

## FENÔMENO ENOS NO AJUSTE DE DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

PATRICK MORAIS VEBER<sup>1</sup>; ROBERTA MACHADO KARSBURG<sup>2</sup>; ROSIANE SCHWANTZ DO COUTO<sup>2</sup>; MARIA CLOTILDE CARRÉ CHAGAS NETA<sup>2</sup>; HENRIQUE MICHAELIS BERGMANN<sup>2</sup>; RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – *patrick.veber@hotmail.com*.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – *robertakarsburg@gmail.com*; *couto.rosianes@gmail.com*; *netamariacc@gmail.com*; *henriquencunha@gmail.com*.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – *ritah2o@hotmail.com*.

### 1. INTRODUÇÃO

O fenômeno El Niño é caracterizado por um aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial Central-Leste e pelo enfraquecimento dos ventos alísios na região devido a mudanças na atmosfera próximas à superfície. Já a La Niña ocorre devido ao resfriamento nas águas do Oceano Pacífico Central-Leste, ocasionando um aumento dos ventos alísios (TEDESCHI e GRIMM, 2007). A ocorrência desses fenômenos influencia a variabilidade temporal em cada região, alterando o seu regime de chuvas.

No Brasil, o impacto do fenômeno ENOS se dá principalmente sobre a precipitação, onde em anos de El Niño a precipitação fica acima da normal climatológica na região Sul, enquanto que na região Nordeste é abaixo da normal. Já nos anos de La Niña ocorre ao contrário, apresentando uma queda na quantidade de precipitação na região Sul do Brasil (TEDESCHI e GRIMM, 2007).

Acredita-se que o fenômeno ENOS seja um dos responsáveis pelas flutuações globais do clima, dentre todos os fenômenos atmosféricos, dada à sua escala global de abrangência e sua extensa durabilidade temporal (BAÚ *et al.* 2013).

Borges e Thebaldi (2016) ajustaram distribuições de probabilidade (Gumbel para máximos, Fréchet, Gama, Log-Normal 2 parâmetros e Log-Normal 3 parâmetros) a uma série de precipitação máxima diária anual do município de Formiga, MG. Os autores utilizaram os testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado (ambos com 5% de probabilidade), de modo a verificar a aderência dos dados aos modelos citados. Como resultados, os autores constataram que o modelo que apresentou maior adesão à série de precipitação máxima diária anual estudada foi o de Gumbel para máximos.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar a influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos valores de precipitação máxima diária anual ajustados a diferentes distribuições teóricas de probabilidade.

### 2. METODOLOGIA

Os dados de precipitação são provenientes da Estação Pluviométrica Ponte Cordeiro de Farias, localizada no 7º Distrito da cidade de Pelotas, na latitude 31°34'26" S e longitude 52°27'47" W, a 40 m de altitude. Pela sua localidade, esta estação pluviométrica está inserida dentro dos limites da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP).

Para este estudo, foram constituídas três séries de precipitação máxima diária anual, a partir da série histórica de precipitação da Ponte Cordeiro de Farias com duração de 31 anos de 1965 a 1995 (ANA, 2018). Da primeira série constituída, denominada "completa", a fim de constituir a série denominada "sem El Niño",

foram retirados os anos com episódios de El Niño, da mesma maneira que a série denominada “sem La Niña” foi constituída. Os anos com episódios de fenômenos El Niño e La Niña foram utilizados de acordo com o trabalho de Tremberth (1997). Portanto, as informações utilizadas das séries encontram-se dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1-** Extensão das séries históricas estudadas.

Série	Extensão
Completa	31
Sem El Niño	10
Sem La Niña	18

Inicialmente foram aplicados testes de tendência não-paramétricos de aleatoriedade (Equação 1), independência (Equação 2), homogeneidade (Equação 3) e estacionariedade (Equação 4) às séries de precipitação máxima diária anual (completa, sem El Niño e sem La Niña).

$$T = \frac{Ni - E(Ni)}{\sqrt{\text{var}(Ni)}} \quad (1)$$

$$T = \frac{r - E(r)}{\sqrt{\text{var}(r)}} \quad (2)$$

$$T = \frac{V - E(V)}{\sqrt{\text{var}(V)}} \quad (3)$$

$$T = \frac{cs}{\sqrt{\text{var}(cs)}} \quad (4)$$

Onde:

Ni - Número de inflexões observadas na série histórica;

E(Ni) - Esperança de Ni;

var(Ni) - Variância de Ni;

E(r) - Esperança de r;

var(r) - Variância de r;

E(V) - Esperança de V;

var(V) - Variância de V;

var(cs) - Variância de cs.

Portanto, foram ajustadas as funções cumulativas e densidade de probabilidade no modelo Gumbel para máximos (Equação 5), Gama (Equação 6) e Lognormal 2 parâmetros (Equação 7). Os parâmetros de cada série foram estimados pelo Método dos Momentos (MOM).

