



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1806-9193

Julho, 2005

Documentos 137

Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul

Silvio Steinmetz
Marcos Silveira Wrege
Flávio Gilberto Herter
Carlos Reisser Júnior
Jean Samarone Almeida Ferreira
Ronaldo Matzenauer
Jaime Ricardo Tavares Maluf

Pelotas, RS
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 km 78

Caixa Postal 403 - Pelotas, RS

Fone: (53) 275 8199

Fax: (53) 275 8219 - 275 8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Ana Luiza Barragana Viegas

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Ilustração da capa: Oscar Castro

Foto da capa: Arquivo da Embrapa Clima Temperado

1ª edição

1ª impressão 2005: 300 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul /
Silvio Steinmetz ... [et al.]. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado,
2004p.

20 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 137).

ISSN 1806-9193

1. Arroz irrigado - Clima - Macrozoneamento climático - Mapeamento -
Risco de frio - Radiação solar - Rio Grande do Sul. I. Steinmetz, Sílvio. II.
Título. III. Série.

CDD 633.18

Autores

Silvio Steinmetz

Eng. Agrôn. Dr. Embrapa Clima Temperado
BR 392, Km 78 - Cx. Postal 403
CEP 96001-970, Pelotas - RS.
E-mail: silvio@cpact.embrapa.br

Marcos Silveira Wrege

Eng. Agrôn. Dr. Embrapa Clima Temperado
Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas - RS.
E-mail: wrege@cpact.embrapa.br

Flávio Gilberto Herter

Eng. Agrôn. Dr. Embrapa Clima Temperado
Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas - RS.
E-mail: herter@cpact.embrapa.br

Carlos Reisser Júnior

Eng. Agríc. Dr. Embrapa Clima Temperado
Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas - RS.
E-mail: reisser@cpact.embrapa.br

Jean Samarone Almeida Ferreira

Estudante de Ciência da Computação da UCPel
(Estagiário na Embrapa Clima Temperado)
Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas - RS.
E-mail: jean@cpact.embrapa.br

Ronaldo Matzenauer

Eng. Agrôn. Dr. Fundação Estadual de Pesquisa
Agropecuária/SCT-RS
Rua Gonçalves Dias, 570
CEP 90130-060, Porto Alegre - RS.

Jaime Ricardo Tavares Maluf

Eng. Agrôn. MSc. Embrapa Trigo
Cx. Postal 569
CEP 99001-970, Passo Fundo - RS.

Apresentação

O arroz irrigado é uma cultura de grande importância econômica para o Rio Grande do Sul, representando cerca de 50% da produção nacional.

Entre os fatores que interferem nos níveis de produtividade e na sua variabilidade, os de ordem climática têm papel de destaque. Com esta publicação, a Embrapa Clima Temperado oferece uma importante contribuição para essa cultura, em pelo menos três aspectos:

- aprimora os zoneamentos climáticos realizados anteriormente, avaliando a influência de dois parâmetros climáticos muito importantes para a cultura e utilizando técnicas modernas, como o geoprocessamento, para espacializar as informações;
- auxilia o planejamento de atividades de pesquisa e de transferência de tecnologia pelo fato de gerar informações de acordo com as características de aptidão climática das distintas regiões produtoras de arroz do Estado;
- contribui com os produtores na escolha das cultivares e no manejo a ser usado na sua propriedade em função das características climáticas da região em que ela está inserida.

O conjunto de informações contidas neste texto, juntamente com o de outras publicações produzidas na Unidade, representam, portanto, importante contribuição não só para a sustentabilidade da cultura do arroz, como para toda a região onde ela é cultivada.

João Carlos Costa Gomes
Chefe Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul	9
Introdução	9
Metodologia	10
Resultados e discussão	12
Agradecimentos	17
Referências bibliográficas	18
Anexo	20

Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul

Silvio Steinmetz
Marcos Silveira Wrege
Flávio Gilberto Herter
Carlos Reisser Júnior
Jean Samarone Almeida Ferreira
Ronaldo Matzenauer
Jaime Ricardo Tavares Maluf

Introdução

O arroz irrigado é uma cultura de grande importância econômica para o Rio Grande do Sul, pois representa cerca de 50% da produção nacional e em torno de 80% de todo o arroz produzido no País, no sistema irrigado.

