

ISSN 0104-1347

## El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul

El Niño and La Niña and the paddy rice yield at Rio Grande do Sul State, Brazil

Luciano de Campos Carmona<sup>1</sup> e Moacir Antonio Berlato<sup>2</sup>

**Resumo** - A agricultura é muito vulnerável aos impactos decorrentes da variabilidade climática, sendo que na Região Sul do Brasil a principal causa desta variabilidade, principalmente no que se refere à precipitação pluvial, são os fenômenos denominados El Niño e La Niña. O trabalho objetivou avaliar os efeitos associados ao El Niño e La Niña sobre o rendimento e sobre os elementos meteorológicos mais importantes para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Os dados de rendimento médio da região orizícola do RS, período 1944 a 2000 foram obtidos dos Anuários Estatísticos do IRGA. Os dados de temperatura mínima do ar e insolação, foram obtidos das redes de estações meteorológicas pertencentes ao 8º DISME/INMET e à FEPAGRO/SCT-RS. As séries históricas de rendimento foram corrigidas com a retirada da tendência tecnológica. De posse da nova série foram calculados os desvios de rendimento anual em relação ao rendimento médio corrigido, que foram comparados com os eventos El Niño e La Niña no período. Verificou-se que, para todo o RS, os eventos El Niño são desfavoráveis para a cultura do arroz irrigado em 53% dos anos, enquanto que os eventos La Niña são favoráveis em 60% dos anos. Uma das causas do evento El Niño ser desfavorável à cultura do arroz irrigado é a menor disponibilidade de insolação que ocorre no período de outubro a fevereiro. Já para a La Niña, a maior frequência de eventos favoráveis pode ser creditada, em parte, aos altos índices de insolação relativa verificados no mesmo período.

**Palavras-chave:** arroz irrigado, El Niño, La Niña, Rio Grande do Sul.

**Abstract** - The agricultural production is very vulnerable to the impacts of the climatic variability. The main cause of variation at southern Brazil is the phenomena called El Niño and La Niña. The objectives of this study were to evaluate the El Niño and La Niña associated effects on paddy rice yield, and the meteorological variables more important for the rice crop in the State. Average yield data were collected from the statistical reports of the IRGA (Instituto Riograndense do Arroz), from rice producing regions of the state on the period from 1944 to 2000. Rainfall, minimum temperatures, and sunshine duration were obtained from the meteorological network of the 8º DISME/INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) and FEPAGRO/SCT-RS (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária). The historical series were corrected with the removal of the technological trend. With the new series we performed the estimation of the annual deviation of the crop yield from the corrected average yield. These deviations or anomalies of yield (positive or negative) were compared to the events of El Niño and La Niña on the period. The results showed that, for the entire State, the El Niño events are unfavorable for the paddy rice crop on 53% of the years, and the La Niña events are favorable on 60% of the years. The reasons for the reduction of yield on El Niño years is correlated to the lower incidence of solar radiation from October through February. For the La Niña, the highest frequency of favorable events is related to the higher solar radiation incidence on the same period.

**Key words:** paddy rice, El Niño, La Niña, Rio Grande do Sul state

<sup>1</sup>Eng. Agr., Mestre em Fitotecnia, área de concentração em Agrometeorologia, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, UFRGS, Bolsista do CNPq. E-mail: [lucacarmona@zipmail.com.br](mailto:lucacarmona@zipmail.com.br)

<sup>2</sup>Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto, Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP: 91501-970, Porto Alegre-RS. Bolsista do CNPq. E-mail: [moacir.berlato@ufrgs.br](mailto:moacir.berlato@ufrgs.br)

## Introdução

O arroz é um dos cereais mais cultivados do mundo, constituindo-se em alimento básico para mais de 2/3 da população mundial. Poucas culturas têm distribuição geográfica comparável ao arroz, estendendo-se desde o nordeste da China (53°N) até o sul da Austrália (35°S) (SOUZA, 1994).

A cultura mundial de arroz em 2000 ocupou uma área de 153,4 milhões de hectares, com um rendimento médio de 3.860 kg/ha (FAO, 2001).

