

ISSN 0104-1347

Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho no Rio Grande do Sul

Zoning of climatic risks for maize crop in Rio Grande do Sul state, Brazil

Jaime Ricardo Tavares Maluf¹, Gilberto Rocca da Cunha^{1,6}, Ronaldo Matzenauer^{2,6}, Aldemir Pasinato³, Márcia Barrocas Moreira Pimentel³, Márcia Rodrigues Caiaffo⁴ e João Leonardo Fernandes Pires⁵

Resumo - O milho pode ser cultivado em praticamente todo o estado do Rio Grande do Sul (RS). Entretanto, ocorrem variações no rendimento de grãos entre anos e entre regiões do estado, causadas principalmente por deficiência hídrica. Dessa maneira, o trabalho objetivou delimitar áreas com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica para milho no RS, por época de semeadura. A identificação de períodos favoráveis de semeadura para o cultivo de milho foi realizada com base em cálculos de balanço hídrico diário, considerando a interação entre local (clima) x ciclo das cultivares x período de semeadura x tipo de solo. Usou-se como referência as regiões de aptidão potencial e épocas de semeadura determinadas previamente pelo zoneamento agroclimático de milho no RS. Os resultados evidenciaram a existência de áreas com menor risco climático para semeadura de milho, e que essas áreas apresentam variações de acordo com o ciclo do híbrido/da cultivar, com o tipo de solo e com a época de semeadura. Dentre as regiões do estado destacam-se o Planalto, Alto e Médio Vales do Uruguai e Missões como as que possuem maior disponibilidade de áreas com menor risco climático para a cultura de milho, nas diversas épocas de semeadura.

Palavra-chave: *Zea mays* L., época de semeadura, deficiência hídrica, Brasil.

Abstract – Maize is grown throughout in all Rio Grande do Sul state, Brazil. However, maize yield varies according to climatic conditions within years and regions. Water deficit is amongst the main causes of low yield. The present work was carried out to identify water deficit low risk regions according to the sowing dates. This was accomplish using calculations for the daily soil water budget and considering the interaction among local (climate) x variety length cycle x sowing date x soil type. The results were useful for indicating most favorable periods for sowing and cultivate maize in the state of Rio Grande do Sul according to the sowing date in a specific region. Variation was observed due to cultivar cycle, soil type and sowing date. The Planalto, Alto and Médio Vales do Uruguai and Missões were amongst the lower risk areas for growing maize.

Key words: *Zea mays* L., sowing dates, water deficiency, Brazil.

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo, BR 285, km 174 Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: maluf@cnpt.embrapa.br

² Pesquisador da Fepagro, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS.

³ Analista de Sistemas da Embrapa Trigo.

⁴ Assistente de Pesquisa da UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola-MAPA.

⁵ Bolsista do CNPq-RD.

⁶ Bolsista do CNPq-PQ.

Introdução

A produção de milho no Rio Grande do Sul, na maioria dos anos, é insuficiente para atender à demanda estadual. Essa situação agrava-se quando ocorrem frustrações de safras. Os baixos valores e a distribuição irregular da precipitação pluvial, como verificados nos anos agrícolas de 1978/1979, 1979/1980, 1981/1982, 1985/1986, 1987/1988, 1990/1991, 1995/1996, 1998/1999 e 1999/2000 foram as causas do baixo rendimento das culturas de primavera-verão (MATZENAUER et al., 1998a, 1998b; BERLATO & FONTANA, 1999). Especificamente para o milho, ocorreram reduções significativas na produtividade de grãos em quatro das últimas sete safras (1995/1996, 1996/1997, 1998/1999 e 1999/2000) com perdas de 1,575; 0,908; 1,022 e 1,072 milhões de toneladas, respectivamente (MATZENAUER & MACHADO, 2001).

O milho, pertencente ao grupo das plantas C4, é cultivado em latitudes que variam de 50°N a 42°S. Nessa ampla área territorial, destaca-se a multiplicidade de ambientes. Por essa razão, o ciclo, além do aspecto genético, acaba sendo definido por elementos climáticos representados pela precipitação pluvial, temperatura, comprimento do dia e radiação solar (FORNASIERI FILHO, 1992). Para expressar o máximo potencial de rendimento, a cultura requer temperatura entre 24 e 30°C, radiação solar elevada e adequada disponibilidade hídrica no solo (SILVA, 2001).

