



Validação do zoneamento agrícola de risco climático para soja no município de Regeneração, PI

Aderson Soares de Andrade Júnior^{1(*)}, José Verleandson dos Santos Gomes² e Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira¹

¹Embrapa Meio Norte. Av. Duque de Caxias, nº 5.650, Bairro Buenos Aires, Caixa Postal 001, CEP 64008-780 Teresina, PI.

E-mails: aderson.andrade@embrapa.br e paulo.fernando@embrapa.br

²Universidade Federal do Piauí – Centro de Ciências Agrárias. Rua Dirce Oliveira, 3397, Bairro Ininga, CEP 64048-550 Teresina, PI.

E-mail: verlygomes@hotmail.com

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 17 de abril de 2020

Aceito em 1º de julho de 2020

Termos para indexação:

Glycine max (L.) Merrill

chuva

balanço hídrico

seguro agrícola

RESUMO

O estudo objetivou validar períodos de semeadura para a cultura da soja recomendados pelo zoneamento agrícola de risco climático (ZARC-MAPA), para o município de Regeneração, PI. Utilizou-se dados locais de clima, solo e cultura obtidos na Fazenda Chapada Grande, situada dentro dos limites geográficos do município. Utilizou-se o modelo agrometeorológico Sarrazon (Sistema de Análise Regional do Risco Agroclimático) para cálculo do índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) da soja, nas fases fenológicas de germinação - desenvolvimento inicial (fase I) e floração - enchimento de grãos (fase III) consideradas as mais sensíveis ao déficit hídrico. Para o cálculo do balanço hídrico foram usadas as seguintes variáveis: precipitação pluvial, evapotranspiração de referência, duração das fases fenológicas, coeficientes de cultivo e capacidade de armazenamento de água no solo. Conclui-se que os índices de concordância de Kappa obtidos entre os procedimentos ZARC-MAPA e ZARC-Fazenda foram enquadrados nas categorias “muito boa” e “excelente”, indicando que o ZARC-MAPA conseguiu definir de forma adequada o risco climático para a soja na Fazenda Chapada Grande, município de Regeneração, PI, o que confere confiabilidade à ferramenta.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta da família das leguminosas, originária da Ásia, domesticada há cerca de cinco mil anos, com a finalidade de utilizar o grão na

dieta humana, além do consumo por animais (Mundstock & Thomas, 2005). Essa cultura ocupa posição de destaque na economia mundial e piauiense, sendo a oleaginosa mais consumida e produzida.

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mun-

do, ficando atrás dos Estados Unidos. A estimativa de área plantada de soja, na safra 2019/20 no Brasil, é de 36,820 milhões de hectares, com produtividade avaliada em 3.373 kg ha⁻¹ e produção de 124,2 milhões de toneladas em grãos (Conab, 2020). A região do MATOPIBA é responsável por 21,2% da área plantada e 19,1% da produção brasileira de soja. Destacam-se os estados do Maranhão e Piauí, os quais cultivam 1,735 milhões de ha e produzem 5,48 milhões de toneladas de soja em grãos (Conab, 2020).

Dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima é fator de mais difícil controle, exercendo maior ação limitante às máximas produtividades. Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica são os que mais afetam o desenvolvimento e a produtividade da soja (Farias et al., 2009). Entre as estratégias, para que haja redução dos riscos climáticos na agricultura faz-se necessário identificar, quantificar e mapear as áreas e os períodos mais favoráveis para a semeadura das culturas, levando-se em conta o clima, destacando-se especialmente a distribuição pluvial (Maciel et al., 2009).

As flutuações anuais de rendimento das culturas, em função dos elementos meteorológicos de caráter aleatório, por anomalias das precipitações pluviais, constituem uma preocupação contínua e crescente na agricultura. Assim, um extenso conjunto de práticas agrícolas nas áreas de irrigação, melhoramento genético para tolerância à seca, manejo e conservação do solo, rotação e consorciação de culturas e zoneamento agrícola vêm sendo estudados e utilizados com o objetivo de reduzir os impactos de adversidades climáticas sobre a produtividade agrícola da soja (Queiroz et al., 1998).

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), a partir do conhecimento da capacidade de armazenamento de água dos solos e das variabilidades climáticas de precipitação pluvial e evapotranspiração de referência e de sua espacialização regional por meio de um sistema de informação geográfica (SIG), permite definir períodos mais adequados de semeadura, como forma de diminuir os efeitos causados pela irregularidade na distribuição de chuvas (Andrade Júnior et al., 2007).

Entretanto, a geoespacialização dos dados climáticos e índices oriundos de balanço hídrico em escala regional por meio do uso de interpoladores aliado ao número reduzido e a distribuição espacial das estações meteorológicas e pluviométricas, podem induzir a equívocos na indicação das datas de semeadura com menor risco climático em menor escala (município), comprometendo a confiabilidade desse importante instrumento de orientação do crédito e seguro agrícola. Assim, a validação do ZARC utilizando dados locais de clima, solo e cultura é uma etapa recomendável para o processo de certificação e acreditação do ZARC junto aos produtores, seguradoras e agentes financeiros. O presente estudo tem por objetivo validar os períodos de se-

meadura recomendados pelo ZARC, para a cultura da soja, no município de Regeneração, PI.

Materiais e Métodos

Localização e descrição da área de estudo

O estudo foi realizado com dados de solo e clima da Fazenda Chapada Grande, pertencente à empresa REAL – Regeneração Agropecuária Ltda., situada no município de Regeneração, PI, na microrregião do Médio Parnaíba Piauiense, distante 140 km da capital Teresina, PI (Figura 1A). A fazenda ocupa uma área de 8.000 ha de soja, com rendimento médio de 3.300 kg ha⁻¹ (IBGE, 2018). O clima da região é definido como subúmido seco (Andrade Junior et al., 2004a), com precipitação pluviométrica média anual variando de 1.200 a 1.400 mm e período chuvoso que se estende de dezembro a abril (Andrade Junior et al., 2004b).

