IMPACTO DO ENOS E DA ODP NA OCORRÊNCIA DE GEADAS NO RIO GRANDE DO SUL

MÁRI ÂNDREA FELDMAN FIRPO[1], DENILSON RIBEIRO VIANA[2], ANDRÉ RODRIGUES GONÇALVES[3], CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO[4]

[1]Física, Mestre em Meteorologia, Doutoranda em Meteorologia pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). São José dos Campos – SP. mari.firpo@cptec.inpe.br.

[2]Geógrafo, Doutorando em Meteorologia pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). SJC-SP.

[3]Engo Aeronáutico, Mestrando em Meteorologia pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). SJC-SP.

[4]Engo Agronômo, Pesquisador Titular do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). SJC-SP.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.

RESUMO: O conhecimento do comportamento das geadas no RS é bem relevante, considerando seu impacto na agricultura. Sabe-se que sua ocorrência está vinculada a mudanças na circulação atmosférica, que podem ser afetadas pelo ENOS. Mas o ENOS interage com outros padrões, especialmente a ODP. Neste trabalho foram investigadas as relações, simultâneas e defasadas, entre os eventos de geada no RS, ocorridos no mês de junho e eventos ENOS, observando se estas têm significância estatística diferente de acordo com as diferentes fases da ODP. Para isso, foram utilizadas tabelas de contingência 3x3, avaliadas por um teste baseado numa distribuição hipergeométrica (Teste de Fisher). Observou-se que quando há La Niña, ocorrem mais geadas, na maioria das estações estudadas, e quando há El Niño, menos geadas. Os resultados também apontam que estas relações existem mais significativamente na fase negativa da ODP e são mais intensas para defasagem de 1 mês.

Palavras-chave: Geadas, ENOS, ODP, Rio Grande do Sul

ABSTRACT: The knowledge of the behavior of frost in RS is very relevant, due to its impact on agriculture. It is known that its occurrence is linked to changes in atmospheric circulation, which can be affected by ENSO. But the ENSO interacts with other patterns, especially the ODP. This study examines the relationship, simultaneous and lagged, between the events of frost in the RS in June and ENSO events, looking if there are different statistical significances in the different phases of the PDO. For this, we used 3x3 contingency tables, evaluated by a test based on hypergeometric distribution (Fisher test). It was observed that when La Niña is configured more frosts occur in most of stations studied, and when El Niño is configured, fewer frosts occur. The results also suggest that these relationships are more significant in PDO negative phase and more intense for one month lag.

Key-words: Frosts, ENSO, PDO, Rio Grande do Sul

INTRODUÇÃO

Fenômenos de grande escala são os fatores que provocam a ocorrência de geadas. No Sul do Brasil, as geadas se vinculam às incursões de intensas frentes frias que dão lugar à entrada de anticiclones migratórios muito fortes provenientes do sul da Argentina (Seluchi, 1992). A baixa nebulosidade, resultante da subsidência do sistema anticiclônico, somada à diminuição da velocidade do vento, geram condições propícias para a formação de geadas.

Müller (2006) mostrou que a variabilidade anual na freqüência da ocorrência de geadas, na Pampa Húmeda (Argentina), está relacionada com o El Niño Oscilação Sul (ENOS), sendo nos anos de El Niño o número de geadas anual inferior ao promedio, ocorrendo o mesmo no inverno. Durante a La Niña o número de geadas é superior nesse mesmo período. O Rio Grande do Sul (RS) faz parte da região Sudeste da América do Sul, uma das regiões mais afetadas pelo ENOS. (Studizinki; Diaz, 1994).

Mas o ENOS também é modulado por padrões climáticos de baixa freqüência (Andreoli e Kayano, 2005), como a Oscilação Decenal do Pacífico (ODP), identificada e descrita por Mantua et al.(1997). Segundo Newman et al. (2003) e Verdon e Franks (2006), há uma forte relação entre El Niño e ODP, devido a uma modulação interdecenal nas diferentes bandas de freqüência de cada índice.