Apesar dos bons índices médios de produtividade, superiores a $5,0 \text{ t ha}^{-1}$, há uma acentuada variabilidade ao longo dos anos, causada, fundamentalmente, pelas condições climáticas. A ocorrência de baixas temperaturas ("frio") e a disponibilidade de radiação solar, durante as fases críticas da planta, são dois elementos climáticos que estão intimamente relacionados com a variabilidade da produtividade. Resultados obtidos por Mota (1994) indicam que a variação da produtividade do arroz, caracterizada através dos coeficientes de correlação parcial, depende em 93% da radiação solar, 83% das horas de frio em março e 42% das horas de frio em fevereiro. Assim, a definição das regiões mais apropriadas climaticamente para o cultivo do arroz irrigado passa a ser uma ferramenta importante de planejamento agrícola, visando obter-se maiores e mais estáveis índices de produtividade.

Os zoneamentos climáticos feitos anteriormente para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul (Mota et al., 1974 e Rio Grande do Sul, 1994)

foram baseados exclusivamente nas temperaturas médias durante a estação de cultivo e na média das máximas do mês mais quente. Por isso, nesses zoneamentos, não é possível caracterizar as diferenças regionais existentes no Estado em termos de disponibilidade de radiação solar indicadas por Mota (1995) e Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989) e, tampouco, aquelas relacionadas com as probabilidades de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz irrigado mostradas por diversos autores (Steinmetz et al., 2001a, 2003a,b; Buriol et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a aptidão climática para o arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, baseando-se na probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas prejudiciais à cultura e na disponibilidade de radiação solar.

Metodologia

Os dados de probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas prejudiciais ao arroz irrigado, usados neste trabalho, foram aqueles gerados por Steinmetz et al. (2001a, 2003a) e por Buriol et al. (1998). Usou-se a probabilidade média de ocorrência de três ou mais dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 15°C ($\text{td} < 15^{\circ}\text{C}$) nos decêndios de janeiro, fevereiro e março. Foram estabelecidas equações de regressão múltipla entre as probabilidades médias e os dados de altitude, latitude e longitude para as 16 localidades da metade Sul (Steinmetz et al., 2001a, e Buriol et al., 1998) e para as 10 localidades da metade Norte do Estado (Steinmetz et al., 2003a). Os dados de altitude, para toda a área de abrangência do Rio Grande do Sul, foram obtidos a partir da base GTOPO30, do United States Geological Survey (USGS, 1999). O programa de geoprocessamento IDRISI foi usado para, a partir das equações geradas e das informações georreferenciadas de altitude, latitude e longitude gerar imagens contendo 256 classes de probabilidades que foram, finalmente, agrupadas nas quatro classes indicadas na Figura 1, às quais foram atribuídas quatro classes de risco de frio (RF): muito baixo a baixo RF (de 0% a 15%); baixo a médio RF (de 15% a 30%); médio a alto RF (de 30% a 45%); alto a muito alto RF (de 45% a 60%). A interpolação dos dados foi feita através do programa SURFER.

Para a maioria das localidades, usaram-se os dados de radiação solar global média disponíveis em Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989). Para as localidades de Caxias do Sul, Iraí, Santa Vitória do Palmar e São Luiz Gonzaga usaram-se os dados de Mota & Beirsdorf (1971). Para Capão do Leão (Pelotas) os dados foram da Estação Agroclimatológica, Convênio Embrapa/UFPel (EMBRAPA). Para a maioria da localidades, usou-se a radiação solar global média ($\text{cal cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) dos meses de fevereiro e março e para algumas localidades, tais como Alegrete, Iraí, Santo Augusto, São Borja e Uruguaiana, usaram-se os dados médios dos meses de janeiro e fevereiro. Esse mesmo critério foi usado por Mota (1995) e justifica-se pelo fato das regiões agroecológicas em que essas localidades estão inseridas serem mais quentes do que o restante do Estado. Com isso, a semeadura do arroz é iniciada mais cedo do que nas demais regiões (Steinmetz et al., 2001b), fazendo com que as fases críticas da planta à radiação solar ocorram, mais freqüentemente, em janeiro e fevereiro do que em fevereiro e março.