Algumas limitações de ambiente impõem condições desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento de plantas de milho, particularmente a disponibilidade de água. Destaca-se que deficiência hídrica durante o período vegetativo pode ocasionar atraso na ocorrência de alguns estádios fenológicos e implicar em necessidade de maior acúmulo de graus-dia para a cultura completar o ciclo. Também afeta negativamente o índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca na parte aérea (FRANÇA et al., 1999). De maneira geral, o espigamento é mais influenciado que o pendoamento, e, nesse caso, um dos principais problemas é a defasagem entre a liberação de pólen e a emissão de estigmas, reduzindo o número de grãos por espiga (SILVA, 2001).

No que se refere aos estádios críticos, o período entre o pendoamento e a polinização é considerado mais importante, por ser a fase em que é determinado o número de óvulos a serem fecundados (FORNASIERI FILHO, 1992). Conforme MEDEIROS et al. (1991), o subperíodo mais afetado por deficiência hídrica compreende dez dias antes do pendoamento até dez dias após o final do espigamento. Para MATZENAUER et al. (1995), trabalhando com dados de vários locais do Rio Grande do Sul, de 1975/1976 a 1989/1990, e cultivares de ciclos precoce e normal, as mais altas associações entre rendimento e variáveis hídricas foram observadas do florescimento ao início do enchimento de grãos, caracterizando-se essa etapa como a de maior sensibilidade à deficiência hídrica.

Em regiões onde a estação de crescimento para as culturas de primavera-verão é delimitada por condições de ambiente que impõem restrições ao crescimento das plantas, destaca-se como de fundamental importância a determinação da época de semeadura que proporcione sincronização dos períodos em que as condições são mais favoráveis com os estádios críticos da cultura. Portanto, a realização de zoneamento agroclimático delimitando regiões com maior adaptação para cultivo de milho proporciona a seleção prévia de áreas a serem usadas, bem como, a escolha dos híbridos e épocas de semeadura (RECOMENDAÇÕES, 1995).

Em trabalho realizado por MATZENAUER et al. (2000), para o Rio Grande do Sul, foi observado que a deficiência hídrica total do ciclo diminui à medida que se atrasa a época de semeadura. Nas localidades estudadas, a deficiência hídrica média no ciclo variou de 82 mm, para a época de semeadura de dezembro, em Passo Fundo, a 175 mm para a semeadura de setembro, em Júlio de Castilhos. Para o período crítico da cultura, os valores de deficiência variaram de 24 mm a 80 mm. Esses dados ajudam a entender os motivos do baixo desempenho da cultura de milho no RS, havendo a necessidade de alternativas que venham reduzir essas perdas, seja por meio de suplementação hídrica ou estudos agrometeorológicos capazes de propiciar melhor ajuste de épocas de semeadura. Além disso, é necessário que programas de melhoramento busquem cultivares com melhor tole-

rância à deficiência hídrica e com menor soma térmica. Isto possibilitaria o desenvolvimento da cultura em regiões com períodos de menor temperatura do ar, que estão relacionados a menor demanda evaporativa e, portanto, maior disponibilidade hídrica (MATZENAUER & PORTO, 2001).

Segundo ÁVILA (1994), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro a fevereiro, em praticamente todo o território rio-grandense, é inferior a 60%. Esse fato indica elevada frequência de ocorrência de deficiência hídrica e consequentemente redução no rendimento de grãos das culturas de primavera-verão.

No Brasil, existem trabalhos relacionados ao zoneamento agroclimático da cultura de milho, os quais, em geral, baseiam-se na caracterização de uma região a partir dos valores de temperatura média do ar e de variáveis derivadas de balanço hídrico (FORNASIERI FILHO, 1992). Para o Rio Grande do Sul, MOTA *et al.* (1974) realizaram o primeiro zoneamento para a cultura de milho, definindo as regiões com aptidão para essa espécie no estado. Posteriormente, procurando maior detalhamento e adicionar precisão na indicação de áreas aptas para milho no RS, MALUF *et al.* (1986) elaboraram zoneamento agroclimático determinando áreas com potencial de aptidão para a cultura por épocas de semeadura, gerando quatro mapas de zoneamento (um para cada época). Buscando maior precisão e minimização de riscos, MALUF & MATZENAUER (1995) ampliaram esse zoneamento de milho, elaborando novo zoneamento

em que foram consideradas seis épocas de semeadura (seis mapas de zoneamento).

