

ISSN 0104-1347

Mapeamento das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar, durante o período reprodutivo do arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul¹

Mapping the probabilities of occurring harmful minimum air temperatures, during the reproductive stage of paddy rice, in the State of Rio Grande do Sul

Silvio Steinmetz², Francisco Neto de Assis³, Galileo Adeli Burio⁴, Valduino Estefane⁵, Alexandre Garcia Amara⁶ e Jean Samarone Almeida Ferreira⁶

Resumo - A ocorrência de baixas temperaturas do ar durante as fases mais sensíveis da planta (pré-floração e floração) pode causar decréscimos acentuados na produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Foram mapeadas as probabilidades de ocorrência de um, três e cinco dias de temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C (t£15°C), nos decêndios dos meses de dezembro a março, para o Estado do Rio Grande do Sul. Foram estabelecidas equações de regressão múltipla entre as probabilidades calculadas e os dados de altitude, latitude e longitude, para cada um dos decêndios de dezembro a março, das vinte e nove localidades estudadas. Os dados georeferenciados de altitude foram obtidos a partir de um CD-ROM disponibilizado pelo U.S. Geological Survey, EROS Data Center. O programa de geoprocessamento IDRISI foi usado para gerar imagens contendo 256 classes de probabilidade, que foram posteriormente agrupadas em cinco classes. Os resultados mostraram que: a) há diferenças acentuadas entre as distintas regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul quanto a probabilidade de ocorrência de temperaturas menores ou iguais a 15°C, evidenciando-se uma forte influência da altitude; b) o período de menor risco de ocorrência de t£15°C compreende os decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e o 1º decêndio de março. Isso sugere que essa informação seja considerada na definição dos períodos recomendados de semeadura, de acordo com o ciclo da cultivar. Eles devem ser definidos de modo que as fases mais sensíveis da planta coincidam com esse período.

Palavras-chave: arroz, temperatura mínima do ar, probabilidade, risco climático, mapeamento.

Abstract - The occurrence of low temperatures during the most sensitive stages of the crop (booting and heading) may cause severe yield decreases in the paddy rice cultivated in the State of Rio Grande do Sul. Maps were generated with the probabilities of having one, three and five day-periods of minimum air temperatures equal or lower than 15°C (t£15°C) in each of the ten day-periods of December, January, February and March. Multiple regression equations were established between the calculated probabilities and altitude, latitude and longitude for each of the ten day-periods of the twenty nine localities studied. The data of altitude were obtained from a CD-ROM of the U.S. Geological Survey, EROS Data Center. The software IDRISI was used to generate 256 classes of probabilities that were grouped into five classes. The results showed that: a) there are great differences among the distinct agroecological regions of the State of Rio Grande do Sul in the probability of having t£15°C, showing a strong influence of the altitude; b) the probabilities of having minimum air temperatures equal or lower than 15°C are lower during January and February and in the first ten day-period of March. The results suggest that this variable should be considered in the definition of the sowing period, according to the cycle of the cultivar. They should be defined so that the most sensitive stages of the crop occur during this period

Key words: rice, minimum air temperature, probability, climatic risk, mapping.

¹Trabalho feito com o apoio do projeto de Zoneamento Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

²Engº Agrº, Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas, RS. E-mail: silvio@cpact.embrapa.br

³Engº Agrº, Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Cx. Postal 354, 96010-970 Pelotas, RS.

⁴Engº Agrº, Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900 Santa Maria, RS.

⁵Engº Agrº, Mestre, Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), 97105-900 Santa Maria, RS.

⁶Bolsistas contratados pelo projeto de Zoneamento Agrícola.

Introdução

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil. Na safra 2000/2001, a sua participação foi de 51,3% do total de arroz produzido no país (IBGE, 2001). Apesar dos elevados índices médios de produtividade (superiores a 5 t/ha), a ocorrência de baixas temperaturas do ar, durante as fases críticas da planta, pode causar decréscimos acentuados na produtividade das lavouras (TERRES & GALLI, 1985; MOTA, 1994). As fases de pré-floração ou, mais especificamente na microsporogênese, e a floração, são consideradas as mais sensíveis às baixas temperaturas (SATAKE, 1976; TERRES & GALLI, 1985).

As temperaturas críticas, que causam esterilidade das espiguetas, variam de acordo com as características dos estudos realizados. Elas podem ser 13°C (TERRES & GALLI, 1985); variar entre 15 e 17°C, para os genótipos tolerantes e entre 17 e 19°C para os suscetíveis (NISHIYAMA *et al.*, 1969) ou 15°C (PETERSON *et al.*, 1974, citado por BOARD *et al.*, 1980). No Rio Grande do Sul, a temperatura de 15°C tem sido usada como referência em estudos agroclimatológicos (MOTA, 1994; STEINMETZ *et al.*, 2001b).

