

RELAÇÃO ENTRE EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS), PRECIPITAÇÃO E RENDIMENTO DE MILHO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DENISE CYBIS FONTANA¹, MOACIR ANTONIO BERLATO²

RESUMO - O Rio Grande do Sul é o Estado maior produtor de grãos do País, responsável por 25% da produção nacional. Em média, o Estado tem 3 de cada 10 safras prejudicadas por fenômenos meteorológicos adversos, especialmente secas e enchentes. Estudos anteriores demonstraram a relação entre a variabilidade da chuva no sul da América do Sul e o fenômeno ENOS. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação e sobre o rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul. Foram analisadas as relações entre a precipitação, o rendimento de milho, o Índice de Oscilação Sul (IOS) e a Temperatura da Superfície do Oceano Pacífico (TSM). Concluiu-se que a variabilidade da precipitação no Rio Grande do Sul está relacionada ao fenômeno ENOS e que essa variabilidade tem influência sobre a variabilidade do rendimento do milho no Estado. Essas informações podem ser incorporadas em modelos de simulação do rendimento para efeito de identificação de estratégias de minimização dos impactos da variabilidade climática na produção dessa cultura.

Palavras-chave: El Niño Oscilação Sul, precipitação, rendimento, milho

RELATIONSHIP BETWEEN EL NIÑO SOUTHERN OSCILATION (ENSO), PRECIPITATION AND MAIZE YIELD IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT - The State of Rio Grande do Sul is the main grain producer in Brazil, responsible for 25% of national grain production. On average, the State has had losses in 3 of every 10 harvest, especially due to droughts and floods. Previous studies have shown a good relationship between the variability of rainfall and ENSO. The objective of this study is to evaluate the influence of ENSO over rainfall and maize yield in the State of Rio Grande do Sul. We analysed the relationship between rainfall, maize yield, Southern Oscillation Index (IOS) and Sea Surface Temperature (SST) from Pacific Ocean. The results showed that the variability of rainfall in the State of Rio Grande do Sul is associated with ENSO phenomena, and this variability has influence over the variability of maize yields in the State. These information can be incorporated in yield simulation models in order to identify strategies to mitigate the impacts of the climate variability over maize production.

Key words: El Niño Southern Oscillation, rainfall, maize, yields

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o Estado maior produtor de grãos do País, responsável por cerca de 25 % da produção nacional. As culturas de maior expressão são a soja, o milho, o arroz e o trigo, cujas produções, na safra 1993/94, foram de 5,4, 4,8, 4,2 e 0,9 milhões de toneladas, respectivamente (IBGE, 1994).

Estatísticas mostram que o Rio Grande do Sul tem, em média, 3 de cada 10 safras prejudicadas por fenômenos meteorológicos adversos, especialmente secas e enchentes. BERLATO (1992) mostrou que a variabilidade interanual das condições hídricas do solo, determinada pela variação da chuva, é o fator com maior peso individual na variabilidade dos rendimentos para as culturas de primavera-verão no Rio Grande do Sul.

Nos últimos anos tem-se associado as variações interanuais do tempo e clima, em diversas regiões do globo, ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Este fenômeno está ligado a mudanças oceânicas e atmosféricas que ocorrem na região equatorial do Oceano Pacífico Tropical.

A componente oceânica do fenômeno é caracterizada pelo aparecimento de água quente proveniente do Oceano Pacífico equatorial oeste na região central e/ou leste desse Oceano, juntamente com a cessação da ressurgência de água fria ao longo do lado leste no equador. O termo El Niño (EN) originalmente era usado pelos pescadores para caracterizar uma corrente relativamente quente com fluxo para o sul ao longo das costas do Perú e Equador que aparecia em datas próximas ao Natal, data de nascimento de Jesus Cristo, daí o termo El Niño, do espanhol menino. Depois o termo foi associado ao aquecimento anormal que ocorre, ocasionalmente, em grandes áreas do Oceano Pacífico equatorial e que resulta em impactos ambientais locais e regionais catastróficos (TRENBERTH, 1991).

