

IMPACTO DAS FASES EXTREMAS DE ENOS NAS TEMPERATURAS MÉDIAS SAZONAIS DO RIO GRANDE DO SUL

Clóvis Angeli Sansigolo¹, Gilberto Barbosa Diniz² e Jéferson Prietsch Machado³

RESUMO: O impacto sazonal dos eventos extremos de ENOS nas temperaturas médias do Rio Grande do Sul foi analisado probabilisticamente usando tabelas de contingência 3x2. Constatou-se que eventos de La Niña tiveram impacto significativo associado a temperaturas médias abaixo das normais nas suas fases de desenvolvimento (primavera) e decréscimo (outono). Eventos de El Niño associados a temperaturas acima das normais só estiveram significativamente relacionados com as temperaturas médias do Inverno. As Niñas tiveram maior impacto nas temperaturas médias da região em relação aos El Niños, tanto em extensão quanto em duração. O menor impacto de ambos eventos se dá nas suas fases maduras (verão). No inverno, a ocorrência de ambos eventos influencia toda a região. Estes resultados, aliados à alta previsibilidade do ENOS provem uma fonte significativa de previsão da variabilidade sazonal das temperaturas médias na região.

ABSTRACT: The seasonal impact of ENSO extreme events on the average temperatures of Rio Grande do Sul, Brazil, was probabilistically analyzed using 3x2 contingency tables. It was verified that La Niña events had significant impact associated with below normal average temperatures in their developing phases (austral spring) and decreasing phases (autumn). El Niño events associated with above normal temperatures was only significantly related to winter average temperatures. La Niñas had greater impacts on the average temperatures than El Niños in extension and duration. The smaller impact of both events is in their mature phases (austral summer). In winter, the occurrence of both events influences all regions. This results allied to the high ENSO predicatibility provide a significant source of previsibility of the seasonal average temperatures in the region.

Palavras Chave: ENOS, temperaturas, Rio Grande do Sul.

¹ Pesquisador Dr., CPTEC, INPE, São José dos Campos - SP (Fone: 12-39456667). E-mail: sansigol@cptec.inpe.br

² Prof. Dr. FMet, UFPel, Pelotas, RS (Fone/fax: 53-32776722). E-mail: gilberto @ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As fases extremas do ENOS (El Niño e La Niña) estão associadas com extremos climáticos em diversas regiões do globo (Ropelewski & Halpert, 1987, Kiladis & Diaz, 1989). Na região Sul do Brasil, Grimm et al. (1998), Diaz et al. (1998) e Sansigolo et al. (2004) verificaram, usando diferentes métodos que eventos de El Niño e La Niña estão respectivamente associados com precipitações acima e abaixo das normais na Primavera.

Lopes e Berlato (2003) constataram, usando dados mensais de 37 estações climatológicas (1961-90) no Rio Grande do Sul, que estes eventos também afetam as temperaturas da região. Eles observaram que as La Niñas tem maior impacto nas temperaturas mínimas, abaixo das normais na Primavera e início do Verão, enquanto os El Niños tem maior impacto nas mínimas, acima das normais no Outono e início da Primavera.

Compostos de anomalias climáticas históricas provem informações úteis sobre os impactos típicos do ENOS (Kiladiz & Diaz, 1989). Porém, o relacionamento do ENOS com as anomalias climáticas esperadas não é simples e direto. Para as mesmas magnitudes e estruturas das TSM de eventos ENOS, a inerente imprevisibilidade da atmosfera levará a diferentes anomalias climáticas para cada evento. Além disso, a existência de diferenças inter-El Niños aumentarão ainda mais as incertezas sobre as anomalias climáticas esperadas.

Correlação e regressão são os métodos mais usuais para análise de compostos. Eles descrevem a intensidade e a forma das teleconexões lineares entre o ENOS e as anomalias climáticas. Mas em algumas regiões, as relações ENOS-clima são assimétricas para os eventos El Niño e La Niña e também variam de intensidade nas diferentes épocas do ano. Além disso, os coeficientes de correlação são sensíveis à hipótese de normalidade dos dados.