Os estudos de probabilidade são muito importantes na definição das épocas mais apropriadas de semeadura, pois permitem estabelecer que as fases críticas da planta coincidam com o período de menor probabilidade de ocorrência de temperaturas prejudiciais à cultura (BURIOL *et al.*, 1998; STEINMETZ *et al.*, 2001a). Com essa finalidade, foram determinadas as probabilidades de ocorrência de dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 13, 15 e 17°C para cada decêndio dos meses de dezembro a março, para as Regiões Climáticas do Litoral Sul, Campanha e Baixo Vale do Uruguai (STEINMETZ *et al.*, 1995; STEINMETZ *et al.*, 2001a) e da Depressão Central (BURIOL *et al.*, 1998). Por último, STEINMETZ *et al.* (2003) calcularam as probabilidades para dez localidades situadas na metade norte do Rio Grande do Sul. Nesses trabalhos, os resultados de cada uma das vinte e seis localidades estudadas são apresentados na forma de tabelas. Embora essa forma de apresentação permita obter informações detalhadas para um determinado local, tem o inconveniente dos dados serem pontuais, não permitindo a visualização da sua distribuição geográfica. Por isso, BURIOL *et al.*, (2000) e STEINMETZ *et al.* (2001a) fizeram a espacialização dos dados ob-

tidos para as quatro regiões previamente citadas, situadas na metade sul do Estado.

O objetivo deste trabalho foi representar, na forma de mapas, a distribuição espacial das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar, menores ou iguais a 15°C, nos decêndios dos meses de dezembro a março, calculadas para vinte e nove localidades do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Os dados de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C ($t \leq 15^\circ\text{C}$) foram aqueles gerados por BURIOL *et al.* (1998) para a região da Depressão Central e por STEINMETZ *et al.* (2001a, 2003) para as demais regiões climaticamente aptas para o cultivo do arroz irrigado do Rio Grande do Sul. Nesses trabalhos, foram utilizadas vinte e seis estações meteorológicas dispostas, a maioria delas, de séries de mais de 30 anos de dados. As coordenadas geográficas dessas estações, o período utilizado e a instituição a que pertencem estão caracterizados nos três trabalhos citados anteriormente. Além dos dados dessas Estações, foram incluídos os de Encruzilhada do Sul, Piratini e Rosário do Sul. Visando caracterizar a representação espacial dos níveis de risco envolvidos escolheu-se, dentre os diversos resultados gerados nos três trabalhos previamente citados, a probabilidade de ocorrência de $t \leq 15^\circ\text{C}$ em um, três e cinco ou mais dias de cada decêndio. A razão da escolha do nível térmico $t \leq 15^\circ\text{C}$ é que ele é utilizado como referência em estudos sobre a influência de baixas temperaturas na cultura do arroz (Peterson *et al.*, 1974, citado por BOARD *et al.*, 1980; MOTA, 1994; STEINMETZ *et al.*, 2001b).

Foram estabelecidas equações de regressão múltipla entre as probabilidades calculadas e os dados de altitude, latitude e longitude de cada localidade e para cada um dos decêndios de dezembro a março. Os coeficientes de determinação, envolvendo todas as localidades, variaram de 0,42 a 0,79, sendo que a variável altitude foi a que apresentou os coeficientes mais altos. Os dados de altitude do Rio Grande do Sul foram obtidos a partir de um CD-ROM disponibilizado pelo U.S. Geological Survey, EROS Data Center, Sioux Falls, SD, sendo estes dados gerados pelo modelo de altitude digital (DEM) GTOPO30. O nível de resolução de altitude, gerado por esse modelo, é de 1 km x 1 km. O programa de

geoprocessamento IDRISI foi usado para, a partir dessas equações e das informações georreferenciadas de altitude, latitude e longitude, gerar imagens contendo 256 classes de probabilidades que foram, finalmente, agrupadas nas cinco classes indicadas nas Figuras 1 a 6. A interpolação dos dados foi feita utilizando-se o programa SURFER.

Numa primeira etapa se fez a espacialização dos dados para dezenove localidades situadas na metade sul do Estado (STEINMETZ et al., 2001a). Na segunda etapa foram espacializadas as informações geradas para dez localidades, situadas na metade norte do Estado (STEINMETZ et al., 2003). A terceira etapa consistiu na montagem dos mapas obtidos para essas duas partes.

Resultados e discussão

O risco de ocorrência de $t \leq 15^\circ\text{C}$ é mais acentuado nos decêndios do mês de dezembro (Figuras 1a,b,c; 3a,b,c e 5a,b,c) e no 2º e 3º decêndios de março (Figuras 2e,f; 4e,f e 6e,f). Nesse período, as probabilidades de ocorrência desse nível térmico são mais altas para um dia e mais baixas para períodos de cinco dias. Tomando-se o período de três ou mais dias como exemplo (Figuras 3a,b,c e 4e,f), verifica-se que nas áreas mais baixas há predominância da classe 2 (de 20 a 40%). Essas áreas incluem, de acordo com RIO GRANDE DO SUL (1994), a maior parte das regiões agroecológicas denominadas Depressão Central, Grandes Lagoas, Missionária de Santo Ângelo-São Luiz Gonzaga, Alto Vale do Uruguai e a parte oeste da Campanha. Já nas áreas mais altas, predominam as classes 3 (de 40 a 60%) e 4 (de 60 a 80%) ocorrendo, inclusive, a classe 5 (de 80 a 100%) nas áreas de maior altitude. Essas áreas ocorrem, principalmente, nas regiões agroecológicas do Planalto Superior e da Serra do Nordeste, mas, também, na Serra do Sudeste.

O período de menor risco de ocorrência de $t \leq 15^\circ\text{C}$ compreende os decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e o 1º decêndio de março, mas, há uma variabilidade acentuada entre as distintas regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul onde o arroz é cultivado (Figuras 1d a 2d, 3d a 4d e 5d a 6d). Nesse período, as classes de probabilidade também variam de acordo com o número de dias considerados. Assim, as probabilidades de ocorrência de $t \leq 15^\circ\text{C}$ são mais altas para um dia (Figuras 1d a 2d) e mais

baixas para três dias (Figuras 3d a 4d) e cinco dias (Figuras 5d a 6d).

