

ISSN 0104-1347

Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e de soja no estado do Piauí

Agroclimatic zoning for maize and soybean in the Piauí state, Brazil

Aderson Soares de Andrade Júnior¹, Paulo César Sentelhas², Milcíades Gadelha de Lima³, Maria de Jesus Nogueira Aguiar⁴ e David Adriano Silva Resende Leite⁵

Resumo - Um modelo de balanço hídrico diário foi usado para estimar os riscos climáticos, por deficiência hídrica, nas culturas de soja e de milho, quando cultivadas em Latossolos Vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelho-Amarelo, no período de novembro a janeiro, no estado do Piauí. Utilizou-se um sistema de informações geográficas para regionalizar as áreas de baixo, médio e alto risco climático. Os resultados mostraram que os cultivos de milho e de soja apresentaram riscos climáticos diferenciados em função da época de semeadura e do tipo de solo.

Palavras-chave: chuva, risco climático, épocas de semeadura, balanço hídrico, *Zea mays* L., *Glycine max* (L.) Merrill, Brasil.

Summary - A water balance model was used to estimate the climatic risks by water deficit for soybean and maize sown in Latossolos Vermelho-Amarelo and Argissolos Vermelho-Amarelo, from November to January, in the Piauí state, Brazil. The areas with low, medium and high climatic risks were zoned by a geographic information system. The results showed that soybean and maize have different climatic risks when the sowing season and soil type are considered.

Key words: rainfall, climatic risk, sowing period, water balance, *Zea mays* L., *Glycine max* (L.) Merrill, Brazil.

Introdução

As culturas de milho e de soja ocupam posição de destaque na produção agrícola piauiense. A estimativa de área colhida, no ano agrícola de 1999/2000, foi de 280.030 ha e 32.002 ha, com uma produção de grãos de 325.593 t e 74.929 t e uma produtividade média de grãos de 1.163 kg/ha e 2.340 kg/ha para as culturas de milho e de soja, respectivamente (AGRIANUAL, 2000).

Ambas as espécies são cultivadas sob regime de sequeiro, principalmente, na região do cerrado piauiense, que tem o período chuvoso de novembro a março (MEDEIROS, 1996), com precipitação média anual variando de 865 a 1.094 mm, dos quais cerca de 50% concentram-se no trimestre mais chuvoso de janeiro a março (ANDRADE JÚNIOR & BASTOS, 1997). Contudo, apesar do elevado índice pluvial anual, o risco climático que as culturas de milho e de soja estão sujeitas é

¹ Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 101, CEP 64006-220, Teresina, PI. E-mail: aderson@cpamn.embrapa.br

² Professor da ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq-PQ.

³ Professor da UFPI, Teresina, PI.

⁴ Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

⁵ Analista de sistemas da UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola-MAPA.

acentuado, devido à irregularidade na distribuição de chuvas, traduzida por períodos de veranicos de diferentes durações, notadamente, se estes ocorrerem durante as fases mais críticas (floração e enchimento de grãos) (DOORENBOS & KASSAM, 1994), onde a falta de água reduz sensivelmente seus rendimentos.

Em um cenário climático dessa natureza, o zoneamento agrícola de risco constitui-se uma ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, principalmente, com o surgimento de um novo modelo agrícola brasileiro, baseado nas premissas de competitividade, eficiência e visão de agronegócio.

O zoneamento agrícola de risco permite, a partir do conhecimento das variabilidades climáticas locais (como por ex.: precipitação e evapotranspiração de referência) e de sua espacialização regional por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), definir regiões de aptidão climática e épocas mais adequadas de semeadura como forma de diminuir os efeitos causados pela má distribuição de chuvas (TEIXEIRA & AZEVEDO, 1996; ZULLO JÚNIOR et al., 1999; SILVA & AZEVEDO, 2000).

Vários estudos mostraram que a definição das épocas de semeadura, por meio do balanço hídrico do solo, contribuem para reduzir o risco climático causado pela distribuição irregular das chuvas (SILVA et al., 1995; SILVA et al., 1998; ZULLO JÚNIOR et al., 1999; ANDRADE JÚNIOR, 2000; MARIN et al., 2000).