O programa de geoprocessamento IDRISI foi usado para espacializar os resultados obtidos pela interpolação dos dados feita com o programa SURFER, pelo método de kriging. As quatro classes de disponibilidade de radiação solar (DRS) geradas (Figura 2) foram reagrupadas em duas: de 400 a $435 \text{ cal cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, denominada de baixa a média DRS e de 435 a $505 \text{ cal cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, denominada de média a alta DRS.

A sobreposição da Figura 1, com as três classes de risco de frio e da Figura 2, com as duas classes de disponibilidade de radiação solar, gerou a Figura 3, com seis classes de regiões aptas para o cultivo do arroz irrigado e uma classe (7) considerada inapta por apresentar alto a muito alto risco de frio.

Visando compatibilizar os resultados deste trabalho com as regiões agroecológicas do Estado (Rio Grande do Sul, 1994) fez-se a sobreposição dessas regiões no mapa da Figura 3, gerando o mapa do Anexo 1.

Resultados e discussão

Os resultados da Figura 1 indicam que as áreas de muito baixo a baixo risco de frio (de 0% a 15%) predominam nas regiões e sub-regiões agroecológicas denominadas São Borja-Itaqui (9), Depressão Central (1) e Litoral (2a,b). Por outro lado, as áreas de alto a muito alto risco (de 45% a 60%) ocorrem no Planalto Superior (3) e nas partes mais altas da Serra do Sudeste (11). A maior parte da Campanha (10b), da Serra do Sudeste (11) e do Planalto Superior (3b) apresentam riscos de médio a alto (de 30% a 45%). Nas demais áreas, o risco é considerado de baixo a médio (de 15% a 30%). Por representar a média das probabilidades dos decêndios de janeiro a março, a Figura 3 pode ser considerada como a síntese dos mapeamentos decendiais obtidos por Steinmetz et al. (2003b).

A Figura 2 indica que dentre as principais regiões produtoras de arroz no Estado os mais altos índices de radiação solar (superiores a $470 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) ocorrem no Litoral Sul (2c), onde insere-se Santa Vitória do Palmar, e nas região de São Borja-Itaqui (9) e Uruguiana (10a). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Mota (1995) para as principais regiões orizícolas do Rio Grande do Sul. Os menores índices de radiação solar (inferiores a $400 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) situam-se no Litoral Norte (2a), onde situa-se a localidade de Osório. As demais regiões apresentam valores intermediários (entre 400 a $470 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$).

A sobreposição dos mapas do risco de frio (Figura 1) e da disponibilidade de radiação solar (Figura 2) resultou no mapa de aptidão climática para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul (Figura 3). As seis regiões aptas ao seu cultivo diferenciam-se em função da combinação das três classes de risco de frio (RF) e das duas classes de disponibilidade de radiação solar (DRS). Comparando-se com os zoneamentos anteriores (Mota et al., 1974 e Rio Grande do Sul, 1994) verifica-se que este é mais detalhado, pois apresenta seis classes de aptidão para as áreas antes classificadas apenas como Preferencial e Tolerada.