A componente atmosférica é representada, basicamente, por uma espécie de gangorra na massa atmosférica, envolvendo a troca de ar entre os hemisférios leste e oeste, com centros de ação localizados sobre a Indonésia e sobre o sul do Oceano Pacífico, fenômeno denominado Oscilação Sul (OS). A natureza física dessa oscilação é representada pela variação inversa da pres-

1. Eng. Agr., Dr.^a - Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre-RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

2. Eng. Agr., Dr. - Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.
Recebido para publicação em 25/09/1995.

são atmosférica na região de Darwin (12,4 °S; 130,9 °E), no norte da Austrália, e Taiti (17,5 °S; 49,6 °W) no Oceano Pacífico (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

Os estudos sobre o fenômeno ENOS identificaram a ocorrência dos denominados eventos “quentes” e eventos “frios”, associados às anomalias da temperatura da superfície do mar em algumas regiões do Pacífico (NIÑO 1, NIÑO 2, NIÑO 3 e NIÑO 4). Frequentemente, estes eventos são identificados através do monitoramento do Índice de Oscilação Sul (IOS), definido pela diferença normalizada entre a pressão atmosférica em Darwin e Taiti. Os eventos quentes estão associados a valores negativos altos do IOS (fase negativa), enquanto que os valores positivos altos indicam a ocorrência dos eventos frios (fase positiva).

Em estudos anteriores, tem sido demonstrada a relação entre o fenômeno ENOS e a variabilidade da chuva no sul da América do Sul (RAO e HADA, 1990; CHU, 1991; ROPELEWISKI e HALPERT, 1995; STUDZINSKI, 1995). Nesta região do Globo o evento quente determina anomalias positivas de precipitação, enquanto que o evento frio está associado à ocorrência de precipitação abaixo da normal.

A enchente de 1982/83, associada ao evento ENOS mais forte do século, determinou perdas de cerca de 4,8 milhões de toneladas de grãos na Região Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), com um valor aproximado de US\$ 300 milhões (BERLATO, 1992; GASQUEZ e MAGALHÃES, 1987). Também os episódios frios, com anomalias negativas de precipitação, têm causado grandes quebras de safras nessa região.

O bom entendimento da relação entre o fenômeno ENOS, anomalias climáticas regionais e produção agrícola, pode auxiliar no processo de tomada de decisão, no sentido de minimizar os impactos da variabilidade climática, especialmente na produção de grãos da região.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação e sobre o rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de análise desse trabalho foi estabelecida durante o curso de treinamento sobre “Aplicações da previsão climática de curto prazo na agricultura”, realizado pelo primeiro autor, junto ao IRICP (“International Research Institute for Climate Prediction”), no período de março a junho de 1995, em Palisades, USA.

Foram coletados dados de rendimento médio da cultura do milho, do período de 1973 a 1989 para as 24

microrregiões homogêneas do Estado (IBGE, 1974 a 1991). Utilizando esses dados, foi procedida uma análise da tendência temporal do rendimento de milho no Estado com o objetivo de retirar o efeito da introdução de novas tecnologias no sistema de produção da cultura, possibilitando, assim, o estudo da influência das condições meteorológicas sobre o rendimento. Para tanto foi assumida uma tendência linear de aumento no rendimento com o tempo, sendo a mesma retirada utilizando a equação de regressão linear entre essas duas variáveis.

A identificação das microrregiões que determinam a produção de milho do Estado foi feita através da técnica de regressão linear entre o rendimento médio de cada microrregião e o rendimento médio do Estado, após a retirada da tendência tecnológica de ambas.

Foram tomados dados de precipitação pluvial mensal de estações meteorológicas, pertencentes à rede de estações meteorológicas do Oitavo Distrito de Meteorologia, do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), para o período 1915 a 1990.

Foram considerados dois índices relacionados ao fenômeno ENOS:

Índice de Oscilação Sul (IOS): este índice é calculado utilizando as anomalias normalizadas das pressões atmosféricas na superfície do mar em Darwin, Austrália, e em Taiti. O fenômeno ENOS é caracterizado sempre que ocorre 5 meses consecutivos com valores de IOS superiores a 10,51.

Temperatura média mensal da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico, na região denominada NIÑO 3, retângulo compreendido entre as longitudes 150° W e 90° W e as latitudes 5° N e 5° S.

Os indicadores do fenômeno ENOS (IOS e TSM), a precipitação e o rendimento do milho no estado do Rio Grande do Sul foram expressos em termos de anomalias normalizadas pelo desvio padrão da média dessas variáveis e, após analisadas as relações entre as mesmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Região de produção de milho no Estado do Rio Grande do Sul

O milho no Rio Grande do Sul é cultivado em todas as microrregiões, caracterizando-se como a cultura mais disseminada no Estado. Entretanto, os coeficientes de correlação entre o rendimento de cada microrregião e o rendimento médio do Estado, mostram que a metade norte do Estado apresenta maior associação com o rendimento médio estadual (Figura 1). Esta região é, também, responsável por 72 % do total de produção de milho no Rio Grande do Sul.