No Brasil, no ano agrícola de 1999/2000, cultivou-se aproximadamente 3,63 milhões de ha com este cereal, com um rendimento médio de 3.010 kg/ha (FAO, 2001), enquanto no Rio Grande do Sul a área ocupada foi de 951.567 ha com um rendimento de 5.390 kg/ha (IRGA: Acompanhamento..., 2000).

A produção de arroz no Brasil é originária, principalmente, das lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina que contribuem com aproximadamente 60% da produção nacional, sendo que somente o Rio Grande do Sul, com 25% da área cultivada, contribui com cerca de 46%. No contexto da economia gaúcha, a orizicultura contribui com 28% da produção total de grãos do Estado, com 2% do PIB e 5% do ICMS (IRGA: Importância..., 1997).

A agricultura é muito sensível aos impactos decorrentes da variabilidade climática; na Região Sul do Brasil a principal causa desta variabilidade, especialmente no que se refere aos eventos extremos de precipitação pluvial, são os fenômenos denominados El Niño e La Niña (RAO & HADA, 1990; STUDZINSKI, 1995; GRIMM *et al.*, 1996a, 1996b; FONTANA & BERLATO, 1997).

O El Niño e a La Niña são fenômenos de grande escala, cuja região de origem situa-se no Oceano Pacífico tropical, caracterizados pela ocorrência de anomalias no padrão de temperatura da superfície das águas e no padrão de diferença de pressão atmosférica, medidas nas localidades do Taiti, na Polinésia Francesa (17,5°S; 149,6°W) e de Darwin, no norte da Austrália (12,4°S; 130,9°E). Esses fenômenos provocam anomalias climáticas em várias regiões do mundo (ROPELEWISKY & HALPERT, 1997). No Rio Grande do Sul o El Niño determina precipitação pluvial superior à média climatológica, durante a primavera e início do verão e a La Niña determina precipitação pluvial inferior à média climatológica, neste mesmo período (FONTANA & BERLATO, 1997; PUCHALSKI, 2000).

MOTA (1999) estudando a influência do El Niño e La Niña sobre o rendimento do arroz na região de Pelotas (safras 1982/83 a 1997/98), concluiu que estes fenômenos afetam o rendimento do arroz naquela região, por modificarem a radiação solar diária no mês de fevereiro.

STEINMETZ *et al.* (1999) estudando a influência do El Niño e da La Niña sobre as condições climáticas, no período de outubro a março, na região de Pelotas, constataram que a radiação solar estimada a partir da insolação, foi inferior à média nos anos de El Niño e superior à média nos anos de La Niña. Também STEINMETZ (1999) estudando a influência do El Niño e La Niña sobre a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à cultura do arroz irrigado na região sul do estado do Rio Grande do Sul, verificou que nos anos de El Niño esta probabilidade é menor, e nos anos de La Niña a probabilidade também é menor nos meses de janeiro e fevereiro e maior nos meses de dezembro e março.

Os elementos meteorológicos, tais como temperatura do ar, radiação solar e precipitação pluvial influem diretamente nos processos fisiológicos que ocorrem durante o desenvolvimento do arroz (DANTAS & GUIMARÃES, 1996). A temperatura mínima do ar crítica à fecundação das flores de arroz está na faixa de 15°C a 17°C. Plantas com primórdio floral em iniciação, submetidas a 17°C durante 5 dias resultam completamente estéreis, enquanto que a 15°C, durante apenas uma hora, cessa a formação de pólen. Para alguns genótipos, temperaturas abaixo de 19°C já induzem esterilidade. Com o abaixamento da temperatura e incremento na duração de ocorrência das baixas temperaturas, a percentagem de esterilidade também aumenta (TERRES & GALLI, 1985).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos associados ao El Niño e La Niña sobre o rendimento e sobre os elementos meteorológicos mais importantes para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

## Material e métodos

Foram coletados dados de rendimento médio de arroz irrigado no Rio Grande do Sul do período de 1944 a 2000, (IRGA: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ARROZ IRRIGADO e ACOMPANHAMENTO DE COLHEITA DO ARROZ IRRIGADO).

Na Figura 1 é representada a região orizícola do Rio Grande do Sul e as 18 estações meteorológicas utilizadas neste estudo.