Simulação do balanço hídrico

Utilizou-se o modelo agrometeorológico Sarrazon – Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos desenvolvido por Baron & Clopes (1996). Antes da etapa de simulação, os arquivos de chuva de cada pluviômetro foram relacionados com os arquivos de evapotranspiração de referência. Posteriormente, criou-se um arquivo com as características da cultura da soja, para em seguida se iniciar as simulações, com 16 períodos decendiais de semeadura, dois tipos de solos e três ciclos da cultura, totalizando 96 simulações. As variáveis de entrada utilizadas do modelo foram:

a) Precipitação pluvial – utilizou-se as séries temporais de precipitação de 11 anos de dados diários (2005-2016) registrados em quatro pluviômetros (Sede, Sentinela 1, Sentinela 2 e Uruçu) distribuídos espacialmente na fazenda (Figura 1B).

b) Evapotranspiração de referência (ET_o) – calculou-se os valores decendiais referentes à ET_o, pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Utilizou-se a média das estimativas de ET_o das quatro estações agrometeorológicas automáticas da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) mais próximas ao município de Regeneração (Valença do Piauí, São Pedro do Piauí, Oeiras e Floriano) no período de 2008-2016 (Figura 1B).

c) Capacidade de água disponível (CAD) – Utilizou-se dados de análise física de solo obtidos de 50 amostras retiradas na profundidade de 0,0-0,2 m em diferentes talhões da fazenda (Tabela 1). O solo da fazenda foi classificado de acordo com a Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008, como sendo do Tipo II: solos de textura média, com teor mínimo de 15% de argila e menor que 35%, nos quais a diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila seja menor do que 50, e do Tipo III: solos de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35% (Brasil,

Figura 1. Localização da Fazenda Chapada Grande (A), pluviômetros e estações meteorológicas automáticas do INMET (B) utilizadas no estudo.

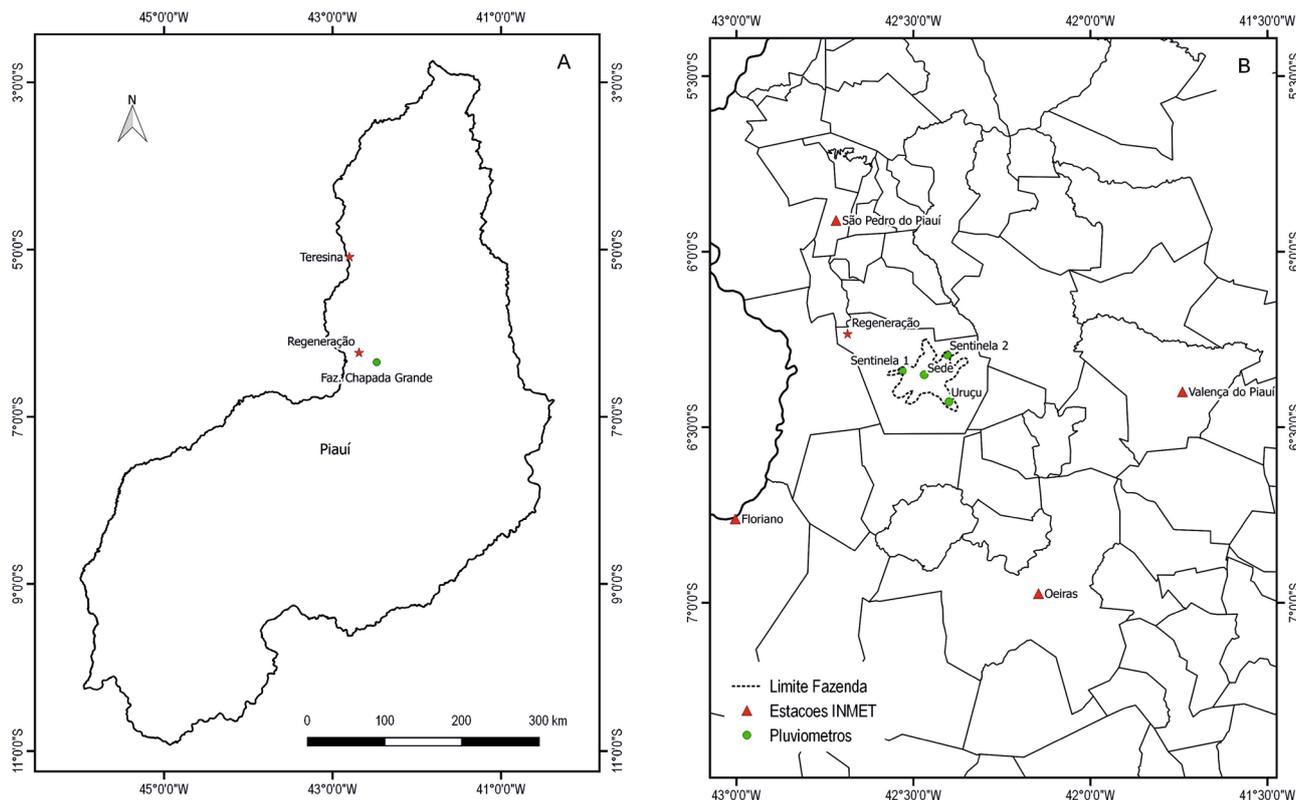


Tabela 1. Análises granulométricas de amostras de solo da Fazenda Chapada Grande. Regeneração, PI.

Prof. (m)	Nº Amostras	Areia	Silte (g kg ⁻¹)	Argila	Tipo	CAD (mm)
0,0-0,2	10	561	148	291	II	50
0,0-0,2	40	320	175	505	III	75

2008). Considerando a profundidade efetiva do sistema radicular da soja de 0,5 m, a capacidade de água disponível (CAD) para solos Tipo II e III é de 50 e 75 mm, respectivamente (Brasil, 2019).

d) Duração do ciclo – para representar as cultivares de soja recomendadas para a região em estudo, foram eleitas cultivares hipotéticas consideradas adaptadas às condições de temperatura do ar e fotoperíodo do local, com ciclo precoce (100 dias), médio (115 dias) e tardio (130 dias). O ciclo da cultura foi dividido em quatro fases fenológicas: Fase I – Germinação à emergência, Fase II – Vegetativa, Fase III – Floração ao enchimento de grãos e Fase IV – Maturação (Tabela 2).

e) Coeficientes decendiais de cultura (Kc) – utilizou-se os valores médios de Kc decendiais ao longo do ciclo da cultura da soja, obtidos a partir da interpolação de valores encontrados na literatura (Allen et al., 1998; Andrade Junior et al., 2007) (Tabela 3).

f) Períodos de simulação – foram simuladas datas prévias de 30 dias da semeadura e 30 dias após a colheita para

Tabela 2. Duração do ciclo da cultura da soja e das fases fenológicas utilizados nas simulações do ZARC-MAPA.