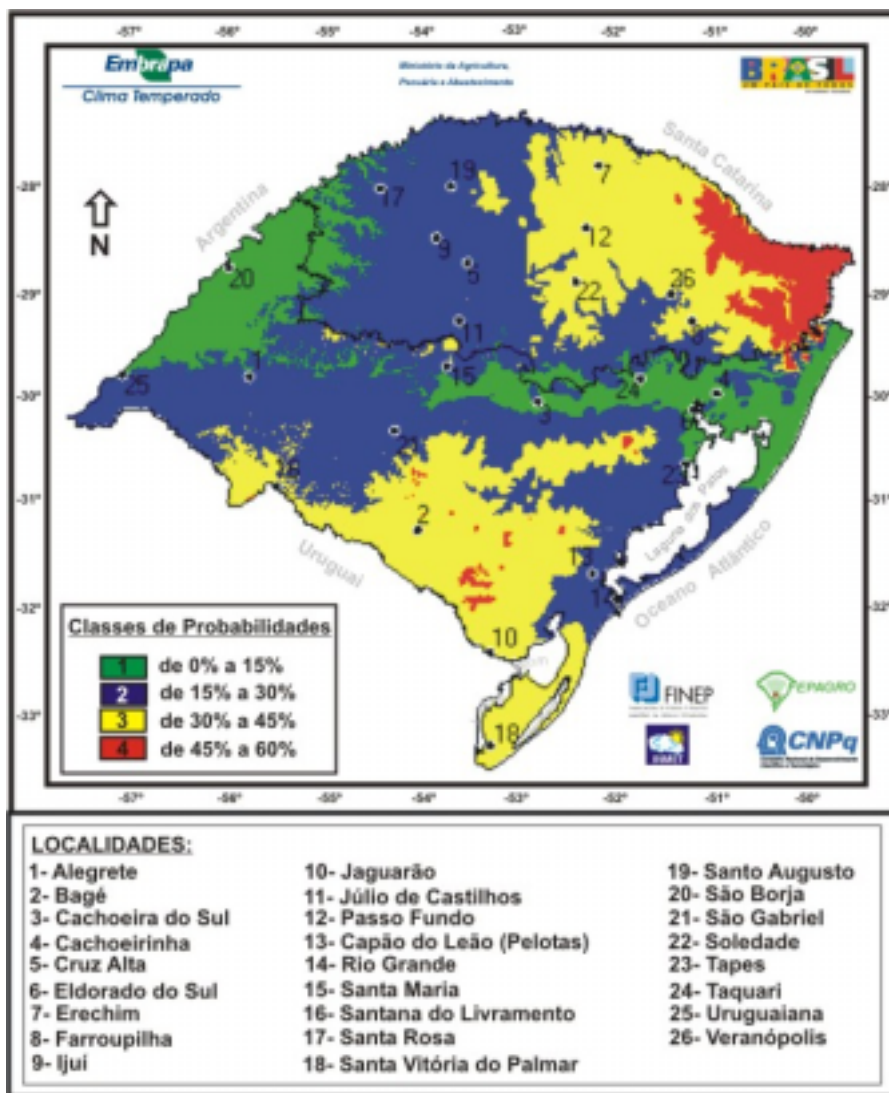


Figura 1. Mapeamento das classes de probabilidade média de ocorrência de três ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C nos decêndios de janeiro, fevereiro e março. A principal região produtora de arroz situa-se na metade inferior do Estado. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2004.