Assim, o objetivo desse trabalho foi investigar as relações, simultâneas e defasadas, entre os eventos de geada no Rio Grande do Sul e as fases do ENOS, considerando as diferentes fases da ODP.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram utilizados dados observacionais de geada de 10 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, bem distribuídas espacialmente. São elas: Bagé, Encruzilhada do Sul, Iraí, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, São Luiz Gonzaga e Torres. Os dados são referentes ao mês junho, no período de 1951 a 1999.

Também se utilizou dados mensais de TSM reconstruídas e estendidas por Smith et al. (2008) – versão 3, com resolução espacial de 2° x 2º, para o mesmo período da geada.

Para a caracterização de eventos El Niño/La Niña foi usado o critério de Trenberth (1997), que consiste da seleção, a partir da região do Niño 3.4 (5°N–5°S, 120°W–170°W), de períodos cuja média móvel de 5 meses das anomalias mensais de TSM, da mencionada área, seja $\geq$ 0,4°C (El Niño) ou $\leq$ -0,4°C (La Niña).

As fases da ODP que compreendem o período vão de 1947 até 1976 (fase fria) e 1977 a 1999 (fase quente) (Mantua et al., 1997).

As relações entre ENOS e ocorrência de geadas, considerando as fases da ODP, para o mês de junho, foram analisadas a partir de tabelas de contingência 3 x 3, que foram organizadas de forma a serem categorizadas as geadas quanto à freqüência (tercis) e contados quantos casos ocorreram em anos de La Niña, El Niño e Neutros.

O teste de significância utilizado é conhecido como o teste exato de Fischer, útil para trabalhar com variáveis categóricas e quando o tamanho das amostras independentes é pequeno, e considera todas as combinações possíveis que resultam nas mesmas freqüências marginais (Kendall e Stuart, 1979).

O método está baseado na distribuição hipergeométrica, calculando a probabilidade de observar um determinado conjunto de freqüências na tabela, quando se consideram fixos os totais marginais, sob a hipótese de nulidade, ou seja, independência de variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a resultado obtido no teste de Fisher, aplicado às tabelas de contingência. São apresentados os diferentes valores da densidade de probabilidade acumulada, que representam as relações entre a ocorrência de La Niña e geadas acima do normal (3º tercil das geadas) e a ocorrência de El Niño e geadas abaixo do normal (1º tercil das geadas). Isso feito para dois períodos separadamente, que compreendem a fase negativa da ODP (1962-1976). A Tabela 2 mostra o mesmo, mas para a fase positiva (1977-1999).

Percebe-se que, em geral, durante a fase negativa da ODP, os valores de densidade de probabilidade são maiores do que na fase positiva, isto é, as relações entre uma maior ocorrência de geadas e La niña e menor ocorrência de geada e El Niño são mais intensas e significativas durante a fase negativa da ODP.

Também nota-se que os resultados são mais significativos quando há defasagem de um mês entre a ocorrência do evento ENOS e o mês da ocorrência de geada (junho).

Tabela 1. Valores de densidade de probabilidade acumulada (confiança) da ocorrência de geadas, obtida pelo teste de Fisher. Valores calculados para a fase de ODP negativa (1951-1976). Valores significativos a 5% (vermelho) a 10% (azul) e 15% (verde).

ODP -	Lag 0		Lag 1		Lag 2	
	La Niña	El Niño	La Niña	El Niño	La Niña	El Niño
Bagé	0,68	0,8	0,98	0,82	0,98	0,7
Encruzilhada	0,8	0,915	0,935	0,975	0,935	0,825
Iraí	0,92	0,99	0,88	1	0,88	0,99
Passo Fundo	0,82	0,98	0,88	0,98	0,88	0,935
Pelotas	0,99	0,95	0,995	0,97	0,995	0,93
Porto Alegre	0,94	0,96	0,85	1	0,85	0,96
Santa Maria	0,99	0,92	0,98	0,98	0,98	0,92
Santa Vitória	1	0,92	1	1	1	0,55
São Luiz	0,92	0,97	0,77	0,99	0,7692	0,755
Torres	0,77	0,88	0,91	1	0,91	0,88

Tabela 2. Valores de densidade de probabilidade acumulada (confiança) da ocorrência de geadas, obtida pelo teste de Fisher. Valores calculados para a fase de ODP positiva (1977-1999). Valores significativos a 5% (vermelho) a 10% (azul) e 15% (verde).