Os anos de El Niño e La Niña, período 1944-1998, foram obtidos da página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 1999), sendo considerados anos de El Niño: 1946-47, 1951-52, 1953-54, 1957-58, 1963-64, 1965-66, 1969-70, 1972-73, 1976-77, 1977-78, 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1992-93, 1994-95 e 1997-98, e anos de La Niña: 1949-50, 1954-55, 1964-65, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1988-89, 1995-96,. O El Niño de 1993-94, que não aparece na lista do INPE, também foi incluído no estudo, por estar listado na classificação de TRENBERTH (1997). Também foram incluídos na lista os eventos La Niña de 1998-1999 e 1999-2000.

A insolação (número de horas de brilho solar) dos meses de outubro a março, período 1944-2000, e a temperatura mínima do ar, dos meses de dezembro a março, período 1960-2000, foram obtidas das estações meteorológicas (Figura 1) do 8º Distrito de Meteorologia, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAGRO/SCT-RS).

O calendário agrícola médio da cultura foi obtido a partir de dados relativos ao acompanhamento de safra realizado pela Empresa de Assistência

Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio Grande do Sul (EMATER-RS), no período 1994-1999.

A série histórica de rendimento foi submetida inicialmente a uma análise de regressão, para verificação da tendência tecnológica, sendo escolhido o polinômio de melhor ajuste ( $r^2$ ). A retirada da tendência tecnológica, dos dados de rendimento, foi realizada utilizando-se a expressão:  $Y_{ci} = (Y_i - (Y(x_i) - Y(x_0)))$ , onde  $Y_{ci}$  é o rendimento corrigido do ano  $i$ ;  $Y_i$  é o rendimento original do ano  $i$ ;  $Y(x_i)$  é o rendimento do ano  $i$  estimado pelo modelo de regressão, e  $Y(x_0)$  é o rendimento do primeiro ano da série histórica de rendimento estimado pelo modelo de regressão.

Após a retirada da tendência tecnológica foram calculados os desvios da média da nova série. Esses desvios ou anomalias do rendimento (positivos ou negativos) foram comparados com os eventos El Niño, La Niña e anos neutros, no período.

Com os dados de insolação foram calculados índices de insolação relativa ( $n/N$  - número medido de horas de brilho solar / número máximo de horas de brilho solar) média mensal dos meses de outubro a março, para a região orizícola do Estado.

Com os dados de temperatura mínima diária do ar, foi calculado o número de dias com temperaturas mínimas iguais ou inferiores a  $15^\circ\text{C}$  ( $N^{\circ}\text{tm}$ ), em nível mensal, para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, para a região orizícola do RS.

A recuperação dos dados faltantes de temperatura mínima diária foi realizada pelo método das correlações (PUCHALSKI, 2000). Para a recuperação dos dados de insolação relativa, foram utilizados os dados da estação meteorológica mais próxima e latitude semelhante.

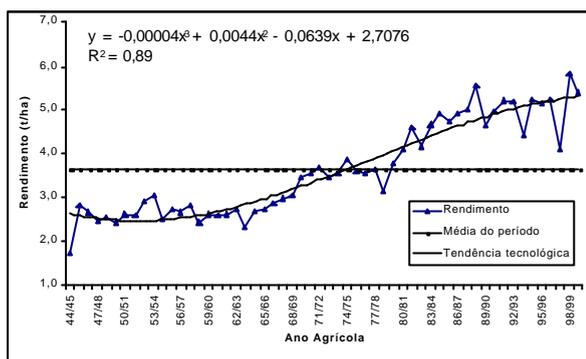
Para auxiliar a interpretação dos resultados, foram construídos gráficos e diagramas de caixa (WILKS, 1995).

## Resultados e discussão

A tendência tecnológica para o rendimento do arroz irrigado no Estado (Figura 2), ajustou-se melhor a um polinômio de 3º grau ( $R^2 = 0,89$ , significativo a 1%). Nessa figura pode-se distinguir três períodos: no primeiro que vai até o início da década de 60, verifica-se uma tendência de estagnação a uma leve redução dos rendimentos, fato que pode ser ex-



**Figura 1.** Região orizícola do estado do Rio Grande do Sul e estações meteorológicas da rede do 8º DISME/INMET e FEPAGRO/SCT-RS.