Entretanto, no estado do Piauí, praticamente, inexistem estudos nessa linha, com as culturas de milho e de soja, nas suas diferentes microrregiões. Destacam-se apenas os trabalhos de RODRIGUES NETO (1991) e ANDRADE JÚNIOR (2000). RODRIGUES NETO (1991) efetuou um zoneamento pluviométrico visando o cultivo de sequeiro das culturas de feijão, de milho e de arroz, estudando a distribuição pluviométrica ao longo do tempo e do espaço, ajustando os valores mensais ao modelo de distribuição gama incompleta aos níveis de 75, 50 e 25% de probabilidade. Com base na demanda de água das culturas selecionadas e nas precipitações pluviais mensais ocorridas no trimestre e semestre mais chuvoso, propôs uma classificação mensal das necessida-

des de irrigação total ou suplementar. Contudo, o estudo não considerou a variabilidade dos solos no que diz respeito à sua capacidade de armazenamento e assumiu como igual, em todos os municípios a demanda hídrica mensal das culturas.

Por sua vez, ANDRADE JÚNIOR (2000) avaliou a viabilidade da irrigação das culturas de feijão caupi e de melancia sob risco climático e econômico, via modelo de simulação, nas microrregiões do litoral piauiense e de Teresina. Concluiu que a irrigação das culturas apresentou viabilidade econômica para diversas combinações entre épocas de semeadura, níveis de manejo de irrigação e níveis de riscos avaliados. Contudo, devido a carência de dados climáticos básicos não foi possível a aplicação do estudo em todos os municípios do estado, de modo a permitir a espacialização dos resultados econômicos obtidos nas diversas combinações.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho regionalizar o risco climático para as culturas de soja e de milho, no estado do Piauí, para semeaduras em diferentes épocas, dentro da estação chuvosa, utilizando-se um sistema de informações geográficas.

Material e métodos

O zoneamento agroclimático de risco foi efetuado em duas etapas: a) cálculo dos balanços hídricos diários usando o programa computacional Sarrazon (BARON et al., 1996) e b) espacialização dos índices de satisfação das necessidades hídricas das culturas utilizando o programa computacional Spring, versão 3.4, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Apesar dos balanços hídricos e a espacialização dos resultados terem sido realizados para todo o estado, deu-se atenção especial aos municípios localizados na região sul, onde predomina o ecossistema dos cerrados piauiense.

Na primeira etapa, os balanços hídricos foram efetuados no período de novembro a janeiro, ou seja, a metade inicial da estação chuvosa na região dos cerrados (MEDEIROS, 1996). As simulações foram efetuadas a cada dez dias (decêndios)

e para as épocas de semeadura de 05 de novembro a 15 de janeiro. As variáveis de entrada utilizadas no modelo foram:

a) Precipitação pluvial diária: utilizou-se as séries de dados de 92 estações pluviométricas, com no mínimo 15 anos de registros diários, obtidos junto ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), as quais se encontram espacializadas na Figura 1;

b) evapotranspiração de referência (ET_o): os dados diários referentes à ET_o, estimados pelo método de Penman-Monteith, para alguns municípios da região sul do Piauí, foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);

c) capacidade de armazenamento de água no solo (CAD): variou em função do tipo de solo e da cultura, cujos valores encontram-se na Tabela 1. Assumiu-se dois tipos de solos: Tipo 2 - Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com menos de 35% de argila) e Tipo 3 - Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com mais de 35% de argila). Considerou-se a CAD constante ao longo do ciclo da cultura;

d) cultivares: para representar as cultivares de soja recomendadas para a região em estudo, foram eleitas duas cultivares hipotéticas, consideradas adaptadas às condições de temperatura e fotoperíodo dos diferentes locais, com ciclo de 110 dias (precoce). No caso do milho, assumiu-se um ciclo médio de 120 dias. Foi considerado apenas um ciclo, uma vez que a diferença entre as cultivares quanto ao ciclo é pouco variável (< 10 %);

e) coeficientes de cultura (K_c): usou-se valores de K_c decendiais ao longo do ciclo das cultu-

Tabela 1. Capacidade de armazenamento de água (mm) em função do tipo de solo e cultura.

Cultura	Tipo de solo	
	Latossolo	Argissolo
Soja	35	50
Milho	40	60

Tabela 2. Valores de coeficientes de cultura (K_c) decendiais para as culturas de soja e de milho.