A partir da indicação de épocas de semeadura e de regiões aptas para cultivo de milho no Rio Grande do Sul, conforme MALUF & MATZENAUER (1995), foi realizado o presente trabalho de zoneamento de riscos, por períodos de semeaduras espaçadas de dez em dez dias, visando delimitar áreas com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica.

Material e métodos

A identificação dos períodos favoráveis de semeadura para o cultivo de milho no Rio Grande do Sul foi realizada com base em cálculos de balanço hídrico diário, considerando a interação entre local (clima) x ciclo das cultivares x período de semeadura x tipo de solo e considerando as áreas de aptidão potencial e épocas de semeadura determinadas pelo zoneamento de milho no estado (MALUF & MATZENAUER, 1995). Usou-se o módulo “Sarrazon” do programa “Systeme d’Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques (SARRA)” para o cálculo do balanço hídrico diário de um conjunto de 251 estações meteorológicas com registros pluviais do Rio Grande do Sul. Uma série histórica de dados diários entre 15 e 20 anos, foi organizada pela Embrapa Cerrados, considerando-se simulações de semeaduras centradas nos dias 5, 15 e 25 de cada mês, entre julho e janeiro. Os ciclos das cultivares de milho (precoce e normal) variam em função da época de semeadura e local, em média entre 130 e 160 dias para atingir a fase de maturação fisiológica no Rio Grande do Sul; conforme Tabela 1. Para as simulações de balanço hídrico, consideraram-se ciclos de 130, 140 e 150 dias como os mais representativos nas diversas regiões do estado.

Considerou-se quanto à Capacidade de Água Disponível (CAD), para o cálculo do balanço hídrico, três tipos de solos: com capacidade de água disponível de 35 mm, 50 mm e 70 mm, correspondendo aos solos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3; respectivamente, descritos a seguir: Solo Tipo 1: Areias Quartzosas e solos Aluviais arenosos; Solo Tipo 2: Latossolos Vermelho-Amarelo e Verme-

Tabela 1. Ciclo em dias de híbridos de milho dos grupos de maturação precoce e normal em função da época de semeadura, no estado do Rio Grande do Sul.

Semeadura	Grupo de maturação	
	Precoce	Normal
	SE - MF (dias)	SE - MF (dias)
Julho	160	160
Agosto	150	160
Setembro	140	150
Outubro	130	140
Novembro	130	140
Dezembro	140	150
Janeiro	150	160

SE - semeadura, MF - maturação fisiológica.

lho-Escuro (com menos de 35% de argila); Solo Tipo 3: Podzólicos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (Terra Roxa Estruturada); Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro (com mais de 35% de argila); Cambissolos Eutróficos e solos Aluviais de textura média e argilosa.

O Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), do subperíodo três do desenvolvimento de milho (floração e enchimento de grãos), foi usado como principal índice de zoneamento. Os valores de ISNA, calculados para frequência mínima de 80%, foram representados espacialmente com o Sistema de Informações Geográficas “Spring v.3.4”, definindo-se três categorias: favorável (ISNA > 0,55), intermediária (ISNA entre 0,45 e 0,55) e desfavorável (ISNA < 0,45).

Os períodos de semeadura, com detalhamento de dez em dez dias, foram estabelecidos com base nas áreas delimitadas pela faixa de valores favoráveis de ISNA, desde que não coincidentes com áreas em que não é recomendado o cultivo de milho no Rio Grande do Sul, pelo atual zoneamento de aptidão de cultivo, em razão de baixa disponibilidade térmica (riscos de danos por baixa temperatura), conforme MALUF & MATZENAUER (1995).

Com a representação espacial das interações local (clima) x ciclo das cultivares x período de semeadura x tipo de solo (CAD), gerados pelo “Spring v.3.4”, usou-se o software “MapView v.3” com o mapa político do Rio Grande do Sul, para identificar municípios enquadrados dentro da recomendação “semeadura favorável” nos períodos constantes da Tabela 2. Tomou-se como delimitadora dos períodos de semeadura referidos na Tabela 2 a amplitude de semeadura do zoneamento agroclimático de milho, estabelecida por MALUF & MATZENAUER (1995).