Ciclo	Fases Fenológicas				Total
	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	
Precoce	10	30	35	25	100
Médio	10	35	45	25	115
Tardio	10	40	55	25	130

Fonte: BRASIL (2019)

as 13 datas de semeadura avaliadas, com intervalos de 10 dias, para cada ciclo da cultivar e tipo de solo considerado (Tabela 4). Foram efetuadas simulações no período de outubro a fevereiro, caracterizado como período inicial e de estabelecimento da estação chuvosa na região, onde concentra-se a indicação do maior número de decêndios com baixo risco climático para a soja segundo a Portaria Ministerial Nº 67, de 11/07/2019, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2019).

Para a definição dos níveis de risco climático foi utili-

Tabela 3. Coeficiente de cultura (Kc) médio por decêndio para a cultura da soja utilizados nas simulações do ZARC-MAPA.

Ciclo	Decêndios												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Precoce	0,50	0,60	0,75	1,00	1,15	1,30	1,15	1,00	0,90	0,80			
Médio	0,50	0,60	0,75	0,90	1,00	1,15	1,30	1,15	1,00	0,90	0,85	0,80	
Tardio	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,15	1,30	1,15	1,00	0,90	0,85	0,80

Fonte: BRASIL (2019)

Tabela 4. Períodos de simulação do balanço hídrico da cultura da soja utilizados nas simulações do ZARC-MAPA.

Decêndio	Soja (100)		Soja (115)		Soja (130)	
	Plantio	Colheita	Plantio	Colheita	Plantio	Colheita
30	25/Out	02/Fev	25/Out	17/Fev	25/Out	04/Mar
31	05/Nov	13/Fev	05/Nov	28/Fev	05/Nov	15/Mar
32	15/Nov	23/Fev	15/Nov	10/Mar	15/Nov	25/Mar
33	25/Nov	05/Mar	25/Nov	20/Mar	25/Nov	04/Abr
34	05/Dez	15/Mar	05/Dez	30/Mar	05/Dez	14/Abr
35	15/Dez	25/Mar	15/Dez	09/Abr	15/Dez	24/Abr
36	25/Dez	04/Abr	25/Dez	19/Abr	25/Dez	04/Mai
1	05/Jan	15/Abr	05/Jan	30/Abr	05/Jan	15/Mai
2	15/Jan	25/Abr	15/Jan	10/Mai	15/Jan	25/Mai
3	25/Jan	05/Mai	25/Jan	20/Mai	25/Jan	04/Jun
4	05/Fev	16/Mai	05/Fev	31/Mai	05/Fev	15/Jun
5	15/Fev	26/Mai	15/Fev	10/Jun	15/Fev	25/Jun
6	25/Fev	05/Jun	25/Fev	20/Jun	25/Fev	05/Jul
7	05/Mar	13/Jun	05/Mar	28/Jun	05/Mar	13/Jul
8	15/Mar	23/Jun	15/Mar	08/Jul	15/Mar	23/Jul
9	25/Mar	03/Jul	25/Mar	18/Jul	25/Mar	02/Ago

zado o índice de satisfação da necessidade de água (ISNA) da soja. Esse índice expressa uma relação entre os valores de evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração da cultura (ETc), indicando assim a quantidade de água que a planta efetivamente consumiu e a quantidade de água de-sejável para garantir sua produtividade máxima.

Para cada simulação, o modelo Sarrazon estimou o ISNA em cada fase fenológica da cultura. Utilizou-se a abordagem atual empregada pelo programa oficial de seguridade agrícola do Ministério da Agricultura (Proagro), segundo a qual é avaliada o nível de atendimento da necessidade hídrica da soja nas fases fenológicas de germinação – emergência (Fase I) e floração – enchimento de grãos (Fase III). Por essa abordagem, as seguintes classes de risco climático são assim definidas:

Fase I

- a) $ISNA \geq 0,60$: a cultura da soja está exposta a baixo risco climático;
- b) $0,50 < ISNA < 0,60$: a cultura da soja está exposta a médio risco climático;
- c) $ISNA \leq 0,50$: a cultura da soja está exposta a alto risco climático.

Fase III

- a) $ISNA \geq 0,60$: a cultura da soja está exposta a baixo risco climático;
- b) $0,50 < ISNA < 0,60$: a cultura da soja está exposta a médio risco climático;
- c) $ISNA \leq 0,50$: a cultura da soja está exposta a alto risco climático.

Para a definição dos níveis de risco climático utilizando essa nova proposta, realizou-se o cruzamento das Fases I e III, de modo que os resultados obedeçam aos seguintes critérios propostos por Melo (2015) (Tabela 5). É importante ressaltar que as classes de ISNA em baixo, médio e alto risco climático para a soja foram definidas com base em análise frequência de 80%, ou seja, com probabilidade de ocorrência de oito anos em cada dez anos.

Para verificação do grau de concordância das indicações das datas de baixo risco climático indicadas pelo presente estudo (ZARC-Fazenda) às recomendações do ZARC-MAPA utilizou-se o índice de concordância de Kappa (Landis & Koch, 1977). Utilizou-se uma planilha Excel para essa estimativa (Randolph, 2020). A concordância do índice Kappa foi classificada como ruim ($0 < K \leq 0,20$); razoável

Tabela 5. Definição das classes de risco climático para a soja utilizando de forma conjunta os ISNAS das fases I e III.