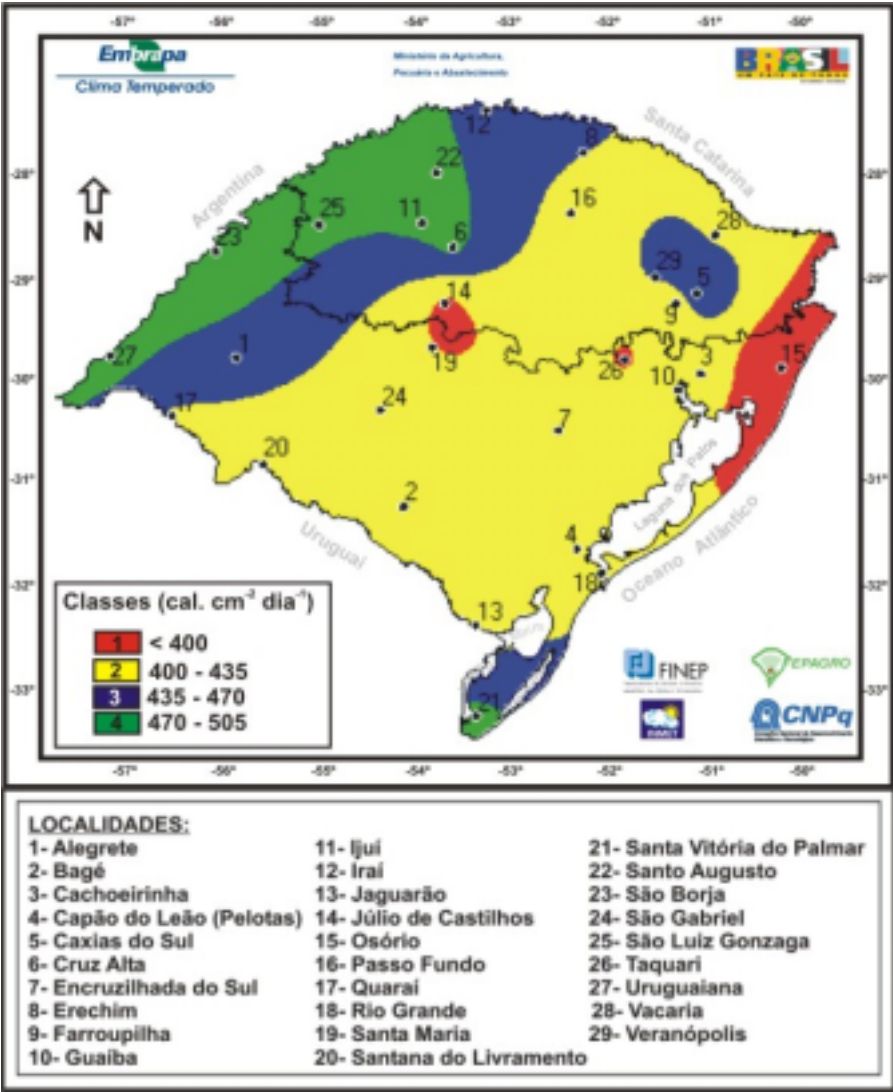


Figura 2. Mapeamento das classes de disponibilidade de radiação solar média (cal cm⁻² dia⁻¹) durante os meses de fevereiro e março, exceto para algumas localidades (Alegrete, Iraí, Santo Augusto, São Borja e Uruguaiana) em que usou-se a média de janeiro de fevereiro. A principal região produtora de arroz situa-se na metade inferior do Estado. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2004.