Considerando-se o período de três ou mais dias como referência (Figuras 3d a 4d), verifica-se que, nas áreas mais baixas (geralmente apropriadas para o cultivo do arroz irrigado, devido a predominância dos solos hidromórficos), a classe 1 (de zero a 20%) é a mais expressiva. Na metade norte do Estado e, principalmente no quadrante leste, devido a maior altitude, predominam as classes 2 e 3. Essas duas classes também são predominantes na metade sul do Estado. Entretanto, o efeito da altitude é mais acentuado na Serra do Sudeste (classe 3) do que nas regiões da Campanha e da parte sul do Litoral Sul (classe 2). Nessas duas regiões, é provável que a ocorrência de temperaturas baixas durante esse período esteja mais relacionada com a latitude. Por estarem situadas mais ao sul do Estado, elas sofrem primeiro e, com maior intensidade, o efeito dos anticiclones polares que se estabelecem após a passagem de duas ou mais frentes frias, vindas do Sul do Continente (CAMPOS & STEINMETZ, 2001). Os dados de temperaturas mínimas médias, nos decêndios considerados, corroboram essa hipótese (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989).

Utilizando-se o período de três ou mais dias, nos decêndios de janeiro e fevereiro e no primeiro decêndio de março (Figuras 3d a 4d) para uma análise mais detalhada da metade sul, onde se concentra a zona arrozeira do Estado, verifica-se que as áreas de menor risco (classe 1) compreendem as regiões do Litoral e das Grandes Lagoas, excetuando-se as suas partes mais ao sul, a Depressão Central, a região São Borja-Itaqui e a parte oeste da Campanha. A parte sul das regiões Litoral, e das Grandes Lagoas e a região da Campanha apresentam níveis intermediários de risco, pois, há domínio da classe 2, pelas razões previamente discutidas. Os riscos são mais acentuados na Serra do Sudeste (classe 3) devido a maior altitude dessa região. Situação semelhante ocorre, nas áreas de maior altitude das "Coxilhas da Superfície do Planalto" situadas a oeste de Santana do Livramento. Nessas áreas de maior altitude, a julgar pela abrangência da classe 3, os riscos são menos acentuados no terceiro decêndio de janeiro (Figura 3f) e no segundo e terceiro decêndios de fevereiro (Figura 4b e 4c). Uma análise mais detalhada quanto aos riscos de ocorrência de frio na metade sul do Estado foi feita por STEINMETZ et al. (2001a).

Os resultados obtidos por BURIOL et al. (2000), que utilizaram a mesma metodologia de cál-

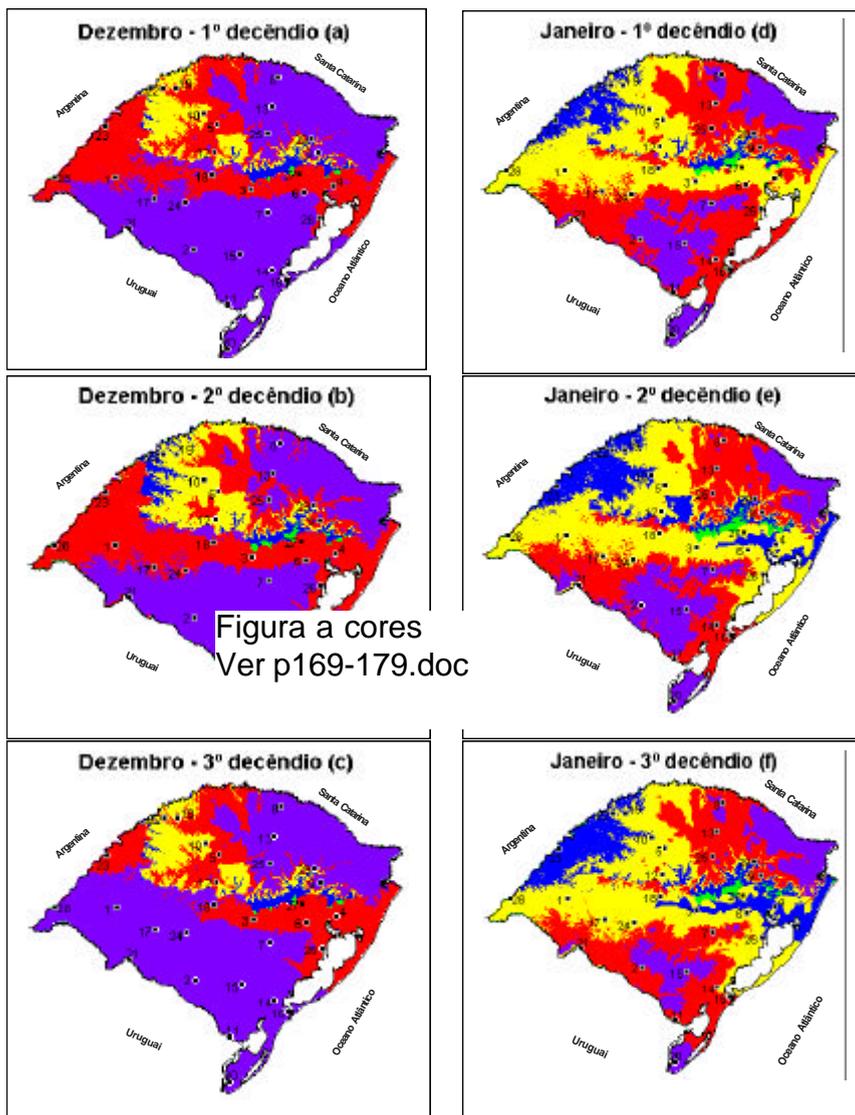


Figura a cores
Ver p169-179.doc

Localidades:

- | | | |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1- Alegrete | 11- Jaquarão | 21- Santana do Livramento |
| 2- Bagé | 12- Júlio de Castilhos | 22- Santo Augusto |
| 3- Cachoeira do Sul | 13- Passo Fundo | 23- São Borja |
| 4- Cachoeirinha | 14- Pelotas | 24- São Gabriel |
| 5- Cruz Alta | 15- Piratini | 25- Soledade |
| 6- Eldorado do Sul | 16- Rio Grande | 26- Tapes |
| 7- Encruzilhada do Sul | 17- Rosário do Sul | 27- Taquari |
| 8- Erechim | 18- Santa Maria | 28- Uruguaiana |
| 9- Farroupilha | 19- Santa Rosa | 29- Veranópolis |
| 10- Ijuí | 20- Santa Vitória do Palmar | |

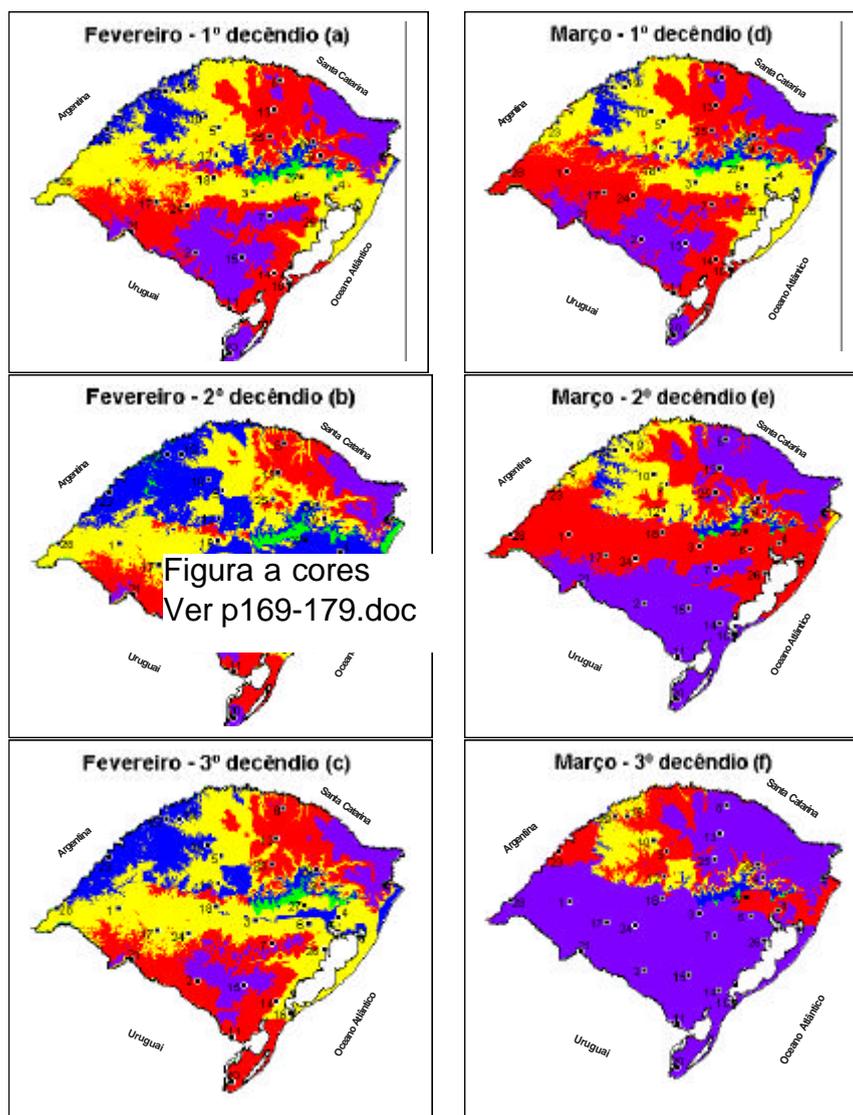
Classes de Probabilidade:

- | | |
|--|------------------|
| | 1. de 0% a 20% |
| | 2. de 20% a 40% |
| | 3. de 40% a 60% |
| | 4. de 60% a 80% |
| | 5. de 80% a 100% |



E ≅ 1:12.000.000

Figura 1. Regionalização das probabilidades de ocorrência de um ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C, nos decêndios dos meses de dezembro e janeiro, no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, 2003.