Resultados e discussão

Os resultados evidenciaram que há variação na disponibilidade hídrica para a cultura de milho no Rio Grande do Sul de acordo com os períodos de semeadura, tipo de híbrido/cultivar (ciclo) e tipo de solo considerados. Demonstraram, ainda, que as áreas com maior disponibilidade hídrica no estado são as regiões do Planalto, Serra do Nordeste

e Alto e Médio Vales do Rio Uruguai, o que coincide com o Zoneamento Agroclimático do Milho realizado por MALUF & MATZENAUER (1995).

Os resultados também indicaram que, devido aos riscos por deficiência hídrica, existe variação na abrangência das áreas recomendadas para semeadura nos períodos considerados e que esta variação depende tanto do ciclo dos híbridos/cultivares e do tipo de solo local.

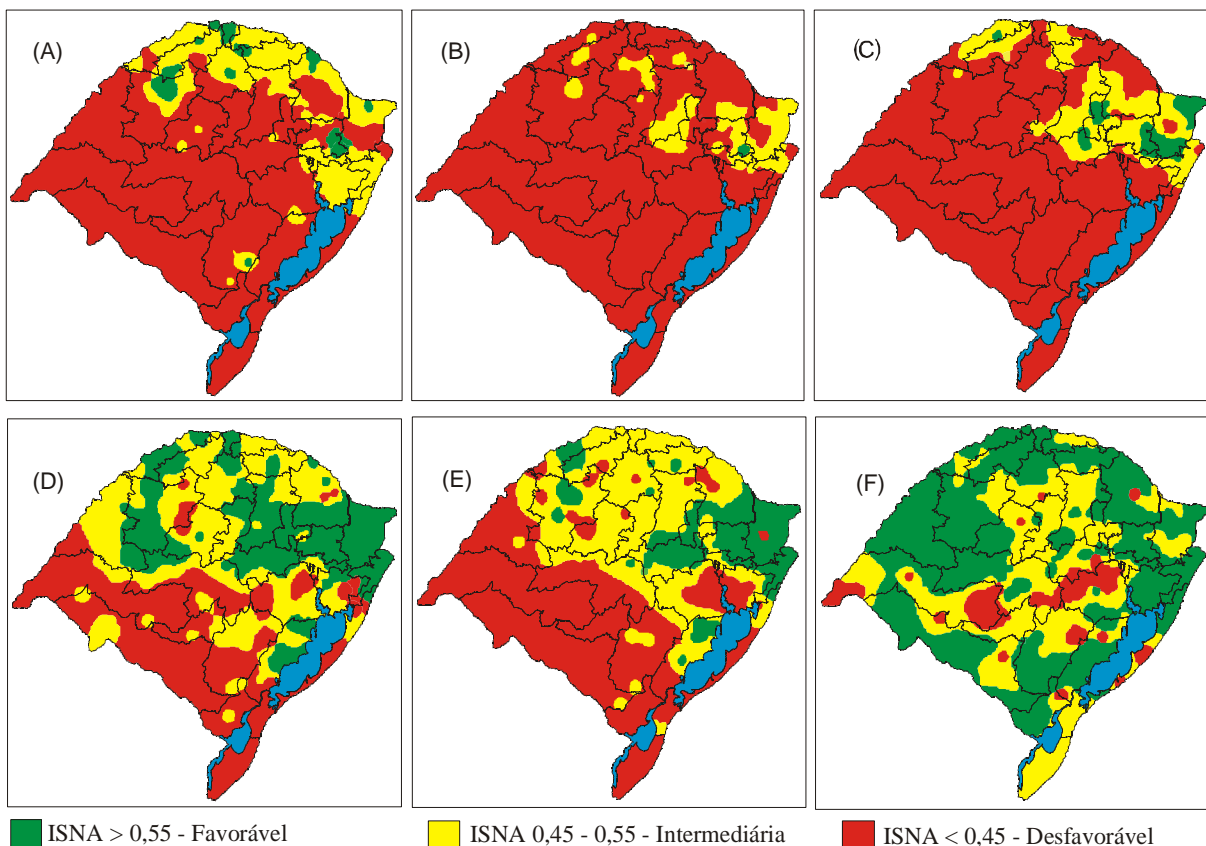
MALUF et al. (1986) e MALUF & MATZENAUER (1995), quando propuseram o zoneamento por épocas de semeadura já visualizavam, com esses trabalhos, a necessidade de minimização de risco climático para a cultura de milho no Rio Grande do Sul. Os autores demonstraram que a análise climática por épocas de semeadura, considerando o subperíodo semeadura - 75% do pendoamento, em cada época, proporcionava maior margem de segurança, quanto a riscos climáticos, em relação a trabalhos anteriores de zoneamento dessa cultura no RS.