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{\left[ -\frac{(x-\mu)}{\alpha} - e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}} \right]} \quad (5)$$

$$f(x) = \frac{1}{\beta^v \cdot \Gamma(v)} \cdot X^{v-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (6)$$

$$f(x) = \frac{1}{X\sigma_{\ln(x)}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}}\right]^2} \quad (7)$$

Onde:

$\alpha$  e  $\mu$  - Parâmetros da distribuição.

$x$  – variável;

$\beta$  e  $\nu$  – Parâmetros da distribuição;

$\Gamma(\nu)$  – Função Gama.

$\mu \ln(x)$  - Parâmetro relacionado ao 1º momento amostral, estimado pela média dos dados logaritmizados;

$\sigma \ln(x)$  - Parâmetro relacionado ao 2º momento amostral, estimado pelo desvio padrão dos dados logaritmizados.

A aderência das probabilidades estimadas para as frequências observadas foi verificada pelo teste Kolmogorov-Smirnov em um nível de significância de 5%. Foram considerados adequados os valores calculados inferiores aos valores tabelados com um nível de significância de 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes de tendência não-paramétricos de aleatoriedade, estacionariedade, independência e homogeneidade às séries de precipitação máxima diária anual (completa, sem El Niño e sem La Niña).

**Tabela 2** – Resultados da aplicação dos testes de aleatoriedade, estacionariedade, independência e homogeneidade às séries históricas estudadas.

Testes estatísticos	Série		
	Completa	Sem El Niño	Sem La Niña
Aleatoriedade	Sim	Sim	Sim
Independência	Sim	Sim	Sim
Homogeneidade	Sim	Sim	Sim
Estacionariedade	Não	Sim	Sim

Sendo assim, ao observar os resultados da Tabela 2 referentes à estacionariedade, percebe-se que somente a série “Completa” obteve resultados não-estacionários, ou seja, que os valores estatísticos da série histórica modificam-se ao longo do tempo. Pode-se aplicar distribuições de probabilidade somente às séries que obtêm independência e estacionariedade, por este motivo, não foi ajustada nenhuma distribuição de probabilidade à série “Completa”.

A abordagem para séries não estacionárias é diferente do convencional utilizado em séries que tem estacionariedade, pois os parâmetros da distribuição e a própria distribuição podem mudar com o tempo.

Para a verificação da aderência dos ajustes dos parâmetros das distribuições de probabilidade, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS), aceitando-se a hipótese de que os dados provêm da população da distribuição ajustada, quando a probabilidade calculada for superior a probabilidade de  $\alpha = 5\%$ . Os valores obtidos pelo teste KS estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Valores obtidos dos parâmetros de ajuste e estatísticas dos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) na avaliação do ajuste do modelo de Gumbel, Gama e LogNormal 2P, às duas séries históricas de precipitação máxima diária anual constituídas “Sem El Niño” e sem “La Niña”.

Modelo	Série	KS
Gumbel	Sem El Niño	0,985
	Sem La Niña	0,544
Gama	Sem El Niño	0,999
	Sem La Niña	0,396
LogNormal 2P	Sem El Niño	0,992
	Sem La Niña	0,505

Após a aplicação do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov nas duas séries estudadas (Tabela 5), a totalidade dos resultados apontaram para a aceitação da hipótese de nulidade, ou seja, aceitando-se a hipótese de os valores da amostra podem ser provenientes de uma população com aquela distribuição teórica, fato que corrobora com os resultados de Borges e Thebaldi (2016), Thebaldi (2012).

#### 4. CONCLUSÕES

A ocorrência de El Niño e La Niña não influenciou fortemente os valores de precipitação de projeto. O teste de Kolmogorov-Smirnov adequou-se à todas as distribuições de probabilidade estudadas, com destaque para melhor ajuste da distribuição Gama (para a série “Sem El Niño”) e distribuição Gumbel (para a série “Sem La Niña”).

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. **Agência Nacional das Águas, Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb**, 2018. Disponível em: <<http://hidroweb,ana.gov,br/>>, Acesso em 03 ago 2018.
- BAÚ, A.L.; AZEVEDO, C.A.V.; BRESOLIN, A.A. (2013). Modelagem da precipitação pluvial diária intra-anual da Bacia Hidrográfica Paraná III associada aos eventos ENOS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 883-2013.
- BORGES, G.M.R.; THEBALDI, M.S. Estimativa da precipitação máxima diária anual e equação de chuvas intensas para o município de Formiga, MG, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, p. 892-902, 2016
- TEDESCHI, R.G.; GRIMM, A.M. Mecanismos da influência de episódios El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação na América do Sul. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p.1-9, 2007.
- THEBALDI, M.S. Análise estatística da precipitação máxima diária anual da cidade de Uberaba e vazão mínima diária anual do Rio Uberaba. **Revista Agrogeoambiental** p. 1-10, 2012.
- TRENBERTH, K.E. (1997). The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boulder, Colorado, p. 2771-2777, 1997.