI, uso de um SIG (ArcGIS) e modelos digitais de elevação para o RS (*Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*), foram gerados os mapas de NI para o Rio Grande do Sul.

Para ponderar sobre a eficiência da referida proposta de determinação da NI na sustentação de um nível produtivo mínimo, a partir do modelo da Zona Agroecológica (Doorenbos & Kassam, 1994) calibrado (Battisti & Sentelhas, 2014), foram calculadas a produtividade potencial (PP) e a produtividade atingível (PA) com irrigação, para cada localidade e safras (Tabela 1), datas de semeadura e CADs. A partir da razão PA/PP foi determinada a eficiência climática acrescida de suplementação hídrica (ECI). A razão PA/PP foi lograda pela álgebra de mapas de PA e PP. Para elaborar os mapas de PA e PP utilizou-se do mesmo SIG e modelos digitais de elevação para o RS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A data de semeadura de 15/10 tem a menor área com $ECI \geq 0,8$, delimitando o nordeste do Estado (Figuras 1). Todas as outras regiões do Rio Grande do Sul teriam uma ECI menor, porém não inferior a 0,76. O aumento das áreas com $ECI \geq 0,8$ coincide com o atraso da semeadura da cultura.

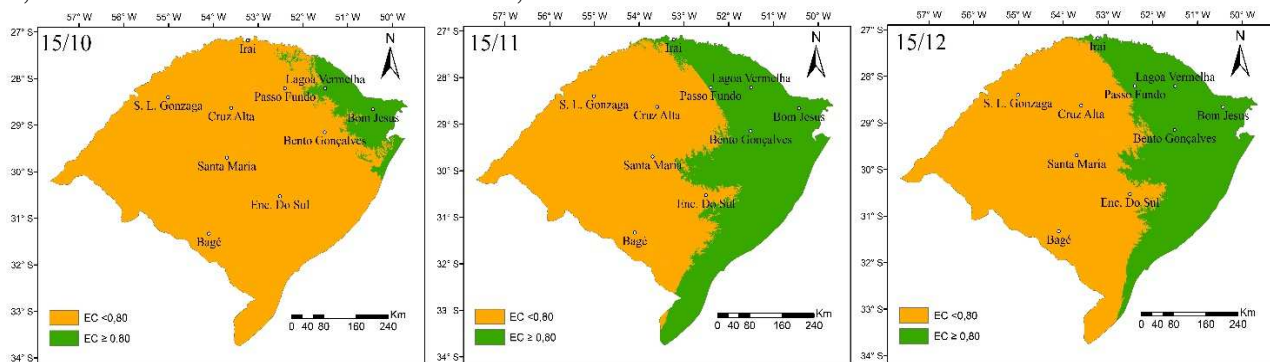


Figura 1. Relação entre produtividade atingível com irrigação (PA) e potencial (PP) para a cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, em função da data de semeadura: 15/10 (a), 15/11 (b) e 15/12 (c). Médias para CADs de 30mm, 50mm e 70mm. PP média: 5314 kg ha⁻¹; PA média: 4230 kg ha⁻¹.

A necessidade de irrigação suplementar máxima para 75% dos anos com menor demanda (Figura 2), a fim de manter uma ECI mínima de 0,76 (Figura 1), indica que todas as regiões do RS precisam de irrigação suplementar, com lâminas variáveis conforme a CAD e datas de semeadura (Figura 2).