Localidades:

1- Alegrete	11- Jaquarão	21- Santana do Livramento
2- Bagé	12- Júlio de Castilhos	22- Santo Augusto
3- Cachoeira do Sul	13- Passo Fundo	23- São Borja
4- Cachoeirinha	14- Pelotas	24- São Gabriel
5- Cruz Alta	15- Piratini	25- Soledade
6- Eldorado do Sul	16- Rio Grande	26- Tapes
7- Encruzilhada do Sul	17- Rosário do Sul	27- Taquari
8- Erechim	18- Santa Maria	28- Uruguaiana
9- Farroupilha	19- Santa Rosa	29- Veranópolis
10- Ijuí	20- Santa Vitória do Palmar	

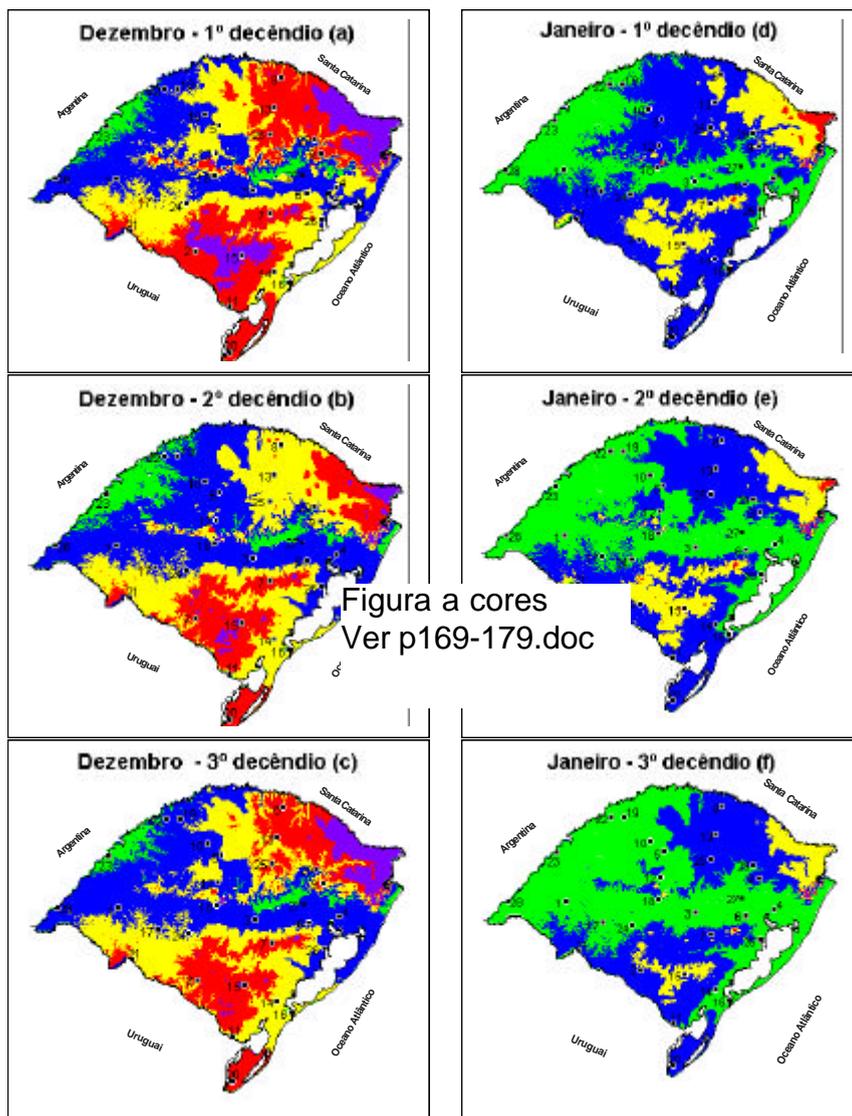
Classes de Probabilidade:

	1. de 0% a 20%
	2. de 20% a 40%
	3. de 40% a 60%
	4. de 60% a 80%
	5. de 80% a 100%



E ≅ 1:12.000.000

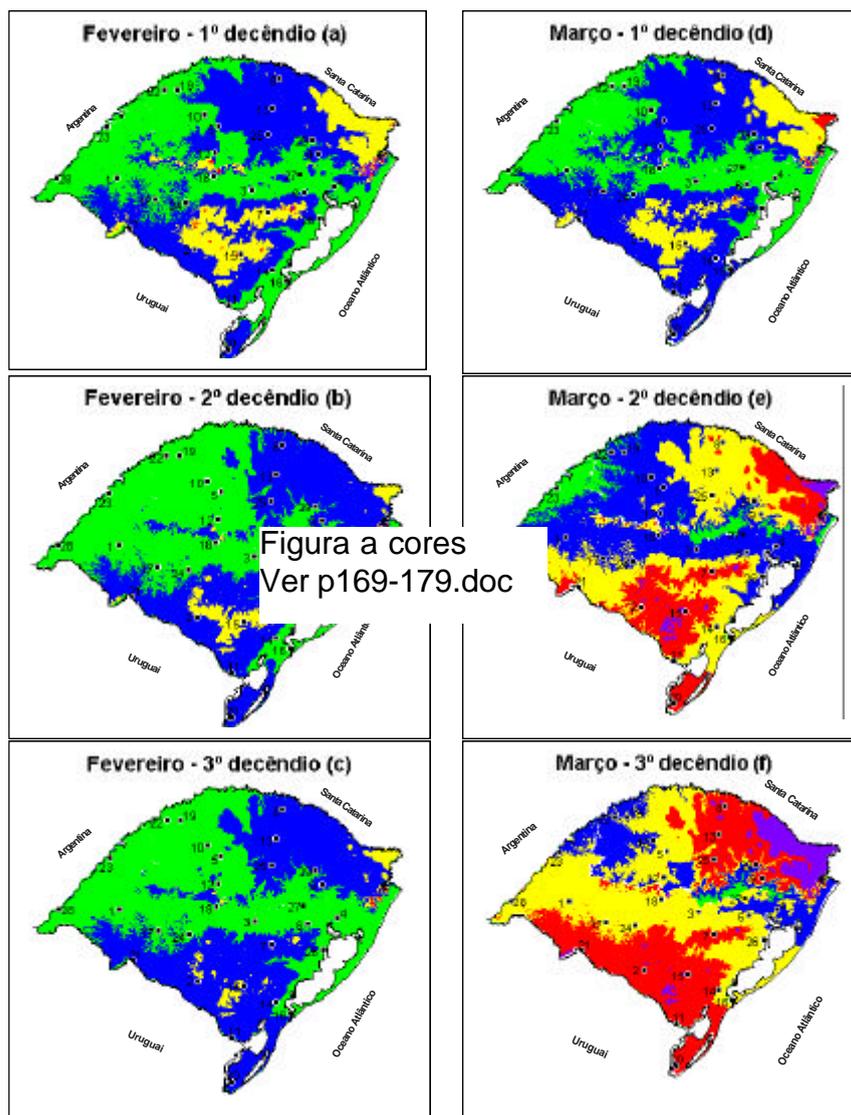
Figura 2. Regionalização das probabilidades de ocorrência de um ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C, nos decênios dos meses de fevereiro e março, no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, 2003.