A definição dos períodos favoráveis de semeadura, nesse trabalho, obedeceu critérios para indicações considerados exclusivamente sob o ponto de vista hídrico. Destaca-se que a indicação de períodos referem-se às datas de semeadura em que é menor a chance de prejuízos causados por deficiência hídrica, durante a fase de desenvolvimento desta cultura considerada mais crítica (floração-enchimento de grãos). Os períodos de semeadura foram subdivididos de dez em dez dias a partir do período total possível de semeadura para milho no estado: 21 de julho a 20 de janeiro, conforme MALUF & MATZENAUER (1995), indicado na Tabela 2.

A interação entre períodos de semeadura x ciclo das cultivares x CAD originou 162 mapas com definição de áreas com minimização de riscos por deficiência hídrica no Rio Grande do Sul. Cada mapa indica, num período de dez dias, os municípios do estado onde o risco por deficiência hídrica é menor, para cada tipo de híbrido/variedade e para cada tipo de solo, a partir da espacialização dos valores de ISNA. Exemplos dessas cartas, considerando tipo de híbrido/cultivar (ciclo) e tipo de solo, podem ser encontrados nas Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 2. Período de semeadura para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul.

Mês	Período																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Julho	Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro	
Data	21	01	11	21	01	11	21	01	11	21	01	11	21	01	11	21	01	11
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	31	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20

**Figura 1.** Caracterização de riscos climáticos por deficiência hídrica (ISNA – Índice de Satisfação das Necessidades de Água) para uma cultivar de milho com ciclo de 140 dias no estado do Rio Grande do Sul, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 35 mm, nas épocas de semeadura de 15 de agosto (A), 15 de setembro (B), 15 de outubro (C), 15 de novembro (D), 15 de dezembro (E) e 15 de janeiro (F).

A indicação de períodos favoráveis de semeadura por município, com minimização de risco por deficiência hídrica, gerados a partir da análise de cada mapa, para 467 municípios do Rio Grande do Sul, pode ser encontrada em MALUF *et al.* (2001). Para uso de forma adequada, cabe aos usuários definirem corretamente o ciclo da cultivar, em conformidade com a época de semeadura, e os tipos de solos aptos para semeadura de cada local. A relação de municípios aptos para semea-

dura – suprimidos todos os outros onde a cultura não é recomendada – foi baseada em dados disponíveis por ocasião da elaboração. Se algum município mudou de nome ou foi criado um novo em razão de emancipação, todas as indicações são idênticas às do município de origem até que nova relação o inclua formalmente. Caso exista mais de um período de semeadura, por exemplo, 1 a 8 + 11 a 18, significa que nos períodos intermediários ausentes da indicação (nove e dez, no exemplo), a

semeadura não é recomendada por elevado risco de deficiência hídrica.

Conclusões

Os resultados obtidos possibilitam concluir que:

- o Rio Grande do Sul apresenta áreas com menor risco climático para semeadura da cultura de milho, e que essas áreas apresentam variações;
- a abrangência das áreas no RS, com menor risco climático para a cultura de milho, varia de acordo

com o ciclo do híbrido/cultivar, com o tipo de solo e com a época de semeadura;

- a subdivisão do período total de semeadura, entre 21 de julho e 20 de janeiro, de dez em dez dias, mostrou-se adequada para as determinações de probabilidades de ocorrência de risco climático e na indicação de áreas para semeadura; e
- as regiões do Planalto, Alto e Médio Vales do Uruguai e Missões apresentam maior disponibilidade de áreas com menor risco climático para a cultura de milho, nas diversas épocas de semeadura.