Cultura	Ciclo (dias)	Decêndio											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Soja	110	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00	1,30	1,50	1,50	1,50	1,30	0,80	
Milho	120	0,33	0,42	0,42	0,60	0,84	1,20	1,48	1,50	1,52	1,54	1,20	0,96

ras de soja e de milho, cujos valores encontram-se na Tabela 2.

O modelo de simulação do balanço hídrico da cultura (Sarrazon) permitiu a determinação dos valores de evapotranspiração real (ET_r) e evapotranspiração máxima (ET_m), com os quais estimou-se os valores dos índices de satisfação das necessidades de água (ISNA) das culturas, calculado pela equação 1. A ET_r expressa a quantidade de água que a planta, efetivamente, consumiu e a ET_m representa a quantidade de água desejável para garantir sua produtividade máxima (SILVA *et al.*, 1998).

$$ISNA = \left(\frac{ET_r}{ET_m} \right) \quad (1)$$

em que:

ISNA - índice de satisfação das necessidades de água (decimal);

ET_r - evapotranspiração real da cultura (mm);

ET_m - evapotranspiração máxima da cultura (mm).

Para a caracterização do risco climático associado ao cultivo de soja e de milho, na região do cerrado piauiense, foram estabelecidas três classes de ISNA a saber:

a) Soja: I) ISNA > 0,65 - baixo risco climático (período favorável para semeadura); II) 0,65 > ISNA > 0,55 - médio risco climático (período intermediário para semeadura) e III) ISNA < 0,55 - alto risco climático (período desfavorável para semeadura);

b) Milho: I) ISNA > 0,55 - baixo risco climático (período favorável para semeadura); II) 0,55 > ISNA > 0,45 - médio risco climático (período intermediário para semeadura) e III) ISNA < 0,45 - alto risco climático (período desfavorável para semeadura).

Na segunda etapa, para a espacialização dos resultados, foram empregados os valores de ISNA estimados para o período fenológico compreendi-

do entre a floração e o enchimento de grãos (período mais crítico ao déficit hídrico), com frequência mínima de 50% nos anos utilizados em cada estação pluviométrica. Cada valor de ISNA observado durante essa fase, foi associado à localização geográfica da respectiva estação para posterior espacialização dos mesmos, utilizando-se o programa computacional Spring (INPE). É importante ressaltar que, por se tratar de um modelo agroclimático, assumiu-se que não existem limitações quanto à fertilidade de solos e danos causados por pragas e de doenças.

Resultados e discussão

De uma maneira geral, os cultivos de milho e de soja foram indicados como favoráveis em 35 e 29 municípios na região do cerrado piauiense, respectivamente. As Figuras 2 a 5 apresentam os resultados do zoneamento agroclimático de risco por

cultura, época de semeadura e tipo de solo. Apesar destas mostrarem as regiões consideradas de alto, médio e baixo risco climático em todo o estado, atenção especial deve ser dada à região sul (entre as latitudes 6° S e 11° S), onde se localiza a região do cerrado piauiense, detentora da maior área semeada com milho e com soja. Quanto ao tipo de solo, deve-se considerar melhor os solos do tipo 2 (Latosolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro, com menos de 35% de argila), pois ocorrem com maior predominância na região sul do estado.