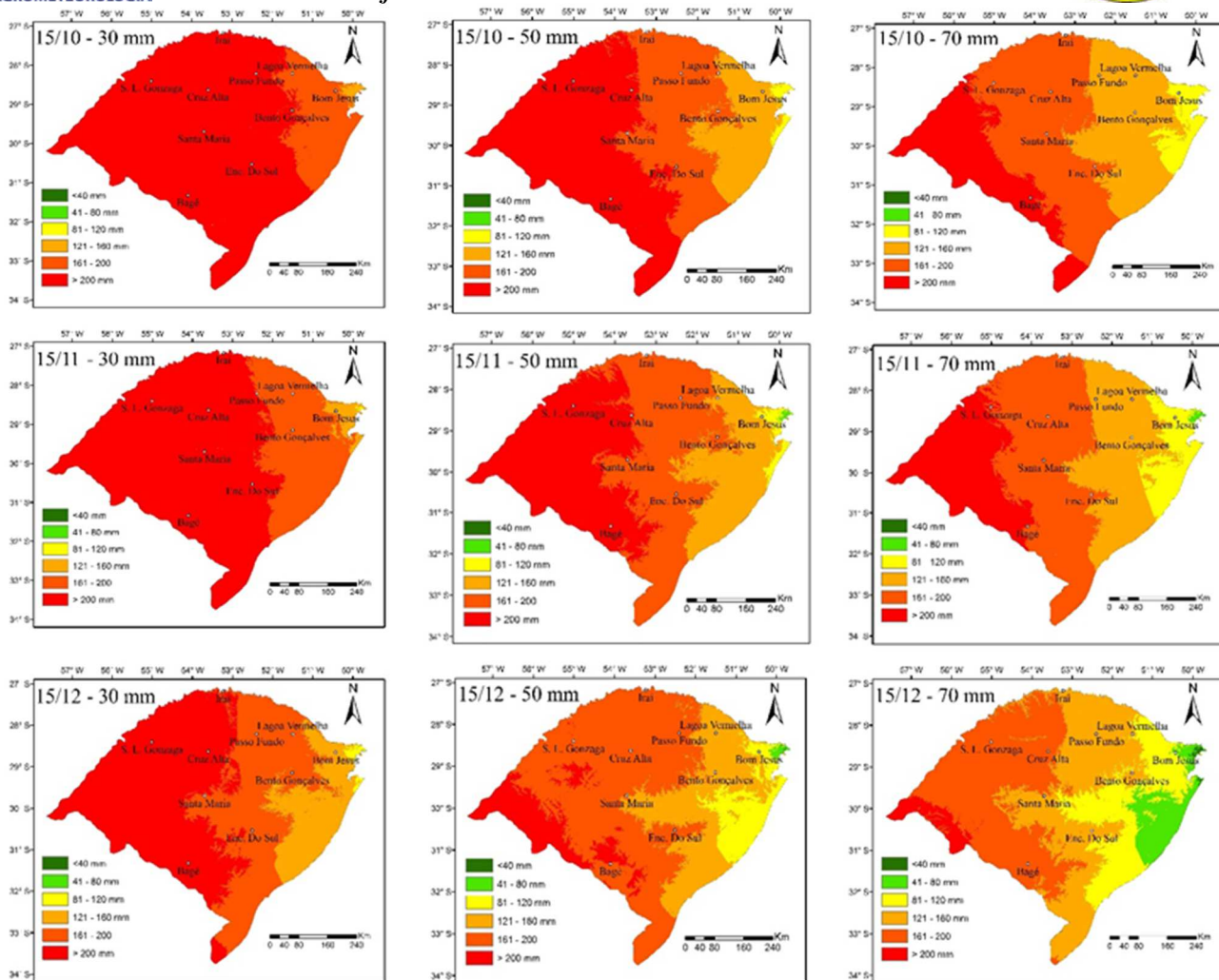


Figura 2. Distribuição espacial dos percentis 75 da necessidade de irrigação da cultura da soja para o Rio Grande do Sul. Semeadura em 15/10, 15/11 e 15/12 e CAD de 30 mm, 50 mm e 70 mm.

O Rio Grande do Sul apresenta uma tendência climatológica de precipitação pluvial crescente de leste a oeste, e adicionalmente uma divisão latitudinal, próxima aos 30°, que delimita uma disposição de maiores acumulados anuais nas latitudes menores (Buriol et al, 2004). Contudo, na ocorrência do fenômeno La Niña, Fontana & Berlato (1997) observaram reduções de 80 a 120 mm sobre grande parte do Estado, sendo elas crescentes de leste para oeste, ou seja, atenuando o gradiente longitudinal nesses anos. Já a temperatura do ar é condicionada pela latitude, demarcando decréscimos térmicos de norte para sul, e principalmente pela altitude, fazendo da região nordeste a mais fria e, contrariamente, as áreas da depressão central e fronteira oeste as mais quentes do Estado (Brasil, 1992).

Portanto, climaticamente, áreas da metade norte do RS, com excesso da região nordeste, mais quentes e com maiores valores de ETo, também registram maiores volumes de chuva, enquanto mais ao sul do Estado, onde a temperatura e a ETo são menores, tem-se também menores acumulados de chuva. Essas combinações térmicas e hídricas reduzem as diferenças latitudinais, deixando mais evidentes as divisões longitudinais, estratificando o RS quanto às necessidades de irrigação suplementar à cultura da soja, com aumentos de leste para oeste (Figura 2).

As necessidades de irrigação diminuem com o atraso da sementeira (Figura 2). Para a data de 15/12, em solos com CAD de 70 mm, a suplementação hídrica fica entre os 121 e 160 mm nas regiões Passo

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Fundo, Lagoa Vermelha e Iraí, assim como em áreas de Santa Maria e Encruzilhada do Sul. Ao oeste do RS a NI aumenta, superando os 160 mm nas regiões de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Bagé.