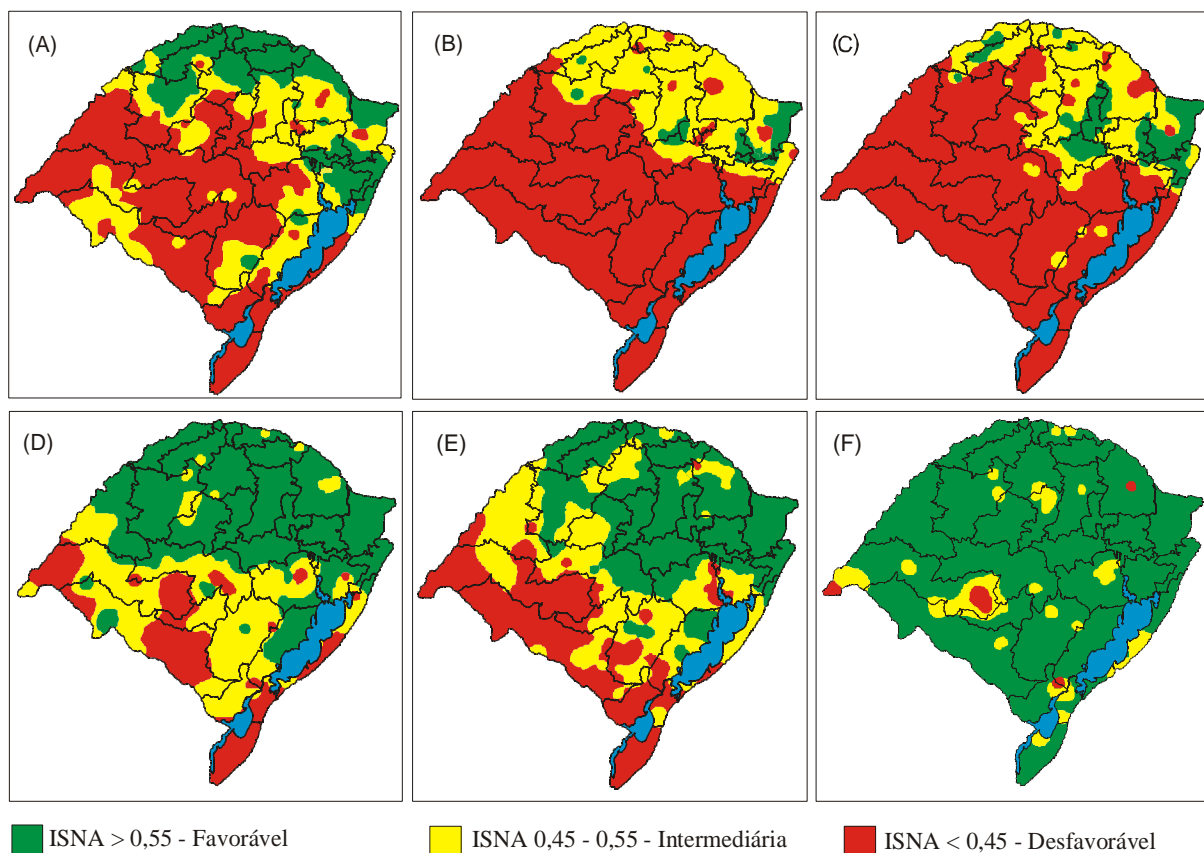


Figura 2. Caracterização de riscos climáticos por deficiência hídrica (ISNA – Índice de Satisfação das Necessidades de Água) para uma cultivar de milho com ciclo de 140 dias no estado do Rio Grande do Sul, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm, nas épocas de semeadura de 15 de agosto (A), 15 de setembro (B), 15 de outubro (C), 15 de novembro (D), 15 de dezembro (E) e 15 de janeiro (F).