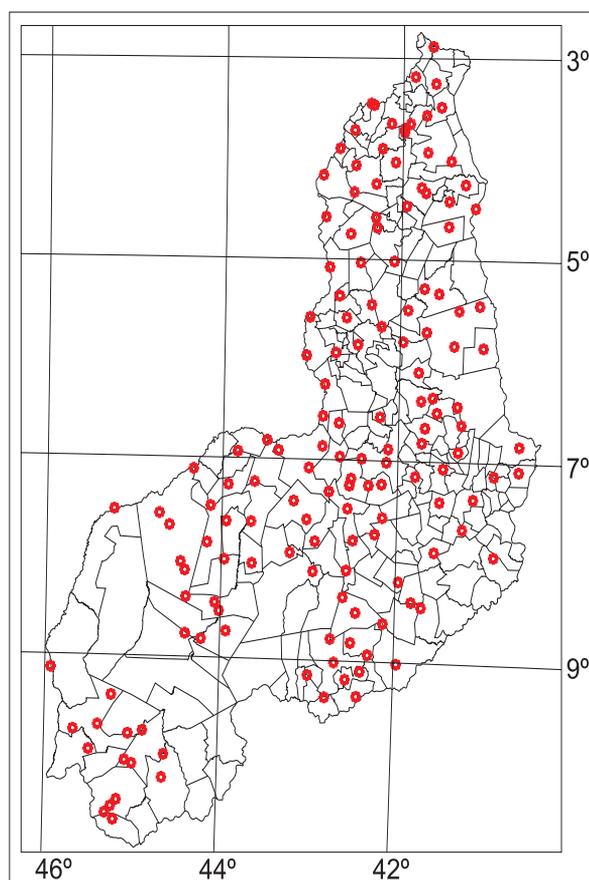


Figura 1. Distribuição espacial das estações pluviométricas do estado do Piauí, Brasil.

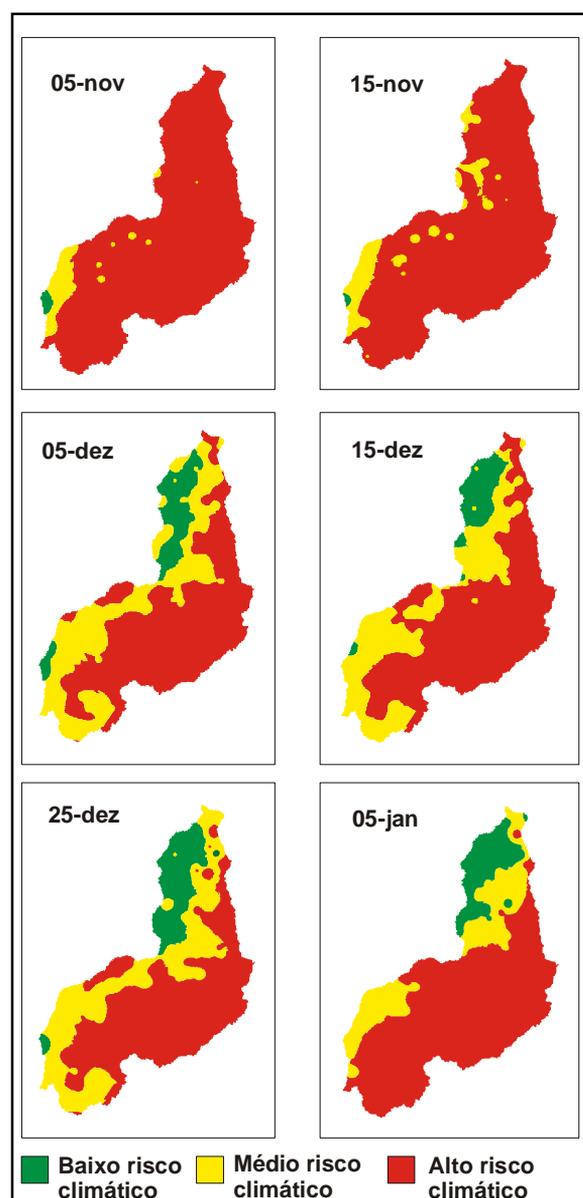


Figura 2. Espacialização de riscos climáticos para soja, em áreas com solo tipo 2, no Piauí.