Fase I		Fase III		Risco climático
Baixo	+	Baixo	=	Baixo
Baixo	+	Médio	=	Médio
Baixo	+	Alto	=	Alto
Médio	+	Baixo	=	Médio
Médio	+	Médio	=	Médio
Médio	+	Alto	=	Alto
Alto	+	Baixo	=	Alto
Alto	+	Médio	=	Alto
Alto	+	Alto	=	Alto

Fonte: Melo (2015)

($0,20 < K \leq 0,40$); boa ($0,40 < K \leq 0,60$); muito boa ($0,60 < K \leq 0,80$) e excelente ($0,80 < K \leq 1,00$) (Landis & Koch, 1977).

Resultados e Discussão

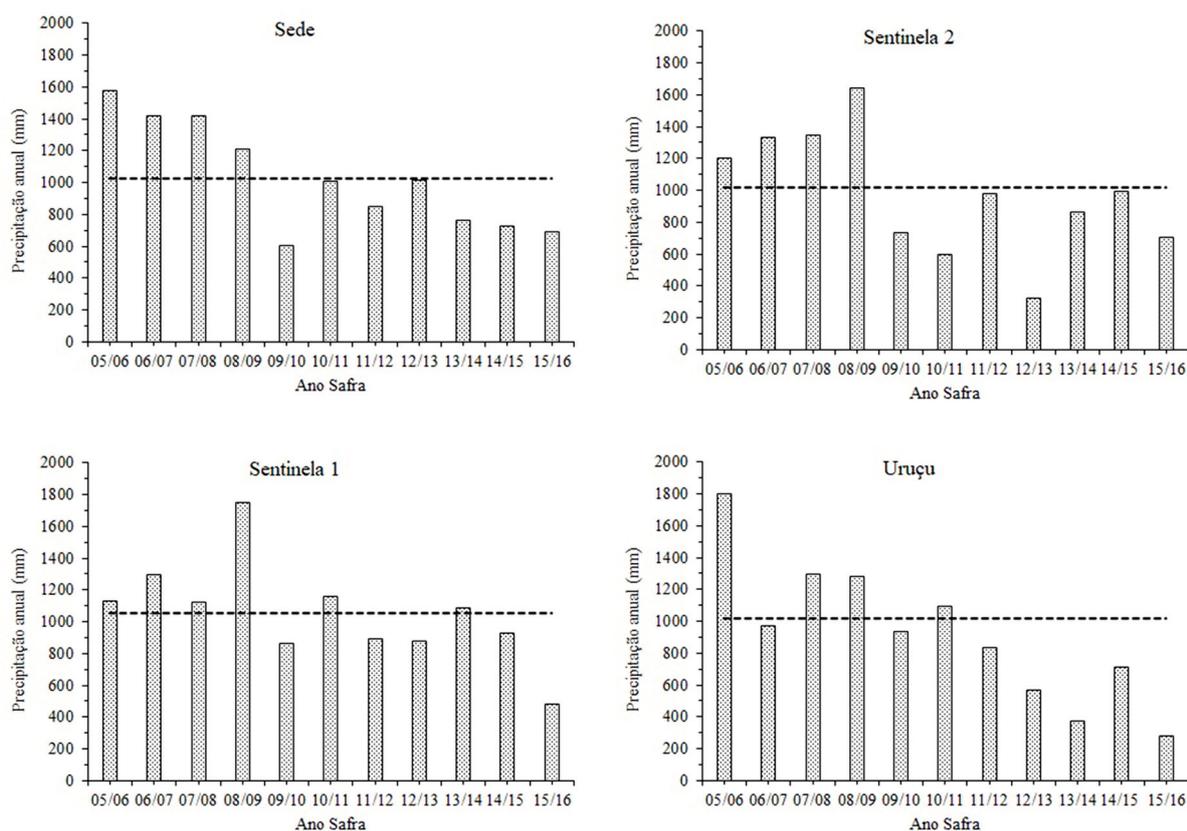
Precipitação pluvial e evapotranspiração de referência

A precipitação pluvial média anual da Fazenda Chapa Grande durante o período de 2005-2016 foi de 1.041,0 mm, com máximo de 1.070,0 mm (Sentinel 2) e mínimo de 1016,0 mm (Uruçu) (Figura 2). A variação máxima de pre-

cipitação anual entre os quatro pluviômetros foi de apenas 54,0 mm, indicando ter havido baixa variabilidade espacial na precipitação anual, o que ocorreu provavelmente por causa da pequena distância entre os quatro pluviômetros. A precipitação média anual histórica da fazenda foi um pouco inferior a faixa considerada normal para a região (1.200 mm) (Andrade Junior et al., 2004b). O período chuvoso de 2011/2012 a 2015/2016 foi considerado de seca na região.

Entretanto, houve variabilidade acentuada na precipitação registrada em cada safra entre os quatro pluviômetros. Essa tendência foi observada tanto nas safras com precipitação acima e abaixo da média histórica. Na safra 2008-2009, com precipitação acima da média histórica, no pluviômetro Sentinel 1 registrou-se um total de 1.752,0 mm, enquanto no pluviômetro Sede foi de 1.210,0 mm, uma variação de 542,0 mm (30,9 %) entre esses pluviômetros. Por outro lado, na safra 2015-2016, com precipitação abaixo da média histórica, no pluviômetro Sentinel 2 registrou-se um total de 703,0 mm, enquanto no pluviômetro Uruçu foi de apenas 282,0 mm, uma variação de 421,0 mm (59,8%) entre esses pluviômetros (Figura 2). A variabilidade na precipitação registrada nos pluviômetros na fazenda certamente promove alteração no balanço hídrico de forma localizada na fazenda, com reflexos na indicação de datas de semeadura diferenciadas para a soja, que não são

Figura 2. Precipitação anual média histórica registrada na Fazenda Chapada Grande. Regeneração, PI, 2005-2016.



consideradas pelo ZARC-MAPA que é processado em escala regional.

Quanto a precipitação pluvial média mensal, observa-se uma concentração dos períodos mais chuvosos nos meses de dezembro a abril nos quatro pluviômetros, com trimestre mais chuvoso em jan-fev-mar (Figura 3), seguindo o padrão estabelecido para a região (Andrade Junior et al., 2004b).