**Figura 2** Tendência tecnológica da cultura do arroz irrigado, para o estado do Rio Grande do Sul, período 1944-2000 (Fonte de dados: IRGA).

plicado pelo uso contínuo das mesmas terras com arroz irrigado, sem o incremento de novas tecnologias, o que contribuiu para a infestação destas áreas com plantas daninhas ao arroz. No segundo, que estende-se até o final da década de 80, verifica-se um substancial aumento nos rendimentos, fato explicado pela adição de novas tecnologias no sistema de produção da cultura (variedades, insumos e mecanização), juntamente com o aumento significativo da área semeada, principalmente pela adição de novas áreas nas regiões da Fronteira Oeste e da Campanha do RS. E, finalmente, os últimos 10 anos, onde o incremento médio de rendimento diminui, indicando um menor impacto das novas tecnologias ao sistema de produção da cultura.

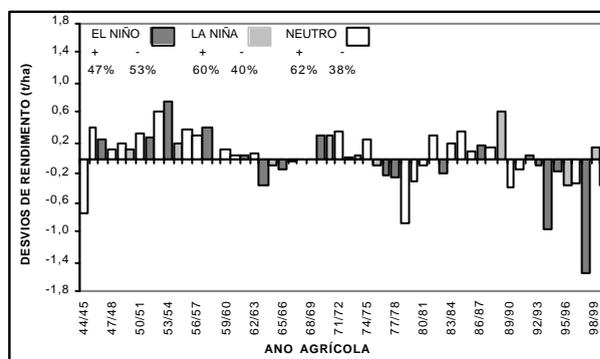
Do período analisado (1944-2000) os anos considerados normais ou neutros foram os que ocorreram com maior frequência (52%), ou seja, 29 anos, sendo que os eventos El Niño e La Niña ocorreram em 30% (17 anos) e 18% (10 anos), respectivamente. Após desconsiderar-se os efeitos das inovações tecnológicas, os desvios da média da nova série são devidos aos elementos ambientais, principalmente os meteorológicos (Figura 3), onde constata-se que para o RS, os eventos El Niño são desfavoráveis para a cultura do arroz irrigado em 53% dos casos e os eventos La Niña são favoráveis à cultura do arroz em 60% dos casos. Resultados semelhantes foram encontrados por MOTA (1999) para a região de Pelotas.

Analisando os anos sem influência do fenômeno (Figura 3), constata-se que 62% dos anos são benéficos para o arroz irrigado, fato que comprova que esta cultura está bem adaptada às condições climáticas do Rio Grande do Sul.

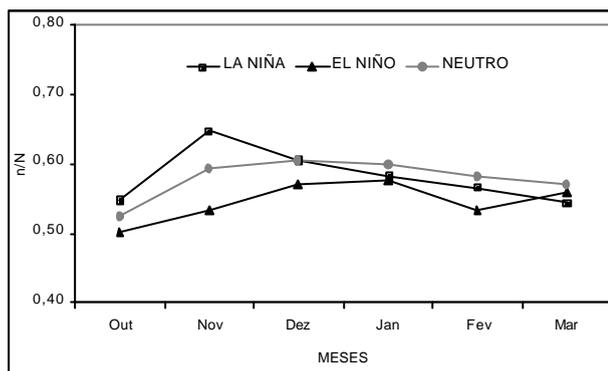
A tendência de baixos rendimentos, constatada nos anos de El Niño pode ser explicada principalmente pelos baixos índices de insolação relativa verificados em todo o período de cultivo (Figura 4), sobretudo no mês de fevereiro, quando grande parte das lavouras se encontra no período de floração e enchimento de grãos (Figura 5), período este que condições de baixa radiação solar, além de favorecer o aumento da ocorrência de doenças fúngicas, comprometem o rendimento de grãos. A tendência de altos rendimentos verificadas nos anos de La Niña, pode ser creditada, em parte, aos maiores índices de insolação relativa nos meses de primavera e início de verão (Figura 4), fato que favorece a semeadura na época recomendada e o estabelecimento da cultura, além de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada feita em cobertura. Além disso, os índices médios de insolação relativa no mês de fevereiro, que apesar de serem inferiores aos anos neutros, são bem superiores aos anos de El Niño, têm grande importância na formação do rendimento, pois, nesse mês, grande parte das lavouras encontra-se nos estádios de floração e enchimento de grãos (Figura 5).