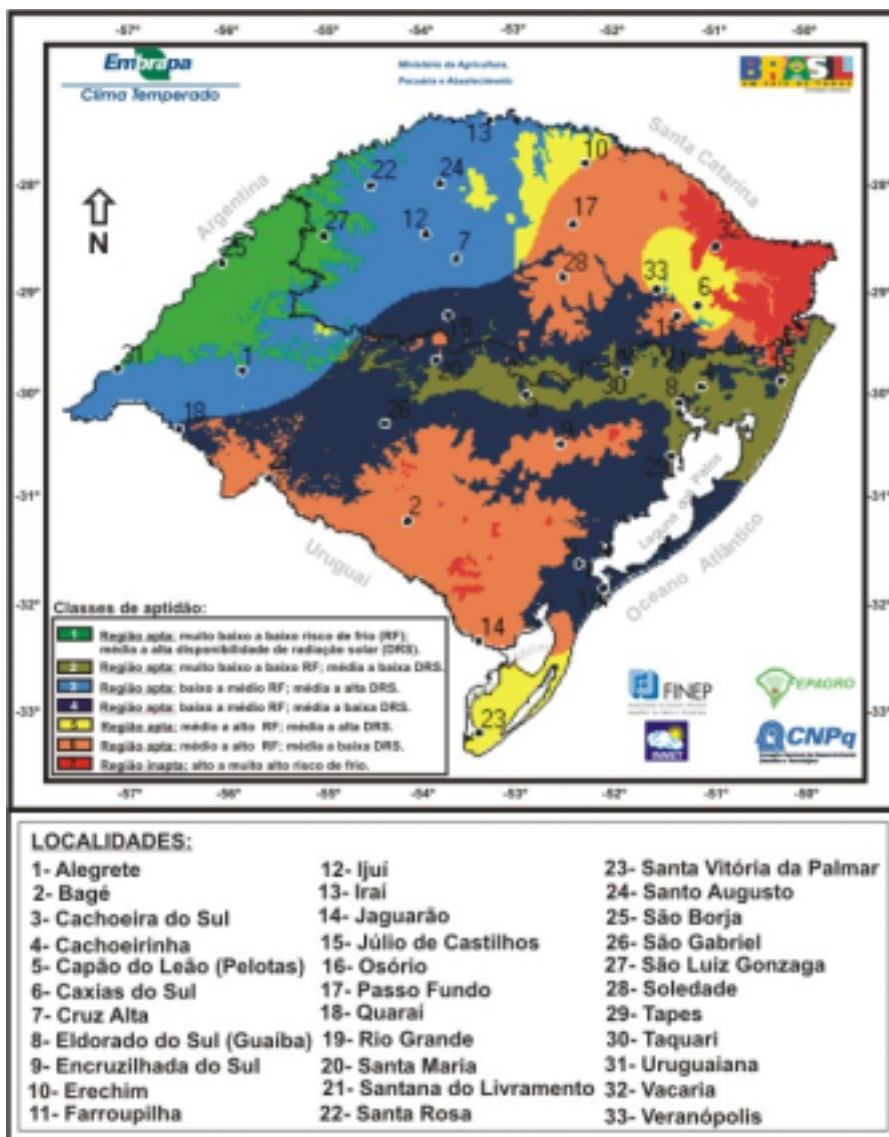


Figura 3. Mapeamento das classes de aptidão climática para o cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. A principal região produtora de arroz situa-se na metade inferior do Estado. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2004.

A região 7 foi considerada inapta por possuir alto a muito alto risco de frio. Essa região também foi considerada inapta pelos zoneamentos feitos por Mota et al. (1974) e Rio Grande do Sul (1994).

O mapa do Anexo 1 indica como as 7 classes de aptidão climática para o arroz irrigado se enquadram nas regiões e sub-regiões agroecológicas do Estado (Rio Grande do Sul, 1994). Deve-se ressaltar que essas regiões agroecológicas foram definidas com a finalidade de reunir municípios que apresentam características semelhantes em termos de clima, capacidade de uso do solo, uso atual, vegetação, etc.

Considerando-se apenas a principal região orizícola do Estado, situada na metade inferior do mapa do Anexo 1, verifica-se que: a) a região apta 1 (muito baixo a baixo RF e média a alta DRS) predomina na maior parte da região São Borja-Itaqui (9) e numa parte da região da Campanha (10a) onde incluem-se a parte norte dos municípios de Uruguaiana e de Alegrete; b) a região apta 2 (muito baixo a baixo RF e média a baixa DRS) coincide, em grande parte, com a Depressão Central (1a, 1b, 1c) e com a parte norte e centro-norte da região do Litoral (2a, 2b); c) a região apta 3 (baixo a médio RF e média a alta DRS) envolve a maior parte dos municípios de Uruguaiana e Alegrete (sub-região 10a) e a parte sudeste da região São Borja-Itaqui (9); d) a região apta 4 (baixo a médio RF e média a baixa DRS) ocupa parte da Campanha (10a, 10b), parte da Depressão Central (1b, 1c), parte da Região das Grandes Lagoas (12a) e parte do Litoral (2b, 2c); e) a região apta 5 (médio a alto RF e média a alta DRS) é específica da parte sul da região Litoral (2c), incluindo basicamente o município de Santa Vitória do Palmar; f) a região apta 6 (médio a alto RF e média a baixa DRS) engloba a maior parte da Serra do Sudeste (11), parte da Campanha (10b) e parte da Região das Grandes Lagoas (12b).