Houve baixa variabilidade quanto a evapotranspiração de referência (ET_o) média diária entre as quatro estações agrometeorológicas utilizadas no estudo. A ET_o média diária durante o ano variou desde 5,4 mm (Oeiras) a 4,4 mm (Floriano). Os maiores valores de ET_o foram registrados no período seco do ano (jul-dez) (5,2 a 6,5 mm), enquanto os menores no período chuvoso do ano (jan-jun) (4,1 a 4,6 mm) (Figura 4). A ET_o apresenta variabilidade espacial e temporal menor do que a precipitação pluvial, por ser estimada com base em elementos climáticos de baixa variabilidade tais como a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global (Oliveira, 2018). Assim, as indicações de datas de semeadura de baixo risco são por causa do efeito da precipitação sobre o balanço de água no solo (Blain & Pires, 2011).

Índice de satisfação da necessidade de água (ISNA)

Para cultivares de ciclo precoce (100 dias), as datas de semeadura com baixo risco climático (ISNA \geq 0,6 nas fases I e III), em solo Tipo 2 (CAD = 50mm) concentraram-se no

período de 05-jan a 25-fev, uma “janela” de semeadura de seis decênios de extensão. Em solo Tipo III (CAD = 75 mm), a “janela” de semeadura aumentou para nove decênios (05-dez a 25-fev) (Figuras 5A e 5B). Esse é o cenário mais favorável que associa menor duração do ciclo de cultivo (100 dias) com maior capacidade de água disponível no solo (CAD = 75 mm).

Para cultivares de ciclo médio (115 dias), houve redução da janela de semeadura para oito decênios (05-dez a 15-fev) em ambos os tipos de solos (Figuras 5C e 5D). A redução do período de baixo risco climático em relação às cultivares de ciclo precoce ocorreu por causa do aumento do ciclo de cultivo. Ressalta-se que houve acréscimo no número de períodos de semeadura com baixo risco recomendadas no início da estação chuvosa (05-dez a 25-dez).

Quanto as cultivares de ciclo tardio (130 dias), as datas de semeadura com baixo risco climático concentraram-se de 05-dez a 05-fev (sete decênios) em solos do Tipo II e III (Figuras 5E e 5F), justamente no período de pleno estabelecimento da estação chuvosa na região. O aumento da duração do ciclo de cultivo em 30 dias em relação às cultivares de ciclo precoce antecipou a janela de semeadura para o início da estação chuvosa.

Em todas as simulações avaliadas de duração do ciclo e CAD, nas datas iniciais simuladas (25-out a 25-nov), o risco climático para semeadura da soja foi elevado, notadamente, por não atingir a condição mínima exigida de disponibilidade de água no solo para semeadura (ISNA na

Figura 3. Precipitação média mensal histórica registrada na Fazenda Chapada Grande. Regeneração, PI, 2005-2016.

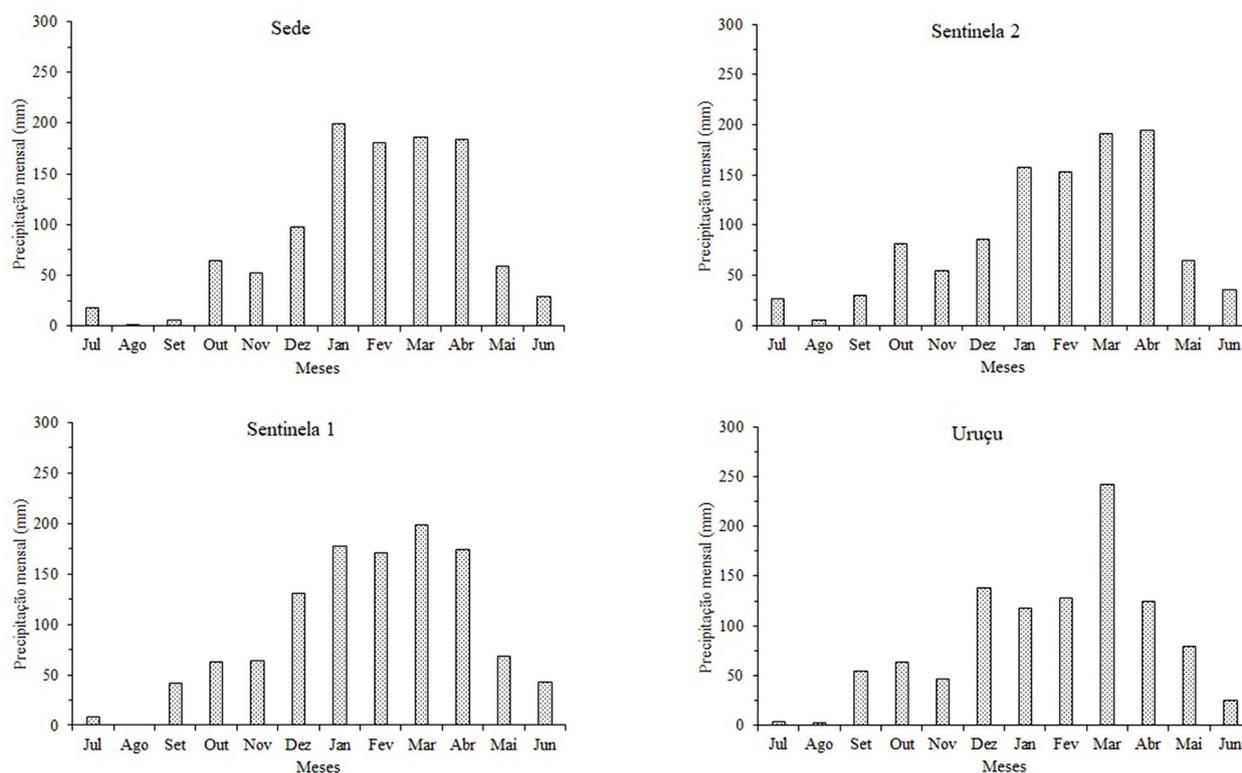
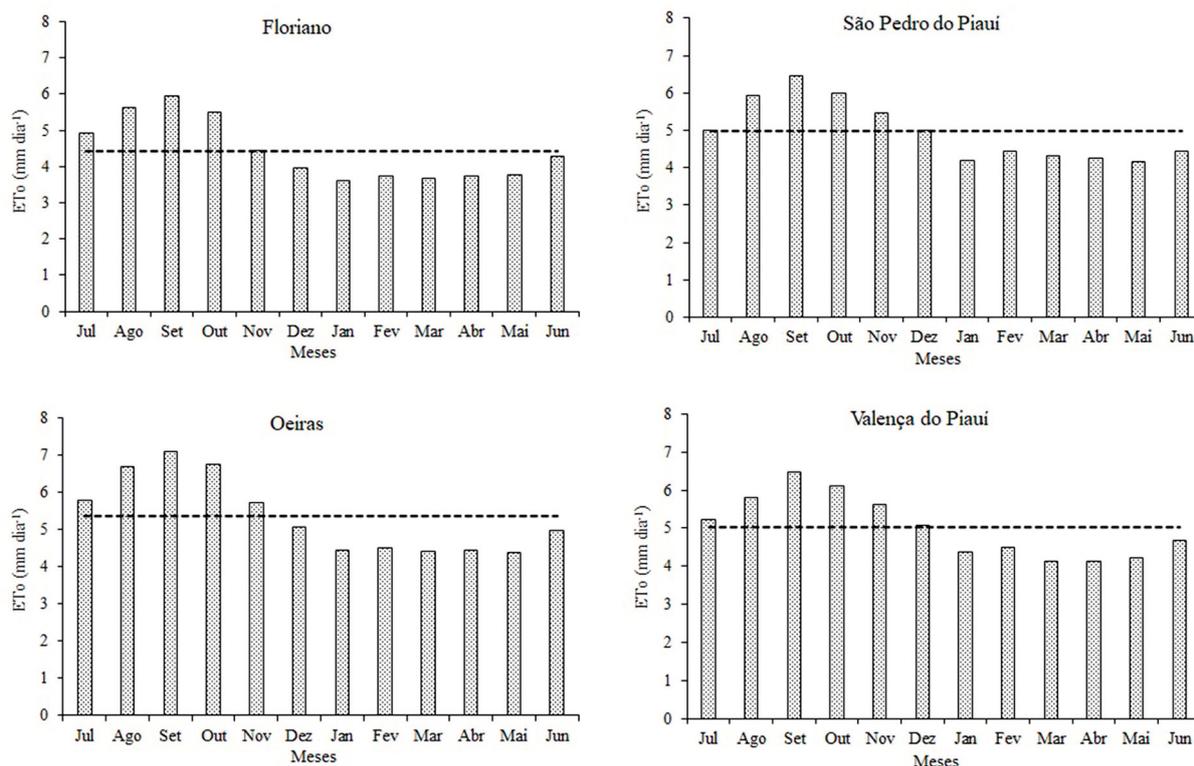