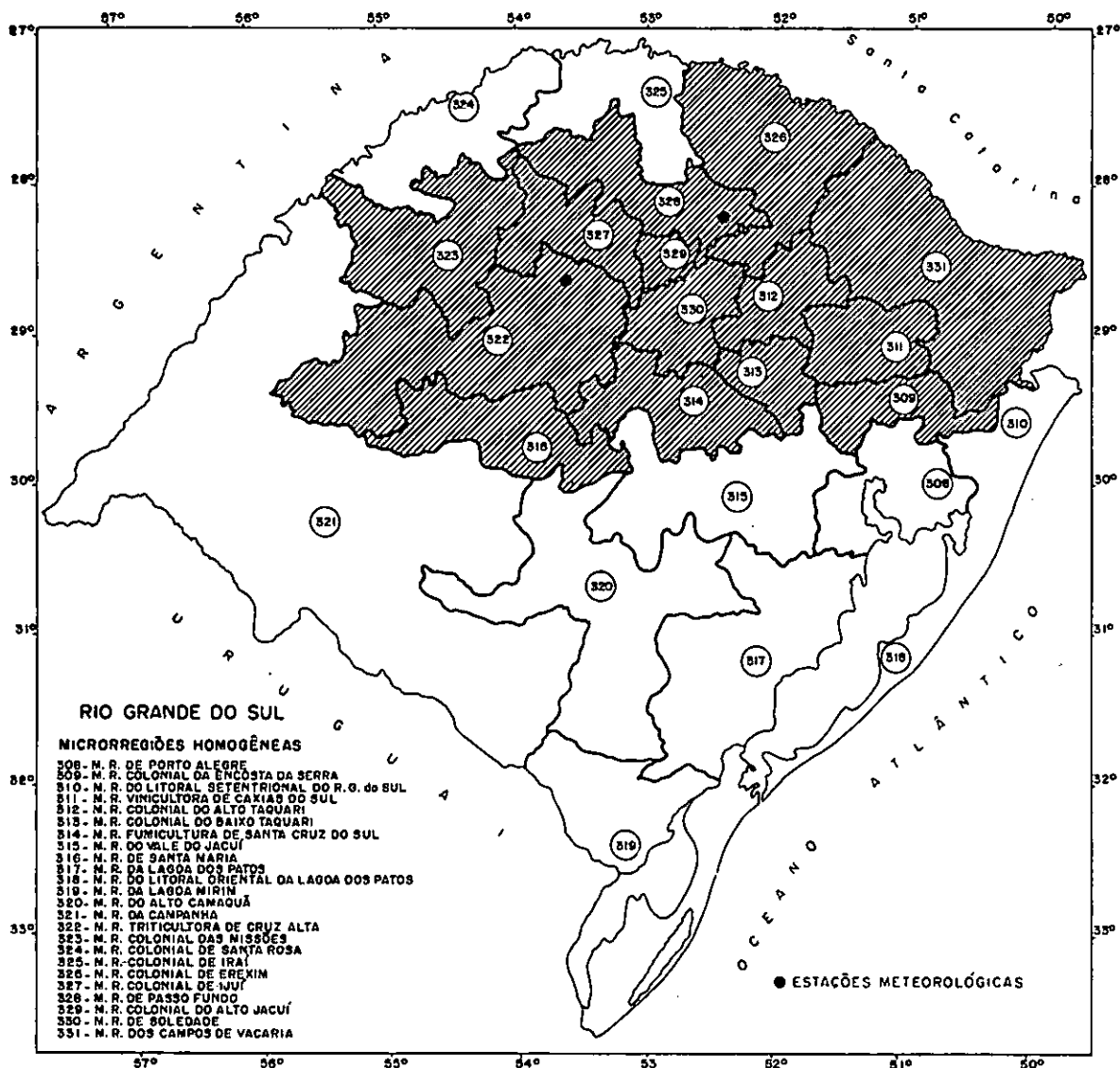


FIGURA 1 – Microrregiões homogêneas do Estado do Rio Grande do Sul (a área achureada representa as microrregiões cujo rendimento de milho apresenta coeficiente de correlação com o rendimento médio do Estado superior a 0,80)