Áreas com CAD de 50 mm, semeadas em 15/12, teriam maior NI, passando dos 160 mm nas localidades antes citadas, a exceção de Lagoa Vermelha, chegando aos 200 mm nas áreas de produção mais ao oeste do Estado. Com CAD de 30 mm as exigências seriam ainda maiores, extrapolando os 200 mm em praticamente toda a metade oeste do RS (Figura 2).

Semeaduras realizadas em 15/10, em solo com CAD de 30 mm, teriam uma NI de mais de 200 mm (Figura 2). Para a mesma data, em solo com CAD de 50 mm, haveria a necessidade de mais de 200 mm na metade oeste do RS. Apenas as regiões de Passo Fundo, Iraí e proximidades de Santa Maria teriam demanda pouco menor, entre os 161 e 200 mm.

A redução da necessidade de irrigação a partir do atraso da semeadura também foi ressaltada por Vivan (2010) e por Franke & Dorfman (2000).

Mesmo em 25% dos anos, aqueles meteorologicamente mais favoráveis, haveria a necessidade de irrigação para soja no RS, a fim de se sustentar uma ECI de pelo menos 0,76 (Figura 3). Outra vez fica evidente a redução da necessidade de irrigação, independente da CAD, a partir o atraso da semeadura.

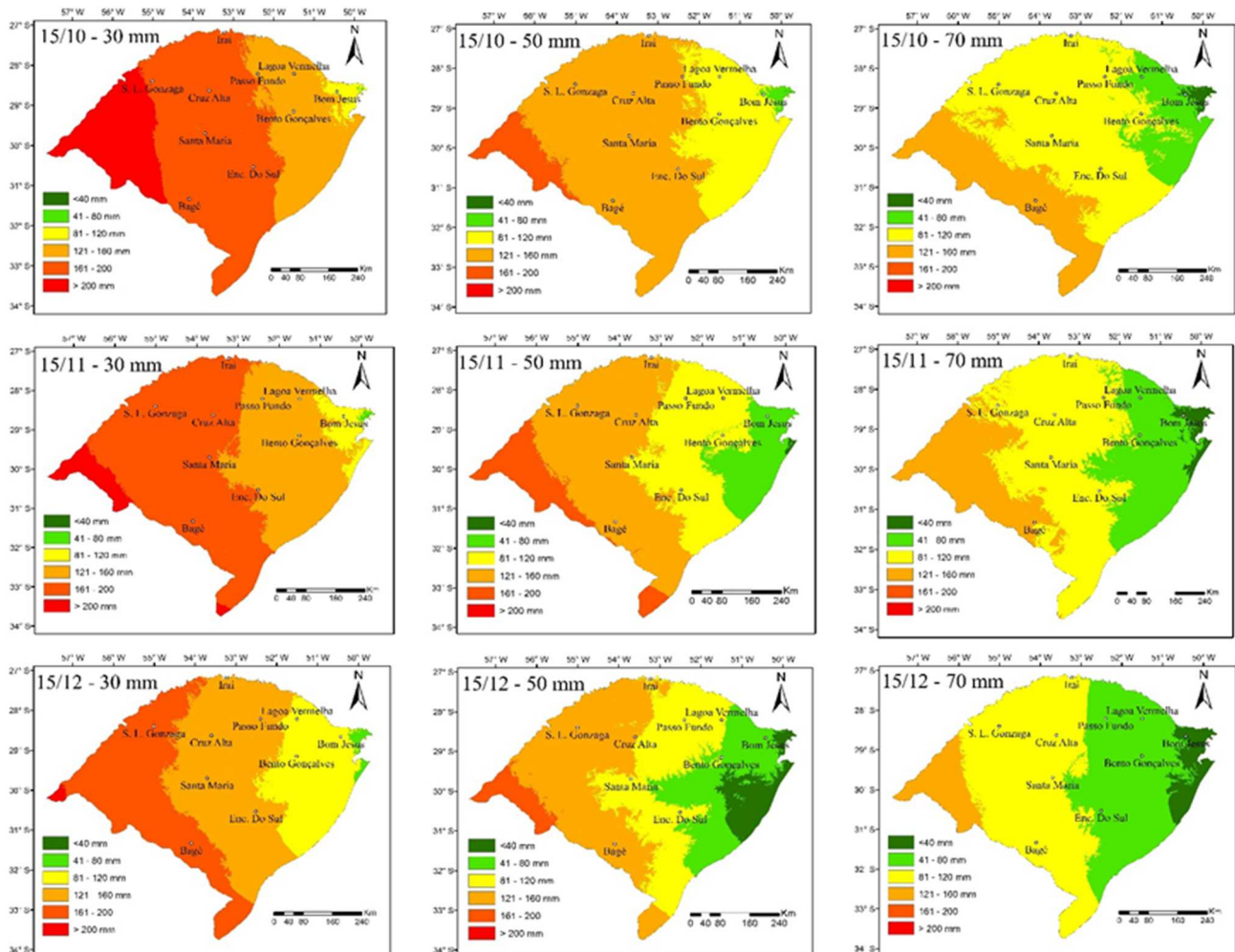


Figura 3. Distribuição espacial dos percentis 25 da necessidade de irrigação da cultura da soja para o Rio Grande do Sul. Semeadura em 15/10, 15/11 e 15/12 e CAD de 30 mm, 50 mm e 70 mm.

Semeaduras realizadas em 15/12, com CAD de 30 mm, apresenta três zonas longitudinais distintas. Uma central, demandando de 121 a 160 mm, e outra a oeste exigindo de 161 a 200 mm, demarcam a



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

maior parte das áreas de produção de soja do estado (Figuras 1 e 3). Para a mesma data, mas em solos com CAD de 50 mm, grande parte das áreas de produção passaria a exigir menos de 120 mm, sobretudo em Passo Fundo, condição essa melhorada para CAD de 70 mm, com a quase totalidade precisando também de menos de 120 mm.

CONCLUSÕES

As necessidades de irrigação suplementar aumentam longitudinalmente, de leste ao oeste do RS. Nos solos predominantemente utilizados para a produção de soja no RS (CAD de 70 mm), para que a irrigação suplementar possa ser plenamente executada em pelo menos 75% dos anos, podem ser necessários de 121 mm a 200 mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Battisti, R. Épocas de semeadura da cultura da soja com base no risco climático e na rentabilidade líquida para as principais regiões produtoras do Brasil. Piracicaba: USP/ESALQ, 2013. 261p. Dissertação Mestrado.