Figura 4. Evapotranspiração de referência média diária histórica registrada nas estações meteorológicas automáticas do INMET situadas em Floriano, Oeiras, São Pedro do Piauí e Valença no período de 2008-2016.



fase I $\geq 0,6$), embora tenham alcançado a condição de adequada disponibilidade de água no solo para atendimento da demanda hídrica da soja na sua fase de maior exigência (florescimento – enchimento de grãos). Por outro lado, nas datas finais simuladas (25-fev a 25-mar), o risco climático para semeadura da soja foi elevado, embora tenha alcançado a condição de adequada disponibilidade de água no solo para atendimento da demanda hídrica da soja na sua fase inicial (fase I), não atingiu a condição mínima exigida de disponibilidade de água no solo para semeadura na fase de maior exigência (fase III) (Figura 5).

É importante ressaltar também, ter ocorrido menor flutuação nos valores de ISNA (menores barras de erro), notadamente na fase I (emergência – estabelecimento inicial), para os períodos de semeadura de 15-dez a 25-fev, devido ao pleno estabelecimento da estação chuvosa na região, constatado pela menor variação na precipitação registrada nos pluviômetros da fazenda. Por isso, é recomendável sempre que possível fazer-se a semeadura da soja nos períodos mais centrais da “janela” de plantio, como forma de evitar-se as flutuações naturais da precipitação no início da estação chuvosa.

Independentemente do tipo de solo e ciclo de cultivo, os índices de concordância de Kappa variaram de 0,67 a 0,89, enquadrados nas categorias de “muito boa” a “excelente” (Landis & Koch, 1977). Para soja de ciclo precoce, em solo tipo III, obteve-se a melhor concordância entre as duas estratégias ($K = 0,89$), enquanto que para soja de ciclo

médio e solo tipo III, registrou-se a menor concordância ($K = 0,67$). O melhor ajuste verificado entre os dois procedimentos ocorreu justamente na combinação tipo de solo e ciclo de cultivo de menor risco climático nas fases I e III, em um maior número de decêndios (Figura 6).