Na Figura 2 é mostrado o padrão de distribuição da precipitação nas estações meteorológicas de Passo Fundo e Cruz Alta, situadas na região identificada como aquela mais associada à produção de milho do Estado. As duas localidades apresentam desvios da média de precipitação positivos nos meses de setembro e outubro e desvios negativos nos meses de novembro, dezembro, janeiro (Cruz Alta), fevereiro, março e abril. Os meses com desvios negativos de precipitação coinci-

dem com os meses mais críticos do calendário agrícola no Rio Grande do Sul. É nesta época que as principais culturas de primavera-verão estão no período de máximo crescimento vegetativo e reprodução, com o máximo consumo de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico. Segundo ÁVILA (1994), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em praticamente todo o Estado, é inferior 60%. A baixa pro-

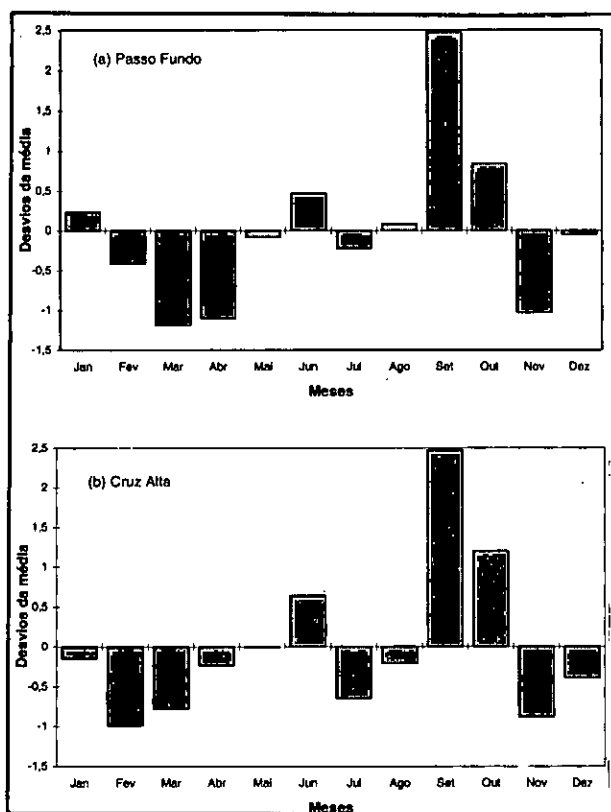


FIGURA 2 – Desvios da média mensal de precipitação (período 1915-89) normalizados pelo desvio padrão para (a) Passo Fundo e (b) Cruz Alta

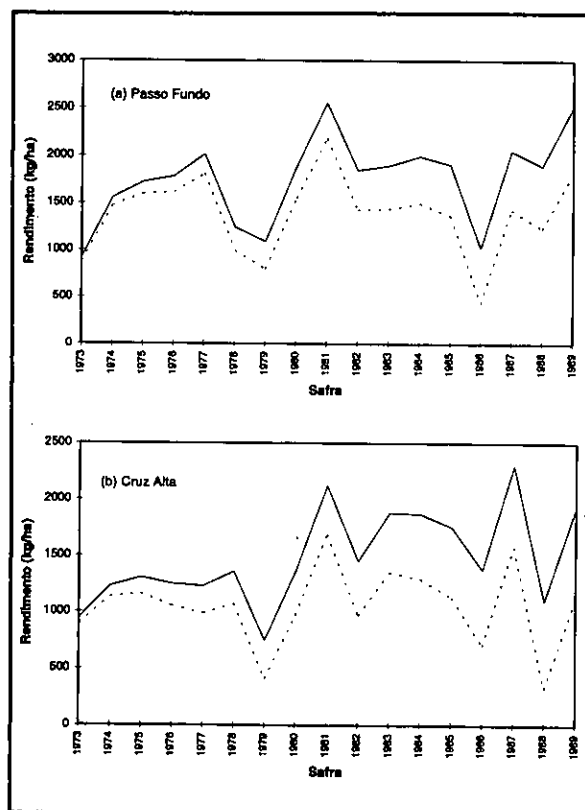


FIGURA 3 – Rendimento de milho original (linha contínua) e o rendimento após a transformação de retirada da tendência tecnológica (linha pontilhada) nas microrregiões de (a) Passo Fundo e (b) Triticuladora de Cruz Alta

babilidade da precipitação superar a evapotranspiração potencial determina a alta frequência de ocorrência de deficiências hídricas e conseqüentes quebras de safras das culturas produtoras de grãos.