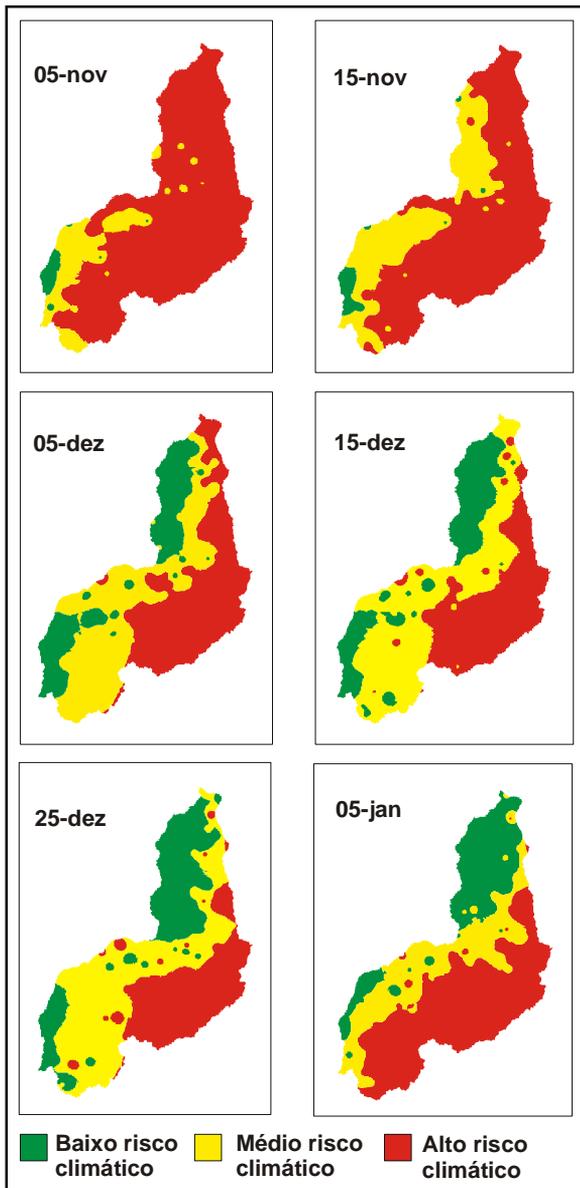


Figura 3. Espacialização de riscos climáticos para soja, em áreas com solo tipo 3, no Piauí.

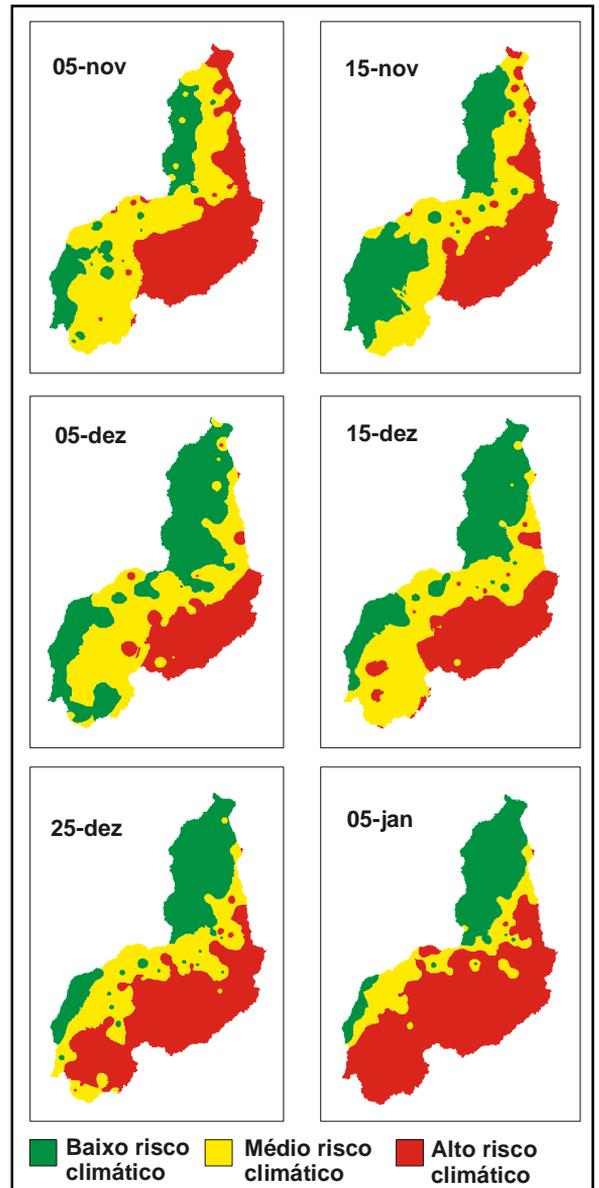


Figura 4. Espacialização de riscos climáticos para milho, em áreas com solo tipo 2, no Piauí.

No caso específico do milho, para as regiões compreendidas entre as latitudes 3° S e 6° S, as informações quanto ao zoneamento climático de risco são aplicáveis, porém com algumas restrições de solo. À medida que as épocas de semeadura foram simuladas de novembro a janeiro, as áreas indicadas como de baixo risco climático avançaram em direção às regiões centro e norte do estado, já que nessas regiões o período chuvoso estende-se até meados de março a abril (MEDEIROS, 1996). Contudo, com relação à soja, qualquer

inferência a respeito da indicação de áreas favoráveis para semeadura devem ser feitas com cautela, uma vez que, tradicionalmente, a soja não é cultivada nessas regiões do estado.

