

## VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E O RENDIMENTO DE ARROZ IRRIGADO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Eliana V. Klering <sup>(1)</sup>, Denise C. Fontana <sup>(2)</sup>, Moacir A. Berlatto <sup>(2),1</sup> Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEPSSRM/Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre-RS. elianaklering@yahoo.com.br. <sup>2</sup> Faculdade de Agronomia – Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia.

O Estado do Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores de arroz irrigado do País, sendo atualmente considerado estabilizador da safra nacional devido a sua produção representar, em média, 48% do total produzido no Brasil (EMBRAPA, 2007). Para expressão de seu potencial produtivo, a cultura requer temperatura na faixa de 24 a 30°C e radiação solar elevada, considerando que a disponibilidade hídrica não é um fator limitante quando cultivada em condições de solo inundado (Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas, 2005). A ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo da planta é um dos problemas que mais afetam o rendimento de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, sendo que a temperatura mínima do ar crítica à fecundação está entre 15°C e 17°C. Plantas com o primórdio floral em iniciação, submetidas a temperaturas de 17°C durante cinco dias consecutivos resultam completamente estéreis. Já as plantas submetidas a temperaturas de 15°C durante apenas uma hora cessam a formação de pólen (Terres e Galli, 1985 citado por Carmona, 2001). Em regiões onde a temperatura do ar não é um fator limitante, a radiação solar é um dos principais fatores que influenciam a produção de grãos. O decréscimo no rendimento pode atingir 70%, no caso das plantas serem submetidas a baixos níveis de radiação solar, principalmente se esta redução ocorrer nas fases reprodutivas e de enchimento de grãos (Yoshida e Parao, 1976).

Nos últimos anos tem sido observada uma tendência de aumento dos rendimentos no Estado, o que está associado ao desenvolvimento e adoção de novas tecnologias de manejo da cultura. Existe, entretanto, uma certa variabilidade interanual dos rendimentos que está, em parte, associada à variabilidade dos elementos meteorológicos. O objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre os elementos meteorológicos: radiação solar global e o número de dias com temperatura igual ou inferior a 15°C e o rendimento de grãos de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.

Foram utilizados dados meteorológicos diários de radiação solar global ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ), temperatura mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e rendimento médio de grãos de arroz irrigado ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ). Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO). Os dados de rendimento foram obtidos através das estatísticas agrícolas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007). As análises foram feitas para 24 anos agrícolas (1982/1983 até 2005/2006) para o Rio Grande do Sul e, também, para as seis regiões orizícolas do Estado: Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Planície Costeira Interna à Lagoa dos Patos, Planície Costeira Externa à Lagoa dos Patos e Zona Sul. Essas regiões apresentam diferenças quanto à topografia, clima, solos, disponibilidade de água para irrigação e tamanho de lavoura, determinando variações em termos de produção e rendimento médio. As séries de rendimentos observados, para cada região, foram corrigidas com a retirada da tendência tecnológica e os rendimentos corrigidos foram estimados através de um modelo de regressão. As relações entre as variáveis meteorológicas e rendimento corrigido de arroz irrigado foram analisadas através de correlações em nível mensal, bimestral, trimestral e quadrimestral, tendo suas significâncias sido testadas através do teste t. As correlações entre a radiação solar e o rendimento foram feitas para todo o período de cultivo. Já para o número de dias com temperatura mínima igual ou inferior a 15°C foi utilizado somente o período reprodutivo e

de enchimento de grão da cultura, que segundo o calendário médio da cultura do arroz irrigado no Estado (EMATER-RS) vai de dezembro a março.

Através das análises das correlações apresentadas na Tabela 1, nota-se que a radiação solar global e o rendimento de grãos de arroz irrigado apresentam um alto grau de associação nas regiões da Campanha (Região 2), Planície Interna à Lagoa dos Patos (Região 4) e Zona Sul (Região 6), o que aparentemente indica que este elemento meteorológico pode ser limitante ao rendimento nestas regiões. Para o Estado como um todo as correlações também foram significativas em praticamente todo o período, ou seja, esta variável assume grande importância para a definição do rendimento em todo o ciclo da cultura.