A Figura 3 mostra a curva do rendimento do milho observado e a curva do rendimento após a transformação de retirada da tendência tecnológica para as microrregiões homogêneas de Passo Fundo e Triticuladora de Cruz Alta. Observou-se que a variabilidade interanual nos rendimentos de milho foi alta nestas regiões, o que aponta para o fato de que a agricultura é uma atividade essencialmente influenciada pela variabilidade de elementos meteorológicos, especialmente precipitação.

Relações entre a precipitação e o rendimento de milho

O rendimento de milho nas microrregiões de Passo Fundo e Triticuladora de Cruz Alta apresentou maior correlação com a precipitação no período de outubro a fevereiro (Figura 4). Em Passo Fundo o maior coeficiente

de correlação observado foi de 0,64 em dezembro, enquanto que em Cruz Alta foi de 0,31 em novembro. Os maiores coeficientes observados em Passo Fundo, possivelmente, seja uma indicação de que os dados meteorológicos da estação de Passo Fundo são mais representativos da microrregião de Passo Fundo quando comparados com o caso de Cruz Alta.

Sobre a magnitude dos coeficientes de correlação encontrados deve-se considerar o fato de que neste trabalho foi correlacionada a precipitação medida na estação meteorológica e o rendimento observado em nível de microrregião. Além disso, os dados observados de rendimento de milho para as microrregiões integram variações devidas a diferenças de cultivares, época de semeadura, tratamentos culturais, tipos de solo, entre outros. Em nível experimental os coeficientes, em geral, são maiores. Um exemplo é o trabalho de MATZENAUER (1994) o qual, usando 8 anos de experimentos em 4 locais no Estado do Rio Grande do Sul, encontrou um coeficiente de determinação entre a precipitação ocorrida durante a fase crítica da cultura do milho ao fator

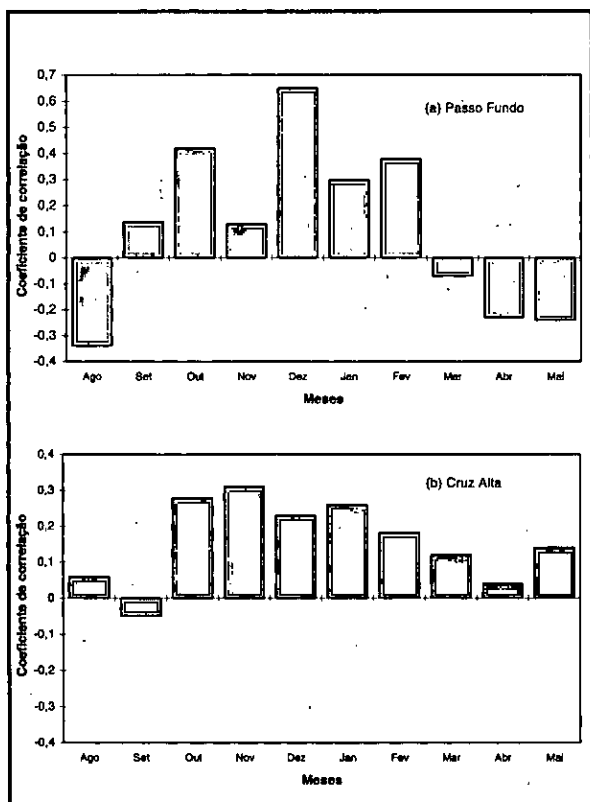


FIGURA 4 – Coeficientes de correlação entre o rendimento de milho e a precipitação para (a) Passo Fundo e (b) Cruz Alta, período 1973-89