ODP +	Lag 0		Lag 1		Lag 2	
	La Niña	El Niño	La Niña	El Niño	La Niña	El Niño
Bagé	0,29	0,995	0,53	0,965	0,29	0,94
Encruzilhada	0,845	0,94	0,79	0,8	0,385	0,725
Iraí	0,92	0,975	0,975	0,91	0,92	0,975
Passo Fundo	0,745	0,565	0,665	0,94	0,845	0,965
Pelotas	0,665	0,39	0,53	0,46	0,285	0,365
Porto Alegre	0,405	0,36	0,665	0,41	0,53	0,835
Santa Maria	0,38	0,725	0,275	0,8	0,08	0,725
Santa Vitória	0,29	0,63	0,49	0,39	0,38	0,51
São Luiz	0,76	0,725	0,65	0,803	0,38	0,725
Torres	0,845	0,955	0,79	0,99	0,385	0,98

Na figura 1 observa-se a diferença entre as relações de ENOS e ocorrência de geadas para as duas fases da ODP. Para o caso de La Niña (e ocorrência de geadas acima da normal), na fases negativa da ODP (figura 1(a)), nota-se que apenas uma estação (mais ao sul), não apresenta relação significativa a, no mínimo, 15%. Também observamos coerência espacial,

pois as estações mais a sudoeste mostram maior significância (5%). É válido salientar que os anticiclones migratórios, causadores das geadas, provenientes do Sul da Argentina (Seluchi, 1992), adentram ao Estado através desta região sudoeste. Ainda para a fase negativa, mas para a análise da relação El Niño e geadas abaixo da normal (figura 1(c)), nota-se que a significância estatística é ainda maior, para a maioria das estações. Já para a fase positiva da ODP (figura 1(b) e (d)), notamos que a grande maioria das estações não mostra relação significativa entre ENOS e geadas.