**Tabela 1.** Correlações entre radiação solar global e rendimento de grãos (corrigido) da cultura do arroz nas diferentes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, período 1982-2006.

| MESES           | REGIÕES ORIZÍCOLAS   |                      |                      |                     |                      |                      | RS                   |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | 1                    | 2                    | 3                    | 4                   | 5                    | 6                    |                      |
| OUT             | 0,208 <sup>ns</sup>  | 0,372 <sup>**</sup>  | 0,206 <sup>ns</sup>  | 0,487 <sup>**</sup> | 0,189 <sup>ns</sup>  | 0,306 <sup>*</sup>   | 0,410 <sup>**</sup>  |
| NOV             | 0,037 <sup>ns</sup>  | 0,532 <sup>***</sup> | 0,227 <sup>ns</sup>  | 0,382 <sup>**</sup> | 0,155 <sup>ns</sup>  | 0,594 <sup>***</sup> | 0,426 <sup>**</sup>  |
| DEZ             | 0,173 <sup>ns</sup>  | 0,379 <sup>**</sup>  | 0,285 <sup>ns</sup>  | 0,442 <sup>**</sup> | -0,070 <sup>ns</sup> | 0,319 <sup>*</sup>   | 0,524 <sup>***</sup> |
| JAN             | -0,156 <sup>ns</sup> | 0,028 <sup>ns</sup>  | -0,042 <sup>ns</sup> | 0,312 <sup>*</sup>  | 0,051 <sup>ns</sup>  | 0,201 <sup>ns</sup>  | 0,060 <sup>ns</sup>  |
| FEV             | 0,315 <sup>*</sup>   | 0,441 <sup>**</sup>  | 0,114 <sup>ns</sup>  | 0,489 <sup>**</sup> | 0,298 <sup>ns</sup>  | 0,487 <sup>**</sup>  | 0,474 <sup>**</sup>  |
| MAR             | 0,316 <sup>*</sup>   | 0,226 <sup>ns</sup>  | 0,142 <sup>ns</sup>  | 0,182 <sup>ns</sup> | -0,446 <sup>**</sup> | 0,367 <sup>*</sup>   | 0,075 <sup>ns</sup>  |
| OUT-NOV         | 0,151 <sup>ns</sup>  | 0,515 <sup>***</sup> | 0,258 <sup>ns</sup>  | 0,465 <sup>**</sup> | 0,206 <sup>ns</sup>  | 0,536 <sup>***</sup> | 0,512 <sup>***</sup> |
| NOV-DEZ         | 0,114 <sup>ns</sup>  | 0,548 <sup>***</sup> | 0,286 <sup>ns</sup>  | 0,431 <sup>**</sup> | 0,072 <sup>ns</sup>  | 0,537 <sup>***</sup> | 0,543 <sup>***</sup> |
| DEZ-JAN         | -0,018 <sup>ns</sup> | 0,219 <sup>ns</sup>  | 0,113 <sup>ns</sup>  | 0,412 <sup>**</sup> | -0,002 <sup>ns</sup> | 0,351 <sup>*</sup>   | 0,326 <sup>*</sup>   |
| JAN-FEV         | 0,111 <sup>ns</sup>  | 0,334 <sup>*</sup>   | 0,050 <sup>ns</sup>  | 0,432 <sup>**</sup> | 0,225 <sup>ns</sup>  | 0,483 <sup>**</sup>  | 0,361 <sup>*</sup>   |
| FEV-MAR         | 0,408 <sup>**</sup>  | 0,434 <sup>**</sup>  | 0,149 <sup>ns</sup>  | 0,390 <sup>**</sup> | -0,172 <sup>ns</sup> | 0,543 <sup>***</sup> | 0,398 <sup>**</sup>  |
| OUT-NOV-DEZ     | 0,181 <sup>ns</sup>  | 0,557 <sup>***</sup> | 0,293 <sup>ns</sup>  | 0,477 <sup>**</sup> | 0,134 <sup>ns</sup>  | 0,510 <sup>***</sup> | 0,569 <sup>***</sup> |
| NOV-DEZ-JAN     | 0,006 <sup>ns</sup>  | 0,408 <sup>**</sup>  | 0,182 <sup>ns</sup>  | 0,416 <sup>**</sup> | 0,084 <sup>ns</sup>  | 0,554 <sup>***</sup> | 0,436 <sup>**</sup>  |
| DEZ-JAN-FEV     | 0,161 <sup>ns</sup>  | 0,397 <sup>**</sup>  | 0,135 <sup>ns</sup>  | 0,472 <sup>**</sup> | 0,191 <sup>ns</sup>  | 0,534 <sup>***</sup> | 0,497 <sup>**</sup>  |
| JAN-FEV-MAR     | 0,238 <sup>ns</sup>  | 0,365 <sup>*</sup>   | 0,088 <sup>ns</sup>  | 0,380 <sup>**</sup> | -0,127 <sup>ns</sup> | 0,556 <sup>***</sup> | 0,329 <sup>*</sup>   |
| OUT-NOV-DEZ-JAN | 0,073 <sup>ns</sup>  | 0,495 <sup>**</sup>  | 0,219 <sup>ns</sup>  | 0,455 <sup>**</sup> | 0,138 <sup>ns</sup>  | 0,550 <sup>***</sup> | 0,503 <sup>**</sup>  |
| NOV-DEZ-JAN-FEV | 0,134 <sup>ns</sup>  | 0,495 <sup>**</sup>  | 0,180 <sup>ns</sup>  | 0,461 <sup>**</sup> | 0,212 <sup>ns</sup>  | 0,621 <sup>***</sup> | 0,534 <sup>***</sup> |
| DEZ-JAN-FEV-MAR | 0,266 <sup>ns</sup>  | 0,418 <sup>**</sup>  | 0,154 <sup>ns</sup>  | 0,421 <sup>**</sup> | -0,148 <sup>ns</sup> | 0,582 <sup>***</sup> | 0,456 <sup>**</sup>  |