- Battisti, R.; Sentelhas, P. C. Drought tolerance of brazilian soybean cultivars simulated by a simple agrometeorological yield model. *Experimental Agriculture*, p.1-14, 2014.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (MARA). Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília, Brasil, 1992.
- Buriol, G. A.; Estefanel, V.; Chagas, Á. C. de. Distribuição geográfica da precipitação pluviométrica no estado do Rio Grande do Sul. *Vidya*, v.41, p.133-145, 2004.
- Cunha, G. R.; Haas, J. C.; Maluf, J. R. T.; Caramori, P. H.; Assad, E. D.; Braga, H. J.; Jullo Jr, J.; Lazzarotto, C.; Gonçalves, S.; Wrege, M.; Brunetta, D.; Dotto, S. R.; Pinto, H. S.; Brunini, O.; Thomé, V. M. R.; Zampieri, S. L.; Pasinato, A.; Pimentel, M. B. M.; Pandolfo, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, p.400-414, 2001.
- Doorenbos, J.; Kassam, A. M. Efeito da água no rendimento das culturas. *Estudos FAO – Irrigação e Drenagem* n.33, 1994. 306p. (Traduzido por Gheyi, H.R. et al. – UFPB).
- Fietz, C. R.; Rangel, M. A. S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados – MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.666-672, 2008.
- Fontana, D. C.; Berlato, M. A. *Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, n.1, p.127-132, 1997.
- Franke, A. E.; Dorfman, R. Análise probabilística das necessidades de irrigação suplementar no Rio Grande de Sul. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.2, n.2, p.109-121, 1997.
- Franke, A. E.; Dorfman, R. Necessidades de irrigação suplementar em soja nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.8, p.1675-1683, 2000.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Martorano, L. G. Padrões de resposta da soja a condições hídricas do campo sistema solo-planta-atmosfera, observados no campo e simulados no sistema de suporte à decisão DSSAT. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 151 p. Tese Doutorado

Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (Mapa). Portarias de zoneamento agrícola de risco climático. <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>. 03 Nov 2014

Mota, F. S. da; Agendes, M. O. de O.; Alves, E. G. P. et al. Análise agroclimática da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.4, n.1, p.133-138, 1996.

Neumaier, N.; Nepomuceno, A. L.; Farias, J. R. B.; Oya, T. Estádios de desenvolvimento da cultura da soja. In: BONATTO, E.R. (Ed.). Estresses em soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Passo Fundo, 2000. cap.1. p.19-44.

Priestley, C. H. B.; Taylor, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Review, v.100, p.8192, 1972.

Vivan, G. A. Resposta da irrigação suplementar em diferentes cenários para a cultura da soja na microrregião de Passo Fundo, RS. Santa Maria: UFSM, 2010. 87p. Dissertação Mestrado