Para qualquer combinação entre cultura, época de semeadura e tipo de solo, constatou-se que a região sudeste do estado apresentou sempre alto risco climático para as culturas de milho e de soja. Isso porque representa, justamente, a região semi-árida do estado, onde o regime de chuvas é, extremamente, irregular e totaliza apenas 600 mm

anuais (MEDEIROS, 1996), insuficiente para o suprimento hídrico das culturas.

Independentemente da cultura, as áreas consideradas aptas (com baixo risco climático) tenderam a ser maiores quando assumiu-se como representativos os solos da região como do tipo 3, uma vez que apresentam maior capacidade de armazenamento de água em comparação ao solo do tipo 2, pois em termos granulométricos possuem teores de argila superiores a 35%.

Na região sul do estado, a cultura de milho

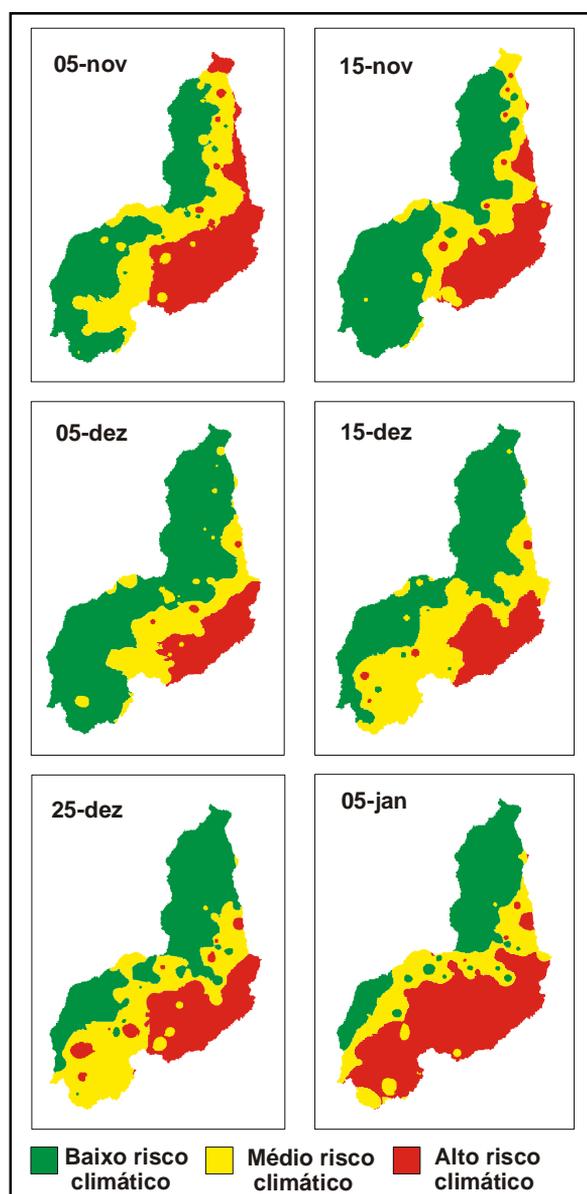


Figura 5. Espacialização de riscos climáticos para milho, em áreas com solo tipo 3, no Piauí.

apresentou aptidão climática favorável em um maior número de municípios do que a soja. Os municípios de Alvorada do Gurguéia, Antônio Almeida, Avelino Lopes, Canto do Buriti, Caracol, Colônia do Gurguéia, Curimatá, Flores do Piauí, Marcos Parente, Rio Grande do Piauí e Santa Luz foram considerados inaptos para o cultivo de milho quando processou-se as simulações com o solo do tipo 2. Entretanto, todos eles foram considerados como de baixo risco climático ao assumir-se os solos como do tipo 3. Isto porque as chuvas são, de certa forma, bastante uniformes nessa região, tanto em termos quantitativos como em distribuição espacial (ANDRADE JÚNIOR & BASTOS, 1997). Quando isso ocorre, a capacidade de armazenamento de água do solo torna-se fator fundamental na definição da aptidão climática.