1- Fronteira Oeste; 2- Campanha; 3- Depressão Central; 4- Planície Interna à Lagoa dos Patos; 5- Planície Externa à Lagoa dos Patos 6-Zona Sul; RS- Rio Grande do Sul. Pelo teste t: ns - valores não significativos; \*\*\* - valores significativos a P < 0,01; \*\* - valores significativos a P < 0,05; \* - valores significativos a P < 0,1.

As correlações entre o número de dias com temperatura mínima igual ou inferior a 15°C e rendimento (Tabela 2) em geral apresentaram valores negativos em todas as regiões orizícolas e também para o Estado do Rio Grande do Sul. Isto demonstra que uma maior ocorrência de dias com temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 15°C é um fator que pode penalizar o rendimento. O mês mais crítico foi março, visto que neste mês foram observados os maiores valores de correlação na maior parte das regiões orizícolas e para o Estado como um todo. Em outras combinações temporais foram observados coeficientes de correlação significativos, mas sempre envolvendo o mês de março. Os coeficientes de correlações significativos, apresentados no bimestre de fevereiro e março e no trimestre de janeiro, fevereiro e março nas regiões da Fronteira Oeste (Região 1), Campanha (Região 2) e Planície Interna (Região 4) indicam que o Zoneamento Agrícola do arroz irrigado proposto por Steinmetz (1996) é de grande importância para que as perdas devido à esterilidade das espiguetas sejam minimizadas (Carmona, 2001).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que existe uma associação entre o rendimento e as variáveis meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul. A radiação solar apresentou influência no rendimento durante todo o período de cultivo do arroz irrigado (de outubro a março), já o número de dias com temperatura mínima igual ou inferior a 15°C teve maior influência no mês de março. Estes resultados podem ser utilizados como suporte a trabalhos de zoneamento agroclimático ou de risco e, também, para fins de seleção de parâmetros para a modelagem de rendimento desta cultura.