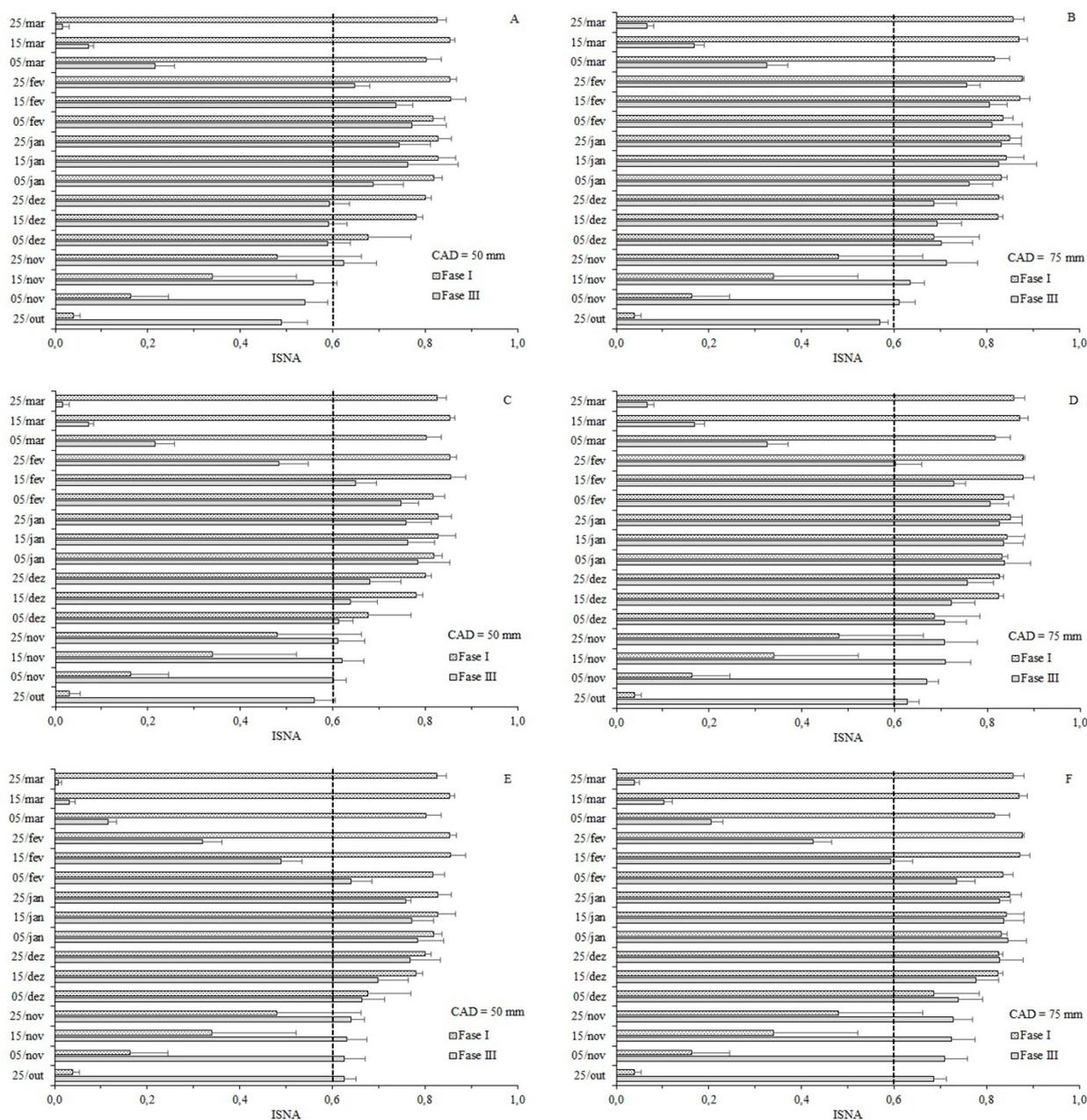
Entretanto, o menor ajuste observado entre os dois procedimentos para cultivares de ciclo médio e solo tipo III, ocorreu por causa da ampliação da “janela de plantio” nos decêndios 5 e 6 (final da estação chuvosa) no ZARC-Fazenda que não ocorreu no ZARC-MAPA (Figura 6). A diferença observada deve ter ocorrido por causa da distribuição espacial e temporal irregular da precipitação típica do final da estação chuvosa, que foi registrada nos pluviômetros da fazenda e não foi contabilizada na rede de postos pluviômetros utilizados pelo ZARC-MAPA.

Neste sentido, os índices de concordância obtidos entre os dois procedimentos foram muito bons, indicando que embora seja executado com número e distribuição espacial de estações distinta do presente estudo, o ZARC-MAPA conseguiu retratar de forma adequada o risco climático para a soja na Fazenda Chapada Grande, município de Regeneração, PI.

Conclusões

Os índices de concordância de Kappa obtidos entre os procedimentos ZARC-MAPA e ZARC-Fazenda indicam que o ZARC-MAPA conseguiu retratar de forma adequada o ris-

Figura 5. Índice de satisfação da necessidade de água da soja ciclos precoce (A, B), médio (C, D) e tardio (E, F), nas fases I e III, em diferentes datas de semeadura e capacidade de água disponível do solo (CAD) simuladas. Fazenda Chapada Grande, Regeneração, PI, 2005-2016.



co climático para a soja na Fazenda Chapada Grande, município de Regeneração, PI, o que confere confiabilidade à ferramenta.

Agradecimentos

Ao Grupo REAL – Regeneração Agropecuária Ltda, por meio de seu diretor presidente Tiago Junqueira, pela cessão dos dados de clima e solo da Fazenda Chapada Grande, sem os quais não seria possível a realização desse estudo.

Referências

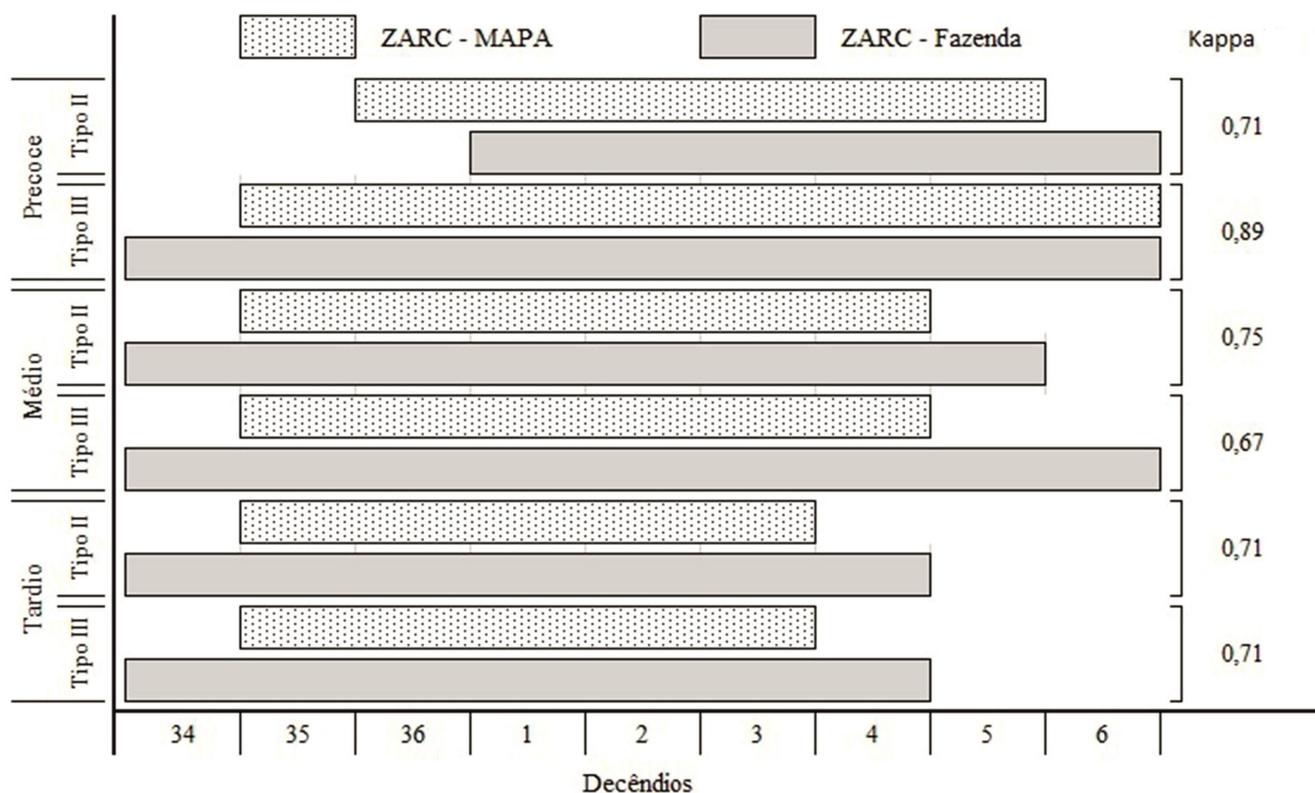
ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. **Classificação climática do Estado do Piauí.** Embrapa Meio-Norte, Teresina, Brasil. 2004a, 86 p. (Série Documentos, 86).