Dadas estas limitações da análise de compostos para previsão de impactos futuros, são valiosas as estimativas das probabilidades de anomalias climáticas condicionais às fases do ENOS (Mason & Goddard, 2001). Uma alternativa simples e robusta que contorna os problemas dos outros métodos envolve o uso de tabelas de contingência, que permitem avaliar a influência de uma variável independente, o ENOS no caso, na probabilidade de ocorrência de um evento climático pré-determinado (tercil de temperatura).

Neste estudo analisam-se, usando tabelas de contingência 3x2, as relações entre as diferentes fases dos eventos extremos do ENOS e as temperaturas médias em regiões homogêneas do Rio Grande

³ Aluno da FMet, UFPel, Pelotas –RS(Fone: 53-32231252). E-mail: jeferson.pm@ig.com.br

do Sul (1949/50-2002), visando quantificar, em termos probabilísticos, o impacto sazonal dos eventos El Niño e La Niña na região.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados foram as temperaturas médias mensais de 40 estações do INMET (8° DIME - Porto Alegre) e FEPAGRO no Rio Grande do Sul, no período de 1949 a 2002. A distribuição destas 40 estações, agrupadas em 4 regiões homogêneas por Diniz (2002) é mostrada na figura 1.

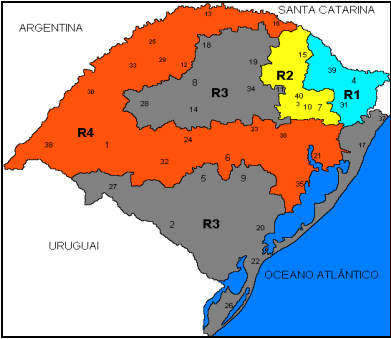


Fig. 1. Distribuição geográfica das 4 regiões homogêneas (R1, R2, R3 e R4) em relação às suas temperaturas médias mensais no Rio Grande do Sul (Diniz, 2002).

Para cada região homogênea obteve-se uma série temporal média mensal para seu conjunto de estações, posteriormente suavizado usando médias móveis de 3 meses. Estas temperaturas médias sazonais, no período de 1949/50 a 2002, foram alocadas em tercis (abaixo, quase e acima da normal). O impacto histórico simultâneo e defasado de 1 a 3 meses dos eventos extremos de El Niño e La Niña nas temperaturas médias das 4 regiões homogêneas foi estimado pelo número de vezes que elas estiveram nos tercis climatológicos inferior, médio e superior, durante os eventos extremos de ENOS. Médias sazonais do Índice Niño 3.4 foram calculadas usando as anomalias médias das TSM de Kaplan et al. (1998), a partir das quais identificaram-se os 11 eventos mais quentes de El Niño e 11 mais frios de La Niña entre 1949/50 e 2002. A significância do número de vezes que as temperaturas médias observadas durante eventos extremos de ENOS estiveram em cada um dos tercis considerados foi calculada usando tabelas de contingência 3x2 (Tabela 1). Nestas tabelas, **n** é o total de anos, **a** os anos chuvosos e **b** os secos, nos **r** eventos mais fortes de El Niño e La Niña (**x** e **y**, respectivamente).

Tab. 1. Tabela de contingência 3x2 usada para verificar um sistema de previsão binário.

Categoria	El Niño/La Niña		Total
	Sim	Não	

<i>Abaixo</i>	y	b-y	b
<i>Quase-Normal</i>	r-x-y	n-r-b-a+x+y	n-b-a
<i>Acima</i>	x	a-x	a
<i>Total</i>	r	n-r	n

A probabilidade de **x** (**y**) ou mais anos com temperaturas acima das normais (abaixo) numa amostra de **r** anos de El Niño (La Niña) é equivalente à área do limite superior da distribuição

hipergeométrica (Agresti, 1996): $P(X \geq x) = H(x|r,a,n) = \sum_{k=x}^{\min(r,a)} C_a^k C_{n-a}^{r-k} / C_n^r$