**Tabela 2.** Correlações entre o número de dias com temperatura igual ou inferior a 15°C e o rendimento (corrigido) de grãos da cultura do arroz irrigado nas diferentes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, período 1982-2006.

| MESES       | REGIÕES ORIZÍCOLAS    |                       |                      |                       |                      |                      |                       |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|             | 1                     | 2                     | 3                    | 4                     | 5                    | 6                    | RS                    |
| DEZ         | 0,194 <sup>ns</sup>   | -0,052 <sup>ns</sup>  | 0,226 <sup>ns</sup>  | 0,133 <sup>ns</sup>   | 0,171 <sup>ns</sup>  | -0,188 <sup>ns</sup> | 0,150 <sup>ns</sup>   |
| JAN         | -0,038 <sup>ns</sup>  | -0,202 <sup>ns</sup>  | 0,101 <sup>ns</sup>  | -0,204 <sup>ns</sup>  | 0,175 <sup>ns</sup>  | -0,169 <sup>ns</sup> | -0,183 <sup>ns</sup>  |
| FEV         | 0,069 <sup>ns</sup>   | -0,002 <sup>ns</sup>  | 0,211 <sup>ns</sup>  | -0,033 <sup>ns</sup>  | 0,174 <sup>ns</sup>  | 0,052 <sup>ns</sup>  | 0,060 <sup>ns</sup>   |
| MAR         | -0,565 <sup>***</sup> | -0,562 <sup>***</sup> | -0,172 <sup>ns</sup> | -0,533 <sup>***</sup> | -0,465 <sup>**</sup> | -0,145 <sup>ns</sup> | -0,579 <sup>***</sup> |
| DEZ-JAN     | 0,166 <sup>ns</sup>   | -0,131 <sup>ns</sup>  | 0,236 <sup>ns</sup>  | 0,011 <sup>ns</sup>   | 0,222 <sup>ns</sup>  | -0,218 <sup>ns</sup> | 0,129 <sup>ns</sup>   |
| JAN-FEV     | 0,031 <sup>ns</sup>   | -0,110 <sup>ns</sup>  | 0,193 <sup>ns</sup>  | -0,133 <sup>ns</sup>  | 0,196 <sup>ns</sup>  | -0,077 <sup>ns</sup> | -0,062 <sup>ns</sup>  |
| FEV-MAR     | -0,461 <sup>**</sup>  | -0,431 <sup>**</sup>  | -0,038 <sup>ns</sup> | -0,466 <sup>**</sup>  | -0,243 <sup>ns</sup> | -0,098 <sup>ns</sup> | -0,470 <sup>**</sup>  |
| DEZ-JAN-FEV | 0,165 <sup>ns</sup>   | -0,103 <sup>ns</sup>  | 0,278 <sup>ns</sup>  | -0,003 <sup>ns</sup>  | 0,248 <sup>ns</sup>  | -0,182 <sup>ns</sup> | 0,121 <sup>ns</sup>   |
| JAN-FEV-MAR | -0,427 <sup>**</sup>  | -0,425 <sup>**</sup>  | 0,002 <sup>ns</sup>  | -0,433 <sup>**</sup>  | -0,129 <sup>ns</sup> | -0,153 <sup>ns</sup> | -0,462 <sup>**</sup>  |

1- Fronteira Oeste; 2- Campanha; 3- Depressão Central; 4- Planície Interna à Lagoa dos Patos; 5- Planície Externa à Lagoa dos Patos 6-Zona Sul; RS- Rio Grande do Sul. Pelo teste t: ns - valores não significativos; \*\*\* - valores significativos a P < 0,01; \*\* - valores significativos a P < 0,05; \* - valores significativos a P < 0,1.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

**Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil.** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado; XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado 2005. Santa Maria. p 13-36.

CARMONA, L. **Efeitos associados as fenômenos El Niño e La Niña no rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2001. 77f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil.** Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: jun. 2007.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações institucionais, produtos, notícias, pesquisas, eventos e serviços.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>> Acesso em: 23 mai. 2007.

YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Filipinas). **Climate and rice.** Los Baños, 1976. p.471-491.

Agradecimentos: ao CNPq e ao Projeto GeoSafras – CONAB/UFRGS.