Analisando-se a insolação relativa nos anos neutros, verifica-se que nos meses de janeiro à março, esta é superior tanto nos anos influenciados pelo El Niño, como nos anos de La Niña, fato que pode explicar a maior ocorrência de desvios positivos de rendimentos verificados nos anos neutros (Figura 3).

A Figura 6 mostra a distribuição da insolação relativa para a região orizícola do Rio Grande do Sul, durante os meses de outubro a fevereiro. Nota-se que, tanto os anos de La Niña como os anos neutros, apre-



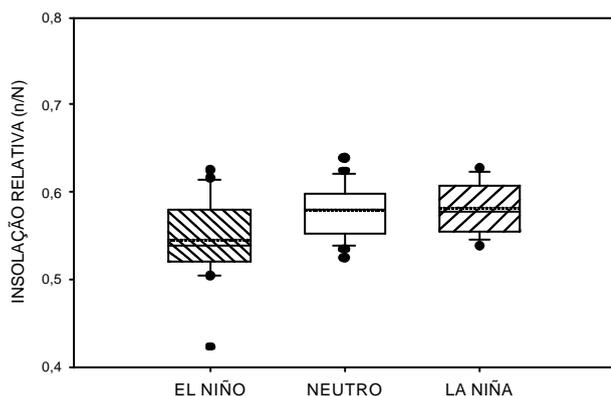
**Figura 3** Desvios de rendimento de arroz irrigado (após retirada da tendência tecnológica) em anos de El Niño, La Niña e neutros, período 1944-2000, no Rio Grande do Sul (Fonte de dados: IRGA).



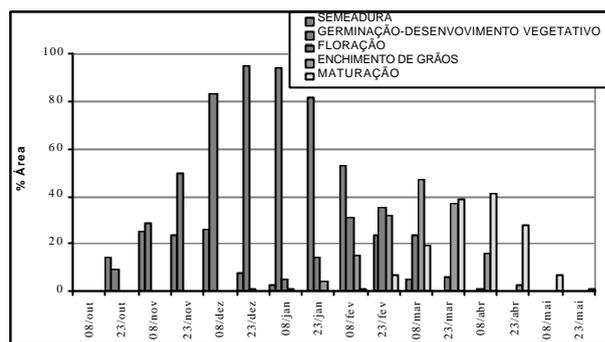
**Figura 4** Insolação relativa (n/N) média, durante os meses de outubro a março, para os anos de El Niño, La Niña e neutros, período 1944-2000, para a região orizícola do estado do Rio Grande do Sul (Fonte de dados: FEPAGRO e 8°DISME/INMET).

sentam maior probabilidade de ocorrerem níveis mais elevados desta variável, que os anos de El Niño.

Na Figura 7 está representado o número de dias com temperaturas mínimas do ar iguais ou inferiores a 15°C, nos meses de dezembro a março, para os anos de El Niño, Neutros e La Niña. Verifica-se que em média, tanto os anos de El Niño como os de La Niña, proporcionam menor ocorrência de dias com temperaturas mínimas do ar prejudiciais ao arroz, nos meses de janeiro e fevereiro, quando comparadas com



**Figura 6** Distribuição da insolação relativa (n/N), de outubro a fevereiro, associadas aos anos de El Niño, neutros e La Niña, período 1944-2000, para a região orizícola do Rio Grande do Sul. A linha horizontal no interior da caixa representa o percentil 50 (mediana), a linha tracejada representa a média, o fim das caixas os percentis 25 e 75, as barras os percentis 10 e 90 e os círculos cheios os valores extremos (Fonte de dados: FEPAGRO e 8° DISME/INMET).

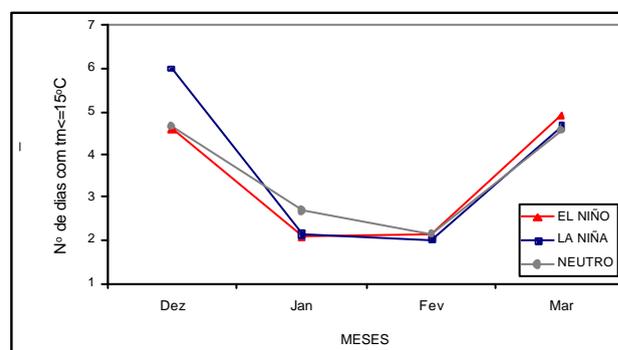


**Figura 5** Calendário Agrícola médio da cultura do arroz irrigado, safras 1994-1999, para o Estado do Rio Grande do Sul (Fonte de dados: EMATER-RS).

os anos neutros. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por STEINMETZ (1999).