O teste de significância definido por esta equação é conhecido como teste exato de Fischer, pois considera todas as combinações possíveis que resultam nas mesmas frequências marginais. Para $n = 51$, $a = 17$ e $r = 11$, no mínimo 6 casos devem ser observados para ser significativo ao nível de 90% de probabilidade, 7 ao nível de 95% e 8 ou mais a 99%. Devido a forma discreta da distribuição hipergeométrica, os valores de $P(X)$ tornam-se altamente assimétricos para amostras pequenas, quando estes testes são bastante conservadores. No caso de $n=51$, $a=17$ e $r=11$ há uma probabilidade de 9,6% de serem observados 6 ou mais casos e 0,6% de nenhum caso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 encontram-se os limites para as categorias de temperatura média abaixo e acima das normais nas 4 regiões homogêneas do Rio Grande do Sul. Verifica-se que a amplitude das categorias quase-normais são muito pequenas e similares nas 4 regiões, variando de aproximadamente 0,4°C no Verão a 0,8°C no Inverno.

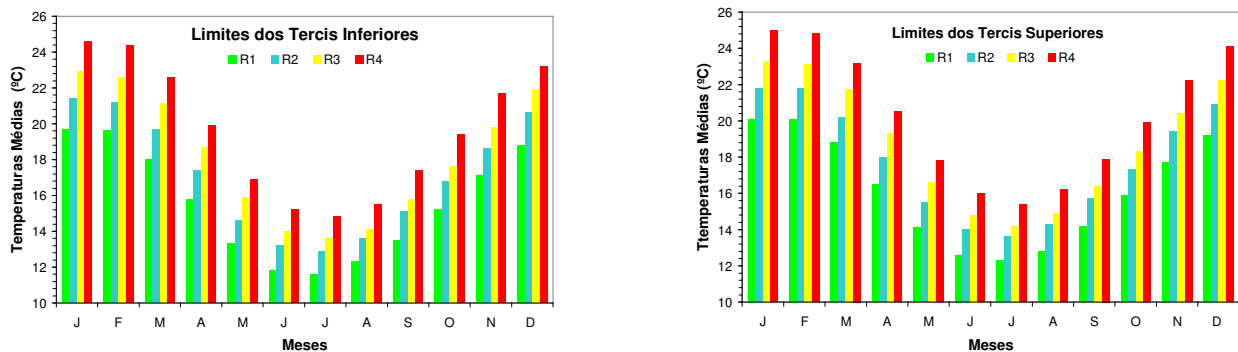


Fig. 2. Limites para as categorias de temperatura média abaixo (tercis inferiores) e acima das normais (tercis superiores) nas 4 regiões homogêneas do Rio Grande do Sul (R1, R2, R3 e R4).

Na Tabela 2 são apresentados para cada uma das 4 regiões homogêneas o número de casos com temperaturas médias sazonais acima/abaixo das normais, simultaneamente e com defasagens de 1, 2 e 3 meses, durante os 11 eventos extremos de El Niño e La Nina considerados.

Tab. 2. Número de casos com temperaturas médias acima/abaixo das normais, simultaneamente e com defasagens de 1, 2 e 3 meses, durante os 11 eventos extremos de El Niño e La Nina considerados.

Casos com temperaturas acima/abaixo das normais																
DJF				JFM				FMA				MAM				
DJF	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
El Niño	6	5	4	2	4	4	3	1	6	5	4	4	5	4	2	3
La Niña	4	3	2	6	5	4	4	7	5	5	5	5	5	5	5	5
MAM				AMJ				MJJ				JJA				
MAM	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
El Niño	5	4	4	4	4	6	6	5	3	4	5	4	3	2	3	2
La Niña	6	5	5	5	8	7	6	6	7	7	7	6	8	6	5	6
JJA				JAS				ASO				SON				
JJA	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
El Niño	7	7	7	8	6	6	6	6	5	5	4	5	5	4	6	5
La Niña	6	6	6	7	5	5	4	4	4	4	6	6	5	6	6	8
SON				OND				NDJ				DJF				
SON	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
El Niño	5	4	6	5	5	5	4	5	5	5	6	3	3	2	3	3
La Niña	5	6	6	8	7	6	9	9	7	5	6	5	3	1	3	3

*Valores superiores a 5 são significativos a 73% e a 6, 90% de confiança.