<u>Localidades:</u>			<u>Classes de Probabilidade:</u>	
1- Alegrete	11- Jaquarã	21- Santana do Livramento		1. de 0% a 20%
2- Bagé	12- Júlio de Castilhos	22- Santo Augusto		2. de 20% a 40%
3- Cachoeira do Sul	13- Passo Fundo	23- São Borja		3. de 40% a 60%
4- Cachoeirinha	14- Pelotas	24- São Gabriel		4. de 60% a 80%
5- Cruz Alta	15- Piratini	25- Soledade		5. de 80% a 100%
6- Eldorado do Sul	16- Rio Grande	26- Tapes		
7- Encruzilhada do Sul	17- Rosário do Sul	27- Taquari		
8- Erechim	18- Santa Maria	28- Uruguaiana		
9- Farroupilha	19- Santa Rosa	29- Veranópolis		
10- Ijuí	20- Santa Vitória do Palmar			

 E = 1:12.000.000

Figura 3. Regionalização das probabilidades de ocorrência de três ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C, nos decêndios dos meses de dezembro e janeiro, no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, 2003.



Localidades:

- | | | |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1- Alegrete | 11- Jaquarão | 21- Santana do Livramento |
| 2- Bagé | 12- Júlio de Castilhos | 22- Santo Augusto |
| 3- Cachoeira do Sul | 13- Passo Fundo | 23- São Borja |
| 4- Cachoeirinha | 14- Pelotas | 24- São Gabriel |
| 5- Cruz Alta | 15- Piratini | 25- Soledade |
| 6- Eldorado do Sul | 16- Rio Grande | 26- Tapes |
| 7- Encruzilhada do Sul | 17- Rosário do Sul | 27- Taquari |
| 8- Erechim | 18- Santa Maria | 28- Uruguaiana |
| 9- Farroupilha | 19- Santa Rosa | 29- Veranópolis |
| 10- Ijuí | 20- Santa Vitória do Palmar | |

Classes de Probabilidade:

- | | |
|--|------------------|
| | 1. de 0% a 20% |
| | 2. de 20% a 40% |
| | 3. de 40% a 60% |
| | 4. de 60% a 80% |
| | 5. de 80% a 100% |



E ≅ 1:12.000.000

Figura 4. Regionalização das probabilidades de ocorrência de três ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C, nos decêndios dos meses de fevereiro e março, no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, 2003.