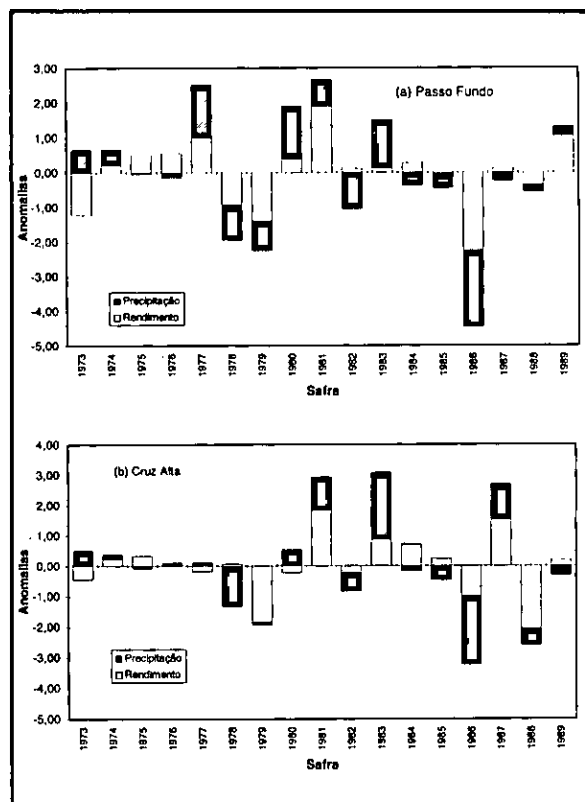


FIGURA 5 – Anomalias da média de precipitação (outubro a fevereiro) e de rendimento de milho para (a) Passo Fundo e (b) Cruz Alta

hídrico (floração até 30 dias após) e o rendimento final, próximo a 0,7.

Na Figura 5 observa-se que, em geral, os anos com anomalias positivas de precipitação, no período de outubro a fevereiro, estiveram associados a anos com anomalias positivas de rendimentos e vice-versa. As anomalias positivas de precipitação coincidiram com anomalias positivas de rendimento e as negativas com as negativas em 65 % dos anos para Passo Fundo e em 53 % para Cruz Alta, sendo melhor a associação nos anos de eventos extremos (anomalias maiores). Esses resultados confirmam pesquisas anteriores, por exemplo BERLATO (1992), que concluíram que a precipitação é a variável meteorológica que exerce maior peso individual na definição do rendimento do milho no Estado.

Relação entre ENOS e precipitação

Na Figura 6 é mostrado o padrão típico de precipitação para três cenários gerados utilizando o índice IOS. As curvas representam a média de 44 anos neutros (59%), 14 anos de eventos quentes (19%) e 17 anos de

eventos frios (23%), ocorridos na série histórica de precipitação de 1915 a 1989. Esse padrão de distribuição mostra que, para ambas localidades, especialmente no final da primavera e início do verão os eventos frios estão associados com precipitação bem abaixo dos anos neutros e muito abaixo dos anos de eventos quentes. Essa mesma tendência é observada no final do outono e início do inverno, embora com menor intensidade.

Para os meses de outubro e novembro, a precipitação e a TSM mostraram associação (Figura 7). Os coeficientes de correlação foram de 0,39 e 0,45 para Passo Fundo e Cruz Alta, respectivamente. Os valores não muito elevados desses coeficientes mostram que o fenômeno ENOS não é o único fator determinante das precipitações no Estado. Ou seja, em geral, anos de ocorrência de eventos quentes estão associados a anomalias positivas de precipitação, mas nem todo o ano com chuvas acima da normal é ano de ocorrência do fenômeno. O mesmo se aplica para os eventos frios. Os baixos coeficientes de correlação obtidos também podem ter relação com o fato de se estar relacionado a TSM de uma

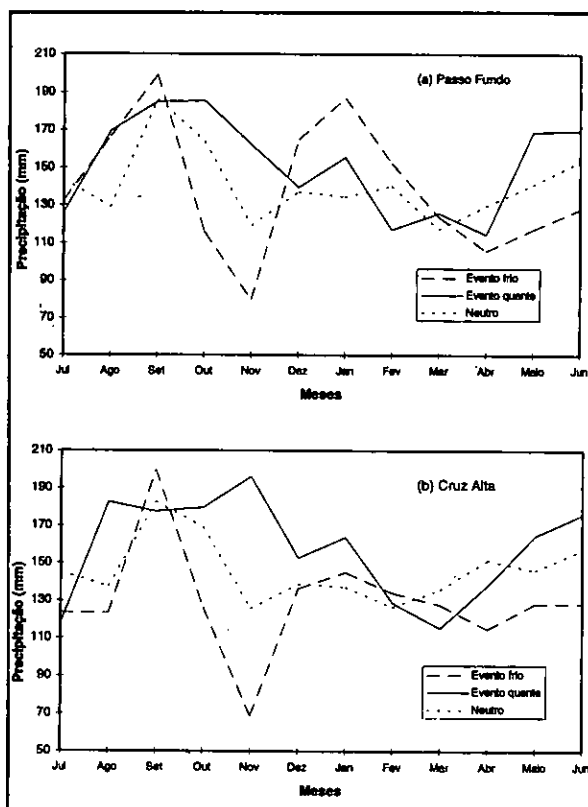


FIGURA 6 – Médias de precipitação em anos de eventos quentes, frios e neutros para (a) Passo Fundo e (b) Cruz Alta (período 1915-89)

área muito extensa do Oceano com a precipitação medida numa estação meteorológica, onde fatores locais podem interferir no total de precipitação.