Eventos de La Niña tiveram impacto significativo associado a temperaturas médias abaixo das normais no Rio Grande do Sul durante suas fases de desenvolvimento (Primavera) e decréscimo (Outono). Esta influência se estendeu sobre praticamente toda a região, simultaneamente e com defasagens de 1 e 2 meses na Primavera, e simultaneamente e com defasagens de 1, 2 e 3 meses no Outono. Nas suas fases maduras, relações significativas só foram constatadas na R4, simultaneamente e com defasagem de 1 mês. La Niñas no Inverno afetaram significativamente toda a região, simultaneamente e com defasagem de 3 meses.

O maior impacto de eventos de El Niño associado a temperaturas acima das normais na região ocorreu no Inverno, simultaneamente e com defasagem de 1 mês, Nas suas fases de desenvolvimento (Primavera), relações significativas só foram constatadas na R3, simultaneamente e com defasagem de 2 meses, nas suas fases de decréscimo (Outono) nas R2 e R3, com defasagem de 1 mês e nas suas fases maduras (Verão) na R1, simultaneamente e com defasagem de 2 meses.

Nas suas fases de desenvolvimento e decréscimo, as La Niñas tem maior impacto nas temperaturas médias da região em relação aos El Niños, tanto em extensão quanto em duração. O menor impacto de ambos eventos se dá nas suas fases maduras (Verão). No Inverno, a ocorrência de ambos eventos influencia toda a região. Estes resultados são coerentes com os obtidos para as temperaturas mínimas da região por Lopes e Berlato (2003).

Este estudo enfatiza a natureza probabilística da resposta climática e não a resposta composta (média) das temperaturas médias aos eventos ENOS. Previsões probabilísticas de temperatura média a partir de tabelas de contingência usando os impactos históricos são condicionais à ocorrência do evento ENOS, logo às incertezas das suas previsões.

4. CONCLUSÕES

Nas suas fases de desenvolvimento e decréscimo, as La Niñas tem maior impacto nas temperaturas médias da região em relação aos El Niños, tanto em extensão quanto em duração. O menor impacto de ambos eventos se dá nas suas fases maduras (Verão). No Inverno, a ocorrência de ambos eventos influencia toda a região.

Dispondo-se de previsões sazonais confiáveis de eventos ENOS, podem-se obter previsões probabilísticas de longo prazo das temperaturas médias no Rio Grande do Sul nas regiões e estações do ano com impacto significativo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agresti, A. 1996. *Introduction to Categorical Data Analysis*. John Wiley, 290p.
- Diaz, A.; C.D. Studzinski & C.R. Mechoso. 1998. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *J. Climate* **11**, 251-271.
- Diniz, G.B. 2002. *Preditores visando a obtenção de um modelo de previsão climática de temperaturas máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul*. Tese (Doutorado em Fitotecnia- Agrometeorologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 167 p.
- Grimm, A.M.; S.E.T. Ferraz & J. Gomes. 1998. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *J. Climate* **11**, 2863-2880.
- Kaplan, A.; M.A. Cane; Y. Kushnir; A. Clement; M. Blumenthal & R. Rajagopalan. 1998. Analyses of global sea surface temperature 1856-91. *J. Geophys. Res.* **103**, 18567-18589.
- Kiladis, G.N. & H.F. Diaz. 1989. Global climate anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J. Climate* **2**, 1069-1090.
- Lopes, F. & M.A. Berlato 2003. Relações entre a temperatura da superfície do mar na região do Nino 3.4 e a temperatura média mínima do Estado do Rio Grande do Sul. *Anais, XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS. v. 2, p. 961-962.
- Mason, S. & L. Goddard. 2001. Probabilistic precipitation anomalies associated with ENSO. *Bull. Amer. Met. Soc.* **82**, 619-638.
- Ropelewski, C.F. & M.S. Halpert 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* **115**, 1606-1626.

Sansigolo, C.A; C.S. Pereira & I.R. Silva. 2004. Relações entre as precipitações regionais no Sul do Brasil e as temperaturas da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. *Rev. Bras. Met.* **19**, 5-11.