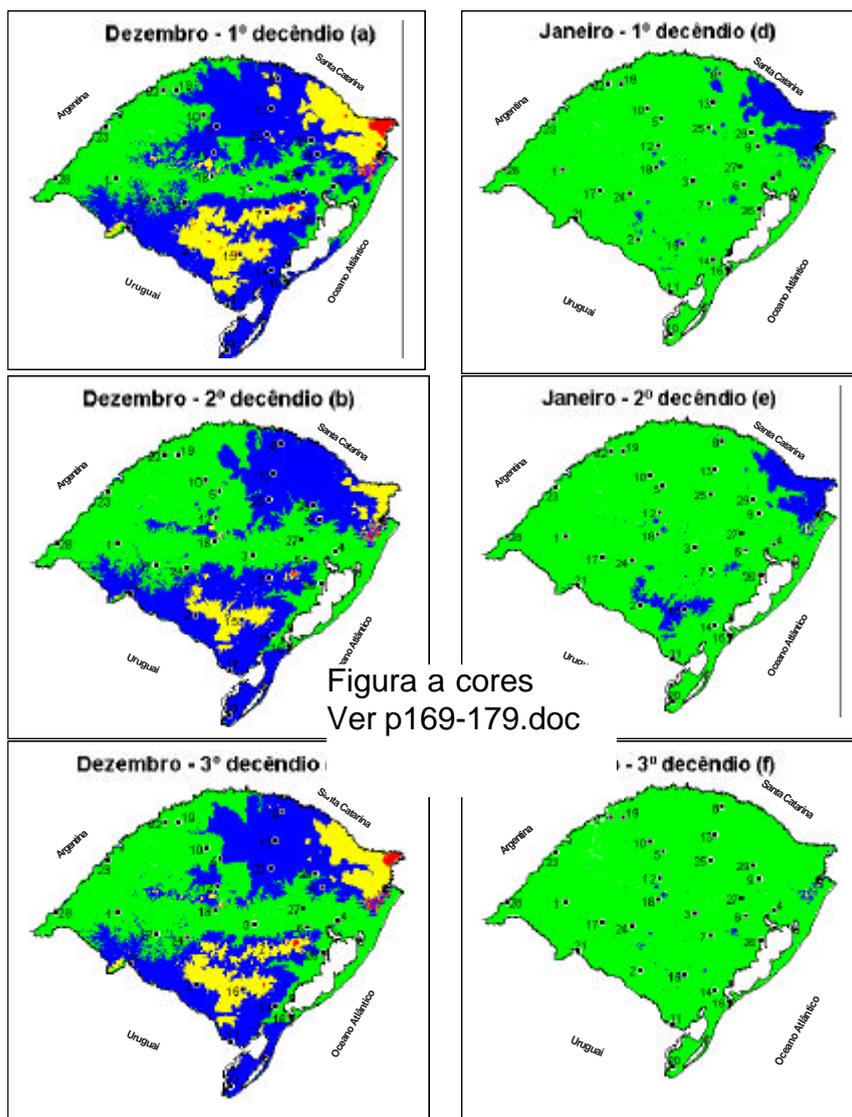


Figura a cores
Ver p169-179.doc

Localidades:			Classes de Probabilidade:	
1- Alegrete	11- Jaquarão	21- Santana do Livramento		1. de 0% a 20%
2- Bagé	12- Júlio de Castilhos	22- Santo Augusto		2. de 20% a 40%
3- Cachoeira do Sul	13- Passo Fundo	23- São Borja		3. de 40% a 60%
4- Cachoeirinha	14- Pelotas	24- São Gabriel		4. de 60% a 80%
5- Cruz Alta	15- Piratini	25- Soledade		5. de 80% a 100%
6- Eldorado do Sul	16- Rio Grande	26- Tapes		
7- Encruzilhada do Sul	17- Rosário do Sul	27- Taquari		
8- Erechim	18- Santa Maria	28- Uruguaiana		
9- Farroupilha	19- Santa Rosa	29- Veranópolis		
10- Ijuí	20- Santa Vitória do Palmar			



E = 1:12.000.000

Figura 5. Regionalização das probabilidades de ocorrência de cinco ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C, nos decêndios dos meses de dezembro e janeiro, no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, 2003.