**Conclusões**

A menor disponibilidade de insolação que ocorre no período outubro a fevereiro é uma das causas do evento El Niño ser desfavorável à cultura do arroz irrigado. Já para a La Niña, a maior frequência de eventos favoráveis, pode ser creditada, em parte, aos altos índices de insolação relativa verificados principalmente nos meses de outubro, novembro e dezembro.



**Figura 7.** Número médio de dias com temperatura mínima do ar igual ou menor que 15°C (N°tm), durante os meses de dezembro a março, para os anos de El Niño, La Niña e neutros, período 1960-2000, para o estado do Rio Grande do sul (Fonte de Dados: FEPAGRO e 8°DISME/INMET).

Em média tanto nos anos de eventos La Niña como nos anos de El Niño, ocorre menor número de dias com temperaturas mínimas prejudiciais ao arroz, nos meses de janeiro e fevereiro, quando comparados com os anos neutros.

### Referências bibliográficas

- CPTEC/INPE. O El Niño: Conseqüências do fenômeno sobre o território brasileiro e perspectivas para 1998. Disponível na internet em: <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 20/04/1999.
- DANTAS, R.T.; GUIMARÃES, H.M.A. Influência de parâmetros climáticos na produção do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão, **Anais ...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. p. 359-360.
- FAO. **Agricultural production**. Disponível na Internet em: <http://www.fao.org/>. Acesso em: 16/01/2001.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132. 1997.
- GRIMM, A.M.;TELEGINSKI, S.E.; COSTA, S.M.S. Anomalias de precipitação no Sul do Brasil em eventos La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão, **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 2, 1996a, p. 1113-1117.
- GRIMM, A.M.; TELEGINSKI, S.E.; FREITAS E. D. Anomalias de precipitação no Sul do Brasil em eventos El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão, **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v.2, 1996b, p. 1098-1102.
- IRGA. **Acompanhamento semanal de colheita do arroz irrigado**. Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz/ Departamento Comercial e Industrial – Divisão de Política Setorial, 1944-2000.
- IRGA. **Anuário Estatístico do Arroz irrigado**. Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz, 1944-1982.
- IRGA. **Importância do arroz e a pesquisa desenvolvida pelo Irga**. Cachoeirinha: Instituto Riograndense do Arroz/ Divisão de Pesquisa, 1997. (Folder técnico).
- MOTA, F.S. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento e a necessidade de irrigação do arroz na região de Pelotas (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 69-72
- PUCHALSKI, A. Z. **Efeitos associados ao fenômeno El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e déficit hídrico no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, UFRGS, 2000.
- RAO, V.B., HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 212, p. 81-90. 1990.
- ROPELEWISKY, C.F.; HALPERT, M.S. Precipitation patterns associated with the El Niño/Sourthen Oscillation. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 115, p. 2161-2165. 1997.
- SOUZA, R. O. Alternativas de Sistemas de Cultivo para o Arroz Irrigado: O caso da Região Sul do Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 1994. v. 1, p. 1-20, (EMBRAPA-CNPAP, Documentos, 60).
- STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. ;CAMPOS, C.J. Influência do EL Niño Oscilação Sul (ENOS) sobre as condições climáticas, no período de outubro a março, na região de Pelotas-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1999. p. 1579-1586. CR-ROM.
- STEINMETZ, S. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña na ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais ao arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 185-188.
- STUDZINSKI, C.D. **Um estudo da precipitação na Região Sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995. 87 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, INPE, 1995.
- TERRES, A.L.; GALLI, J. **Efeitos do frio em cultivos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Fundamentos para a cultura do arroz irrigado. Campinas: Fundação Cargil, p. 83-94. 1985.
- TRENBERTH, K.E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.
- WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. San Diego - CA: Academic Press, 1995. p. 29-33.