ANDRADE JUNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí.** Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2004b. 150p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 101).

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS E. A.; SILVA, C. O. **Zoneamento de risco climático para a cultura da soja no estado do Piauí.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 23p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 167).

Figura 6. Índice de concordância de Kappa entre o ZARC-MAPA e ZARC-Fazenda para decêndios de semeadura com baixo risco climático para soja, em dois tipos de solos (tipo II e III) e três ciclos de cultivo (precoce, médio e tardio).



BARON, C.; CLOPES, A. **Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos (SARRAMET/SARRAZON)**. Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento. SARRA. CIRAD, França. 1996. 20p.

BLAIN, G. C.; PIRES, R. C. M. Variabilidade temporal da evapotranspiração real e da razão entre evapotranspiração real e potencial em Campinas, Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.460-470, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Instrução Normativa n.2**, de 9 de outubro de 2008. Diário Oficial da União, n.197, Seção 1, p.71, de 10 de outubro de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Portaria n.67**, de 11 de julho de 2019. Diário Oficial da União, n. 138, Seção1, p. 45, de 19 de julho de 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2019/20**. Sexto levantamento, março 2020. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 15.mar.2020.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. Cap. 15, p. 265-277.

IBGE - Produção Agrícola Municipal [2018]. **Soja - Piauí**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 19 mar. 2020.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p.159-174, 1977.

MACIEL, G. F.; AZEVEDO, P. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.3, p. 141-154, 2009.

MELO, A. C. A. **Proposição de nova abordagem metodológica para o zoneamento agrícola de risco climático da cultura da soja no bioma cerrado**. Planaltina - DF, 2015. 187p. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental) - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, DF.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. 31 p.

OLIVEIRA, R. G. **Variabilidade da evapotranspiração de referência em contraste ao uso do solo em quatro localidades Norte Mato-grossense**. 2018. 68p. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

QUEIROZ, E. F.; GAUDÊNCIO, C. A.; GARCIA, A.; TORRES, E.; OLIVEIRA, C.N. Efeito de época de plantio sobre o rendimento da soja, na Região Norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n. 9, p. 512-519. Set. 1998.

RANDOLPH, J. J. Online Kappa Calculator [Computer software]. Disponível em <http://justus.randolph.name/kappa>. Acesso em: 01 mar. 2020.

REFERENCIAÇÃO

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; GOMES, J. V. S.; VIEIRA, P. F. M. J. Validação do zoneamento agrícola de risco climático para soja no município de Regeneração, PI. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.28, e026703, 2020.



Validation of climatic risk agricultural zoning for soybean in Regeneração, Piauí State, Brazil

Aderson Soares de Andrade Júnior^(*), José Verleandson dos Santos Gomes² and Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira¹

¹Embrapa Meio Norte. Av. Duque de Caxias, nº 5.650, Bairro Buenos Aires, Caixa Postal 001, CEP 64008-780 Teresina, PI, Brazil.

E-mails: aderson.andrade@embrapa.br e paulo.fernando@embrapa.br

²Universidade Federal do Piauí – Centro de Ciências Agrárias. Rua Dirce Oliveira, 3397, Bairro Ininga, CEP 64048-550 Teresina, PI, Brazil.

E-mail: verlygomes@hotmail.com

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 April 2020

Accepted 1 July 2020

Index terms:

Glycine max (L.) Merrill

rain

water balance

agricultural insurance

ABSTRACT

The study aimed to validate sowing periods for the soybeans recommended by climatic risk agricultural zoning (ZARC-MAPA), for the municipality of Regeneração, PI. Climate, soil, and crop data obtained at Chapada Grande Farm, located within the geographical limits of the municipality, were used. The Sarrazon agrometeorological model (Regional Analysis System for Agroclimatic Risk) was used to calculate the satisfaction index of the water requirement (ISNA) of soybeans in the phenological phases of emergence - initial development (phase I) and flowering - grain filling (phase III) considered the most sensitive to water deficit. The following variables were used to calculate the water balance: rainfall, reference evapotranspiration, periods in days of phenological phases, crop coefficients and water storage capacity in the soil. It is concluded that the Kappa concordance indexes obtained between the ZARC-MAPA and ZARC-Farm procedures were classified in the “very good” and “excellent” categories, indicating that ZARC-MAPA managed to adequately define the climatic risk for soybean crop at the Chapada Grande Farm, in Regeneração, PI, which makes the tool reliable.

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; GOMES, J. V. S.; VIEIRA, P. F. M. J. Validação do zoneamento agrícola de risco climático para soja no município de Regeneração, PI. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.28, e026703, 2020.