Os índices IOS e TSM são indicadores do fenômeno ENOS e se mostraram relacionados à disponibilidade hídrica do Estado. A possibilidade de se ter previsões do fenômeno ENOS é de grande valia para o planejamento agrícola da região. Algumas práticas culturais, como a escolha da época de semeadura, população de plantas e fertilização, podem ser usadas de forma a propiciar um melhor aproveitamento dos recursos hídricos previstos e, com isso, minimizar o impacto de eventos meteorológicos adversos.

STUDZINSKI (1995), em trabalho realizado com a Região Sul do Brasil, verificou que a TSM de ambos oceanos, Pacífico e Atlântico, tem importante influência sobre o comportamento da precipitação nesta Região, devendo ser considerados conjuntamente. A relação da TSM do Oceano Atlântico com a precipitação não foi analisada neste trabalho, representando uma proposta de continuidade do mesmo.

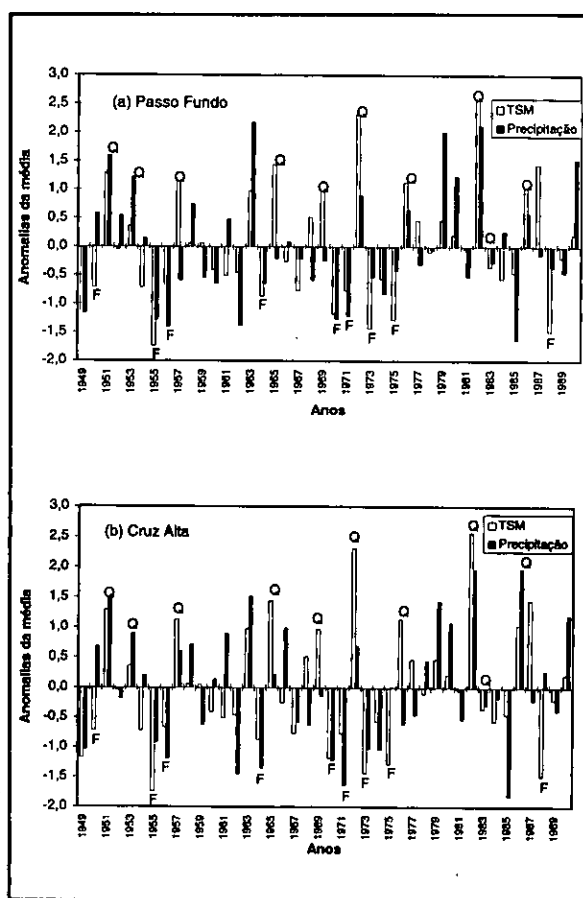


FIGURA 7 – Anomalias da média de precipitação e de temperatura da superfície do mar (TSM) na região Niño3 do Oceano Pacífico no período de outubro e novembro para (a) Passo Fundo e (b) Cruz Alta. (Q e F se referem a eventos quente e frio, respectivamente)

Relação entre ENOS e rendimento de milho

Sendo a precipitação um fator determinante do rendimento das culturas de primavera-verão no Estado e, estando a precipitação relacionada, em parte, ao fenômeno ENOS, é esperado que a variabilidade interanual do rendimento de milho no Rio Grande do Sul esteja, também em parte, relacionada a este fenômeno. Esta hipótese é reforçada na medida em que a influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação do Estado abrange dois períodos fundamentais na determinação do rendimento final das culturas de primavera-verão: o final da primavera e início do verão é um importante período do calendário agrícola, pois são meses de preparo do solo, semeadura e desenvolvimento das principais culturas produtoras de grãos do Estado, em que anomalias negativas de precipitação comprometem seriamente as

safras agrícolas; precipitações muito intensas no final da estação de crescimento das culturas (final do outono) prejudicam a maturação e a colheita, comprometendo o volume final de produção.