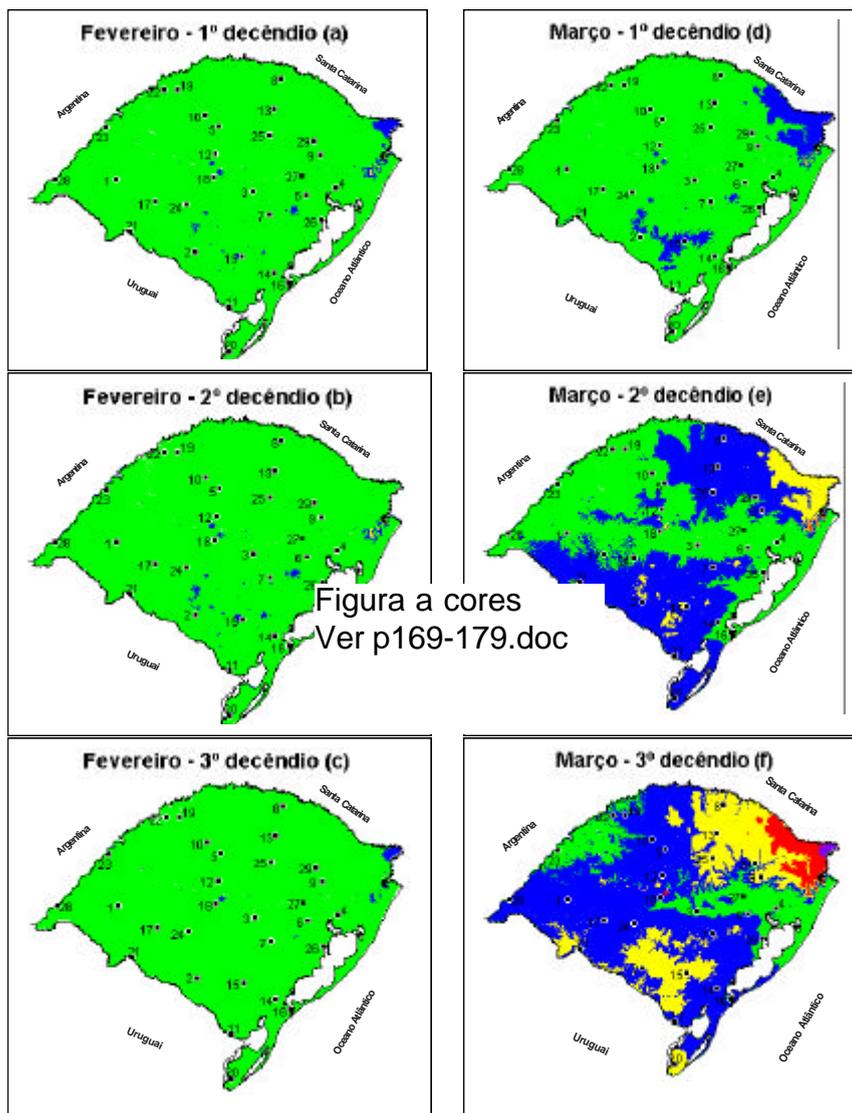


Figura a cores
Ver p169-179.doc

Localidades:			Classes de Probabilidade:	
1- Alegrete	11- Jaquarã	21- Santana do Livramento		1. de 0% a 20%
2- Bagé	12- Júlio de Castilhos	22- Santo Augusto		2. de 20% a 40%
3- Cachoeira do Sul	13- Passo Fundo	23- São Borja		3. de 40% a 60%
4- Cachoeirinha	14- Pelotas	24- São Gabriel		4. de 60% a 80%
5- Cruz Alta	15- Piratini	25- Soledade		5. de 80% a 100%
6- Eldorado do Sul	16- Rio Grande	26- Tapas		
7- Encruzilhada do Sul	17- Rosário do Sul	27- Taquari		
8- Erechim	18- Santa Maria	28- Uruguaiana		
9- Farroupilha	19- Santa Rosa	29- Veranópolis		
10- Ijuí	20- Santa Vitória do Palmar			



E ≅ 1:12.000.000

Figura 6. Regionalização das probabilidades de ocorrência de cinco ou mais dias com temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 15°C, nos decêndios dos meses de fevereiro e março, no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, 2003.

culo das probabilidades empregada neste trabalho, mas, em base mensal, mostraram que existem diferenças acentuadas entre as localidades da região da Depressão Central e que, como neste trabalho, as áreas de maior risco são as de maior altitude. Os resultados desses autores, juntamente com aqueles de STEINMETZ et al. (2001a), foram de grande utilidade para o zoneamento agroclimático por épocas de semeadura, na escala municipal, no Rio Grande do Sul (STEINMETZ et al., 2001b). O princípio básico é que, para aumentar as chances de escape do frio, as épocas de semeadura e o ciclo das cultivares devem ser escolhidos de modo que as fases mais críticas da planta às baixas temperaturas coincidam com os períodos de menores probabilidades de ocorrência dessas temperaturas, ou seja, nos decêndios de janeiro e fevereiro e no primeiro decêndio de março.

As diferenças regionais de risco de ocorrência de $t \leq 15^{\circ}\text{C}$ também fornecem subsídios quanto a necessidade de utilizarem-se outras práticas que minimizem os seus efeitos tais como a escolha de cultivares mais tolerantes e/ou aumento da lâmina de irrigação durante as fases mais sensíveis ao frio (TERRES & GALLI, 1985). Esses resultados, da mesma forma, podem ser úteis na orientação de programas de pesquisa no sentido de gerar cultivares com características de tolerância ao frio compatíveis com os níveis de risco das distintas regiões do Estado.

Conclusões

Há diferenças acentuadas entre as distintas regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul, quanto a probabilidade de ocorrência de temperaturas menores ou iguais a 15°C , evidenciando-se uma forte influência da altitude. Os riscos são menos acentuados nas áreas baixas, onde predomina o cultivo do arroz, do que nas áreas de maior altitude.

A probabilidade de ocorrência de temperaturas menores ou iguais a 15°C , varia consideravelmente no período de dezembro a março, sendo que os valores mais baixos ocorrem nos decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e no 1º decêndio de março. Isso sugere que essa variável seja considerada na definição dos períodos recomendados de semeadura, de acordo com o ciclo da cultivar. Eles devem ser definidos de modo que as fases mais sensíveis da planta (pré-floração e floração) coincidam com esse período e evitem os de maior risco.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao 8º Distrito de Meteorologia/Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), pela cedência dos dados meteorológicos usados nos cálculos de probabilidade de temperaturas mínimas do ar usados nesse trabalho.

Referências bibliográficas

- BOARD, J.E.; PETERSON, M.L.; NG, E. Floret sterility in a cool environment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, May-June, p. 483-487, 1980.
- BURIOL, G.A. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz na região da Depressão Central, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 1-9, 1998.
- BURIOL, G.A. et al. Regionalização das temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz para a região climática da Depressão Central, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2000.
- CAMPOS, C.R.J. de; STEINMETZ, S. Aspectos sinóticos da ocorrência de temperaturas baixas durante a fase reprodutiva do arroz irrigado na região sul do Rio Grande do Sul: Estudo de casos. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 121-133, junho, 2001.
- Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v. 14, n. 12, 2001. Disponível: [URL:http://www2.ibge.gov.br/pub/](http://www2.ibge.gov.br/pub/). Acesso em: 17 abr. 2002.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS – Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da agricultura e Abastecimento, 1989. 3 v., il.: 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, mar./abr. 1994.
- NISHIYAMA, I. et al. Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plants. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**. Tokyo, v. 38, n. 3, p. 554-555, 1969.
- PETERSON, M.L. et al. Cool night temperatures cause sterility in rice. **California Agriculture**, Berkeley, v. 28, n. 7, p. 12-14, 1974.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEA, Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994, 2 v.

SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and rice**. Los Baños: IRRI, 1976. p. 281-300.

STEINMETZ, S. et al. Frequência de temperaturas mínimas do ar em áreas produtoras de arroz irrigado na região Sul do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, 1995, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 137-139.

STEINMETZ, S. et al. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001b. 31 p. Versão 3 (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

STEINMETZ, S. et al. 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, Brasil~~ **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 63-77, junho. 2001a.

STEINMETZ, S. et al. 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, 2003.

TERRES, A.L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul - 1984. In: **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1985. cap. 6, p. 83-94.