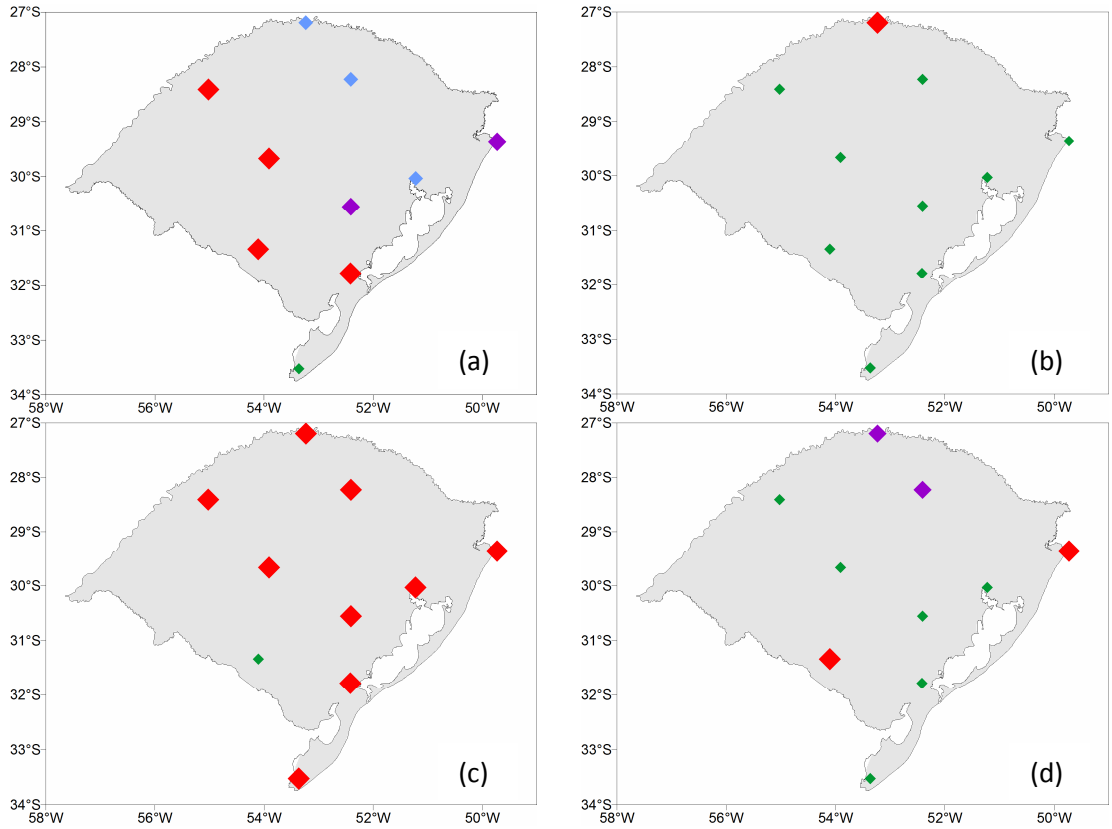

Figura 1. Espacialização da densidade de probabilidade acumulada (confiança) da ocorrência de geadas, obtida pelo teste de Fisher, para a defasagem de 1 mês (lag 1). Valores calculados para analisar relação La Niña e geadas acima do esperado na fase negativa da ODP (a), El Niño e geadas abaixo do esperado na fase negativa da ODP (b), La Niña e geadas acima do esperado na fase positiva da ODP (c), El Niño e geadas abaixo do esperado na fase positiva da ODP (d). Valores significativos a 5% (vermelho), 10% (roxo) e 15% (azul). Valores não significativos em verde.

CONCLUSÕES

Existe relação, tanto simultânea como defasada, entre os eventos de geada, ocorridas no mês de junho, no Rio Grande do Sul, e as fases do ENOS. Esses resultados se mostram diferentes quanto às fases em que a ODP se encontra.

Quando verifica-se situação de La Niña, ocorrem mais geadas do que o normal, e situação de El Niño, menos que o normal, durante a fase fria da ODP. Para a fase quente da ODP, essas relações são menos significativas, ou nem o são.

A defasagem de 1 mês mostrou maior significância estatística do que as demais,isto é, o ENOS causa maior impacto nas geadas após 1 mês da observação na alteração da TSM do Pacífico.

AGRADECIMENTOS: O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. ENSO-related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific decadal oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 2017-2030, 2005.

KENDALL, M., AND STUART, A. The Advanced Theory of Statistics, Vol. 2. New York: Macmillan. 1979.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n.6, p.1069-1079, 1997

MÜLLER, G.V. Variabilidad Interanual de las heladas em La Pampa Humeda. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, V.21, n.1, p.141-152, 2006.

SELUCHI, M.E.; NERY, J.T. Condiciones meteorologicas asociadas a la ocurrencia de heladas en la region de Maringá. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.7, p. 523-534,1992.

SMITH, T.M.; REYNOLDS, R.W., PETERSON, T.C.; LAWRIMORE, J. Improvements to NOOA's Historical Menger Land-Ocean Surface Temperature Analysis (1880-2006). Journal os Climate, v.21, p.2283-2296, 2008.

STUDZINSKI, C.D.; DIAZ, A.F. Relação da precipitação no sul do Brasil-Uruguai com a temperatura da superfície do mar (TSM) por correlações canônicas (CCA). In: PESSOA, M.L.; MINE, M.R.M.; LEITE, E.A. (Coord.). Meteorologia e hidrologia: Aspectos e considerações no contexto brasileiro. Curitiba: Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar), p.191-205, 1994.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n.6, p.1069-1079, 1997.

NEWMAN, M.; COMPO, G.P.; ALEXANDER , M.A. ENSO forced variability of the Pacific Decadal Oscillation. Journal of Climate, v.16, n. 23, p.3853-3857, 2003.

VERDON, D.C.; FRANKS, S.W. Long-term behavior of ENSO: Interactions with PDO over the past 400 years inferred from paleoclimatic records. Geophysical **Research Letters**, v. 33, L06712, doi: 10.1029/2005GL025052, 2006.