Em geral, rendimentos acima da média são observados durante a ocorrência da fase quente do fenômeno. As safras de 1977, 1983 e 1987 apresentaram anomalias positivas de rendimento e estiveram associadas aos eventos quentes de 1976, 1982 e 1986. A safra de 1983 deve ser analisada com detalhe especial, visto que no ano de 1982 ocorreu o evento quente mais intenso da história, com os maiores desvios da média para os índices IOS e TSM. A precipitação acima da média no período de outubro e novembro, associada ao fenômeno, propiciou ótimas condições de desenvolvimento da cultura. Entretanto, o excesso de chuva no período de outono-inverno impediu que grande parte da colheita fosse realizada. Em 1979 e 1980, apesar do índice IOS ter-se mostrado próximo do normal, a TSM apresentou anomalias positivas, apontando a ocorrência de evento quente. Nas safras subsequentes de 1980 e 1981 foram observados rendimentos acima da média.

Os eventos frios de 1975 e 1988 não estiveram associadas a frustrações de safras nas microrregiões estudadas. Em 1986 se verificou uma intensa diminuição nos rendimentos de milho. Em Passo Fundo e em Cruz Alta a precipitação apresentou valores muito inferiores a média. Apesar desse ano ter sido considerado normal segundo critério IOS, o índice TSM apresentou anomalias negativas (Figura 7).

A análise da relação entre o fenômeno ENOS e o rendimento de milho no Rio Grande do Sul apresentada neste trabalho merece algumas considerações. Questões metodológicas como: tamanho da série e qualidade das informações de rendimento disponíveis; estabelecimento de relação entre um fenômeno de grande escala (ENOS) e o rendimento obtido em uma microrregião; não consideração dos distintos tipos de eventos (abrangência espacial e temporal) com seus distintos impactos, a sensibilidade dos indicadores do fenômeno, entre outras, devem ser melhor analisados em trabalhos futuros. No entanto, existe associação entre ENOS e rendimento de milho no Estado. O fato da previsão do fenômeno poder ser feita com antecedência de meses, permite o planejamento do calendário agrícola com adoção de práticas agrônômicas visando um melhor aproveitamento dos prováveis recursos hídricos durante a estação de crescimento das culturas.

CONCLUSÕES

A variabilidade da precipitação no Rio Grande do Sul está relacionada ao fenômeno ENOS e essa variabilidade tem influência sobre o rendimento do milho no

Estado. Essas informações podem ser incorporadas em modelos de simulação do rendimento para efeito de identificação de estratégias de minimização dos impactos da variabilidade climática na produção dessa cultura.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ÁVILA, A.M.H. de. **Regime de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. Porto Alegre, 1994. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.
- CHU, P.S. Brazil's climatic anomalies and ENSO. In: GLANTZ, M.H.; RICHARD, W.K.; NICLHOLLS, N. **Teleconnection linking worldwide climate anomalies**. New York: Cambridge University, 1991. p. 43-72.
- BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p. 11-24.
- BERLATO, M.A. The climate forecasting applications in the decision-making process for the southern region of Brazil. In: Workshop report on ENSO and seasonal to interannual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision-making process. Florianópolis, 14-16 setembro, 1992.
- IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e perenes da Região Sul**. Rio de Janeiro, 1974 - 1994.
- GASQUEZ, J.M.; MAGALHÃES, A.R. Climate anomalies and their impacts in Brazil during the 1982-83 ENSO event. In: LUGANO report: climate risks. s.l: UNEP; ENCAR, 1987. Cap. 5, p. 30-36.
- GLANTZ, M.H. Introduction. In: GLANTZ, M.H., RICHARD, W.K., NICLHOLLS, N. **Teleconnection linking worldwide climate anomalies**. New York: Cambridge University, 1991. p. 43-72.
- MATZENAUER, R. **Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento do milho em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1994. 172 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.
- RAO, V.B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil, annual variation and correlation with the southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v.2, p.81-91, 1990
- ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Quantifying southern oscillation-precipitation relationships. **Journal of Climate**. 1995. (in press).
- 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, 1995.
79p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - INPE, 1995.

TRENBERTH, K.E. General characteristics of El Niño-Southern Oscillation. In: GLANTZ, M.H.; KATZ, R.W.; NICHOLLS, N. **Teleconnections linking worldwide climate anomalies.** Nova York: Cambridge, 1991. p.13-42.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INMET pelo fornecimento dos dados de precipitação utilizados no trabalho, a UFRGS pela indicação do primeiro autor para participar do curso de treinamento sobre "Aplicações da previsão climática de curto prazo na agricultura", realizado em Palisades, USA e aos doutores Guillermo Berri, Cynthia Rosennzweig, Jennifer Phillips e Luis Mauro Rosa pelas sugestões e contribuições ao trabalho.