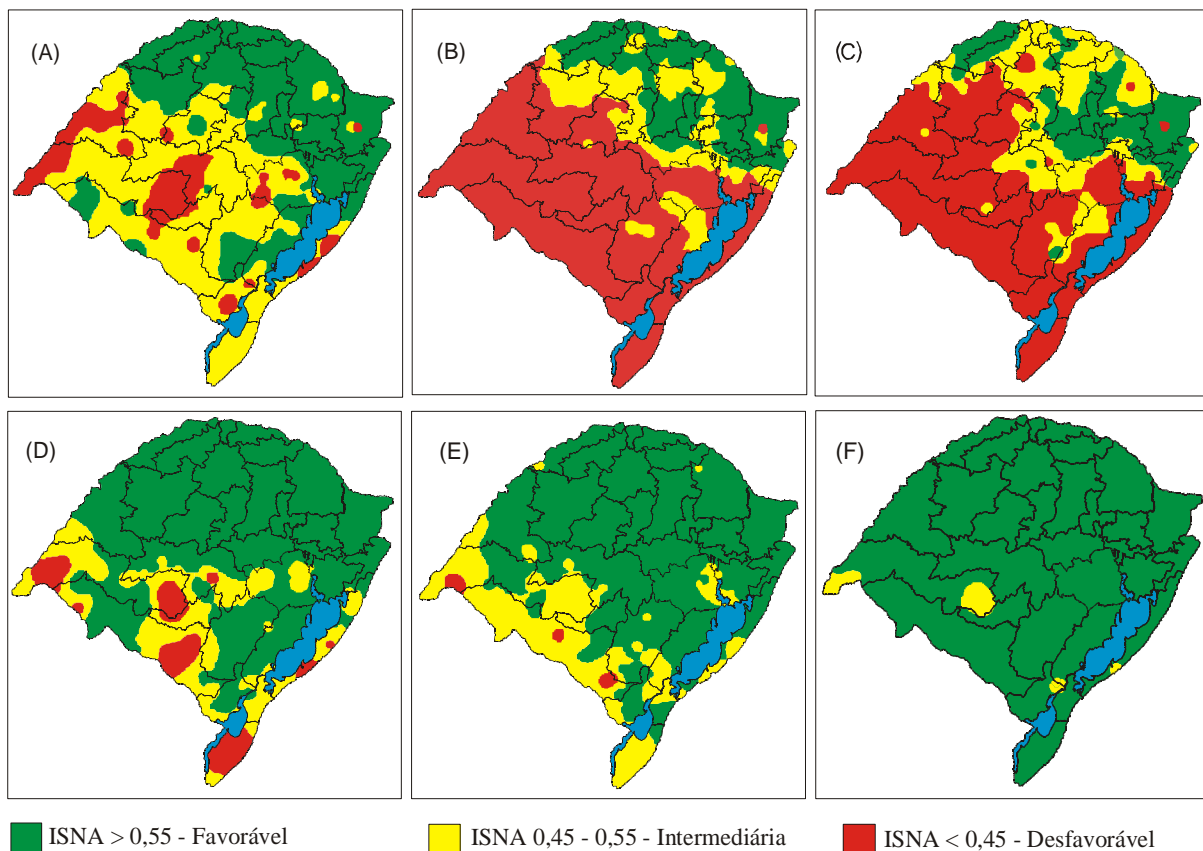


Figura 3. Caracterização de riscos climáticos por deficiência hídrica (ISNA – Índice de Satisfação das Necessidades de Água) para uma cultivar de milho com ciclo de 140 dias no estado do Rio Grande do Sul, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 70 mm, nas épocas de semeadura de 15 de agosto (A), 15 de setembro (B), 15 de outubro (C), 15 de novembro (D), 15 de dezembro (E) e 15 de janeiro (F).

Referências bibliográficas

ÁVILA, A.M.H. **Regime de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo.** 1994. 75p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L.M.G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-

dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.59-66, 1999.

MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático da cultura do milho por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: FEPAGRO, 1995. 75p. (Boletim, 1).

MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L. et al. Zoneamento agroclimático da cultura do milho (*Zea mays* L.) para o estado do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.22, n.2, p.261-285, 1986.

MALUF, J.R.T.; CUNHA, G.R. da; EVANGELISTA, B.A. et al. Zoneamento: períodos de semeadura. Safra 2000/2001. In: **Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Fepagro, Embrapa Trigo, Emater/RS, Fecoagro/RS, 2001. 135p. (Boletim Técnico, 7).

MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MACHADO, F.A. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.263-275, 1998a.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. et al. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.85-92, 1995.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. et al. Evapotranspiração da cultura do milho. I – Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.9-14, 1998b.

MATZENAUER, R.; MACHADO, F.A. Disponibilidades hídricas para a cultura do milho em anos de El Niño, La Niña e neutros, nas regiões climáticas do Planalto e Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 46., 2001, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: Fepagro/Emater, 2001.

MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na região do Planalto Médio do Rio

Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.263-273, 2000.

MATZENAUER, R.; PORTO M.P. Necessidades hídricas, coeficientes de cultura e irrigação. In: **Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, EMBRAPA TRIGO, EMATER/RS, FECOAGRO/RS. n.7, 2001. 135p.

MEDEIROS, S.L.P.; WESTPHALEN, S.L.; MATZENAUER, R. et al. Relações entre a evapotranspiração e rendimento de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.1-10, 1991.

MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C. et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. v.2. 122p. (Circular, 50).

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro/Emater/Fecotrigo, 1995. 131p.

SILVA, P.R.F. da Crescimento e desenvolvimento. In: **Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, Embrapa Trigo, Emater/RS, Fecoagro/RS, n.7, 2001. 135p.