Com relação à soja, simulando-se o solo como do tipo 2, o seu cultivo foi indicado nos municípios de Baixa Grande do Ribeiro, Barreiras do Piauí, Corrente, Cristalândia do Piauí, Gilbués, Manoel Emídio, Palmeira do Piauí, Ribeiro Gonçalves, Santa Filomena e Uruçuí, notadamente, durante o mês de dezembro, abrangendo áreas de baixo e médio risco climático. Por outro lado, não foram recomendados os municípios de Antônio Almeida, Avelino Lopes, Bertolínea, Bom Jesus, Caracol, Cristino Castro, Eliseu Martins, Floriano, Guadalupe, Itaueira, Jerumenha, Landri Sales, Nazaré do Piauí, Redenção do Gurguéia, Rio Grande do Piauí e Santa Luz.

Da mesma forma que o milho, ao se assumir solos como do tipo 3, à exceção dos municípios de Floriano, Itaueira, Jerumenha, Landri Sales e Nazaré do Piauí, todos os demais foram considerados como de baixo ou médio risco climático para o cultivo de soja em, praticamente, todas as épocas de semeadura simuladas.

Em termos de períodos que favoreceram os riscos climáticos mais baixos em solos do tipo 2, mais comum na região, constatou-se que para o milho deve ser indicada a semeadura no período de dez de novembro a 20 de dezembro. Para a soja, ocorre uma restrição maior de área, sendo a melhor opção efetuar a semeadura durante o mês de dezembro. Nesse caso, considerou-se, também, como aptas áreas de médio risco climático.

É importante ressaltar que as indicações de municípios e épocas de semeadura, favoráveis ao

cultivo de milho e de soja acima efetuadas, levaram em consideração apenas o aspecto relativo ao balanço de água em cada um dos tipos de solo simulados. É aconselhável incorporar-se outras variáveis climáticas, como por exemplo a temperatura máxima como elemento definidor da aptidão climática, notadamente, no caso do milho, que responde, negativamente, em termos produtivos à ocorrência de temperaturas elevadas durante as fases de floração e enchimento de grãos (DOURADO NETO & FANCELLI, 2000).

Conclusões

- A região do cerrado piauiense mostrou-se favorável para o cultivo de milho e de soja em diferentes combinações entre municípios, épocas de semeadura e tipo de solo.
- A cultura de milho superou a soja quanto a indicação de áreas com baixo risco climático.
- Considerando-se o solo do tipo 2, mais comum na região sul do estado, a semeadura do milho deve ser efetuada no período de dez de novembro a 20 de dezembro. Para a soja, a melhor opção é proceder a semeadura durante o mês de dezembro.

Referências bibliográficas

- AGRIANUAL. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2000. 532p.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense.** 2000. 566p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S., BASTOS, E.A. **Precipitação pluviométrica provável em municípios do Cerrado Piauiense.** Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. 22p. (Documentos, 25).
- BARON, C., PEREZ, P., MARAUX, F. **Sarrazon - Bilan hydrique applique au zonage.** Montpellier: CIRAD, 1996. 26p.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. p.3-101. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DOURADO NETO, D., FANCELLI, A.L. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- MARIN, F.R., SENTELHAS, P.C., UNGARO, M.R.G. Perda de rendimento potencial da cultura do girassol por deficiência hídrica, no estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.1-6, 2000.
- MEDEIROS, R.M. **Isoietas médias mensais e anuais do estado do Piauí.** Teresina: Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação - Departamento de Hidrometeorologia, 1996. 24p.
- RODRIGUES NETO, F.R. **Orientação de culturas aptas às condições de estado do Piauí, segundo as distribuições espacial e temporal.** 1991. 49p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- SILVA, S.C. da, ASSAD, E.D., LOBATO, E.J.V. et al. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no estado de Goiás.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 80p. (Documentos, 43).
- SILVA, G.B. da, AZEVEDO, P.V. de Potencial edafoclimático da “Chapada Diamantina” no estado da Bahia para o cultivo de Cítrus. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.133-139, 2000.
- SILVA, S.C. da, BRITES, R.S., ASSAD, E.D. Identificação de risco climático para a cultura de arroz de sequeiro no estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1005-1011, 1998.
- TEIXEIRA, A.H. de C., AZEVEDO, P.V. de Zoneamento agroclimático para a videira europeia no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.139-145, 1996.
- ZULLO JÚNIOR, J., PINTO, H.S., BRUNINI, O. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) de sequeiro no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, UFSC, 1999. CD-ROM.