Os municípios que compõem cada Região ou Sub-região Agroecológica (RA) constam em Rio Grande do Sul (1994).

Os resultados obtidos neste trabalho constituem um aprimoramento dos zoneamentos feitos anteriormente por Mota et al. (1974) e Rio Grande do Sul (1994), e serão de grande valia no aperfeiçoamento do Zoneamento Agroclimático por Épocas de Semeadura do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul (Steinmetz et al., 2001b). Este último, faz parte do programa de redução de riscos climáticos na agricultura, viabilizado através do Zoneamento Agrícola, que tem sido usado como instrumento de política agrícola do governo federal através do Crédito Rural e do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO) (Rossetti, 2001). Outra possível aplicação dos resultados obtidos é como uma ferramenta para auxiliar no planejamento de atividades de pesquisa e difusão de tecnologia visando gerar informações de cultivares e de manejo da cultura de acordo com as características climáticas das distintas regiões agroecológicas do Estado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) e ao 8° Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8°DISME/INMET) pela cedência dos dados meteorológicos utilizados nos estudos originais de cálculo de probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas prejudiciais ao arroz irrigado, à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo aporte de parte dos equipamentos de informática usados neste estudo.

Referências bibliográficas

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; GRAVE, R.A.; DIDONET, I.A.; STEINMMETZ, S. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz na região de Depressão Central, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 1-9, 1998.

EMBRAPA Clima Temperado. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br> (Laboratórios; Agrometeorologia; Estação Agroclimatológica). Acesso em: 8 nov. 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS-Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 3 v., 296 mapas, 28 tab.

MOTA, F.S. da. Influência da radiação solar e do "frio" no período reprodutivo sobre o rendimento do arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 413, p. 22-23, 1994.

MOTA, F.S. da. Disponibilidade de radiação solar e risco de frio no período reprodutivo do arroz irrigado em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 424, p. 8-10, 1995.

MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C. Novas estimativas da radiação solar sobre o sul do Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 573-576, 1971.

MOTA, F.S.; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C.; MOTTA, W.A.; WESTPHALEN, S.L. Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Pelotas:IPEAS, 1974. v.2, 122 p. (IPEAS. Circular Técnica, 50)

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul/Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Porto Alegre, 1994, 2 v.

ROSSETTI, L.A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, (n. Especial: Zoneamento Agrícola), p.386-399, 2001.

STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; DIDONÉ, I.A.; OLIVEIRA, H.T. de; SIMONETI, C. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz em distintas regiões produtoras do estado do Rio Grande do Sul. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v.4, n.1, p.63-77, junho, 2001a.

STEINMETZ, S.; INFELD, J.A.; MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; MARIOT, C.H.P.; AMARAL, A.G.; FERREIRA, J.S.A. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no Estado do Rio Grande do Sul (versão 3)**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2001b. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; DIDONÉ, I.A.; OLIVEIRA, H.T. de; SIMONETI, C. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar durante o período reprodutivo do arroz irrigado, na metade norte do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p.107-121, 2003a.

STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; AMARAL, A.G.; FERREIRA, J.S.A. Mapeamento das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar, durante o período reprodutivo do arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p.169-179, 2003b.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY - SURVEY NATIONAL MAPPING
DIVISION: global 30 Arc Second Elevation Data. Disponível em: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>. Acesso em 10 jul. 1999.

ANEXO 1

Mapeamento das Classes de aptidão climática para o arroz irrigado e regiões e sub-regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul. A principal região produtora de arroz situa-se na metade inferior do Estado. Os pontos indicam a localização das estações meteorológicas usadas no estudo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, 2004.

