

Precipitações máximas esperadas em Mariscal Estigarribia, Paraguai, via distribuição Gumbel

Carlos José dos Reis¹, Guido Gustavo Humada González¹, Jose Rodolfo Humada Sosa^{2*}, Augusto Ramalho de Moraes¹, Luiz Alberto Beijo³, Lucas Monteiro Chaves¹

¹Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras. Lavras. Brasil.

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo. Paraguai.

³Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Alfenas. Alfenas. Brasil.

*Autor para correspondência: josehumada@bol.com.br

Introdução

A ocorrência de eventos climáticos extremos caracteriza-se por sua baixa frequência relativa e elevado impacto. A primeira característica indica que a análise de valores extremos é difícil por parte de um pesquisador devido a limitada quantidade de dados disponíveis. Porém, a segunda característica indica que o conhecimento do comportamento desses eventos é importante, uma vez que a manifestação de eventos climáticos extremos em muitas situações pode ocasionar perdas de vidas humanas e animais, e causar prejuízos de ordem econômica em ambientes naturais, tecnológicos e sociais.

Uma importante teoria estatística que pode ser utilizada na análise de dados extremos é a Teoria de Valores Extremos (TVE). A TVE tornou-se um ramo ativo da estatística matemática, muito útil em áreas em que o conhecimento do comportamento de valores demasiadamente elevados (ou baixos) é exigido (Coles, 2001). Uma distribuição oriunda da TVE largamente utilizada na modelagem da frequência de variáveis hidrológicas, possuindo vasta aplicação em estudos de precipitações intensas e vazões de enchentes é a distribuição Gumbel de probabilidade.

Devido à necessidade do conhecimento de precipitações extremas para, por exemplo, a tomada de ações em atividades agropecuárias em Mariscal Estigarribia, o presente trabalho tem como objetivo: calcular as precipitações máximas esperadas para diferentes tempos de retorno no município de Mariscal Estigarribia – Paraguai, utilizando a distribuição Gumbel.

Material e métodos

Os dados de precipitação (mm) foram obtidos a partir dos registros históricos da Estação Meteorológica de Mariscal Estigarribia – Paraguai (latitude 22° 01', longitude 60° 36' e altitude 165m). As observações correspondem às medições do período de 1971 a 2012, totalizando 42 anos de observações. Cada série mensal foi obtida pela extração da observação máxima de precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro em cada ano do estudo. O tamanho das amostras mensais satisfazem as recomendações da *World Meteorological Organization*, que preconiza que o número mínimo de anos de dados climáticos para análise seja de 30 anos (Baddour et al., 2007).

A independência dos dados foi verificada aplicando-se o teste de Ljung-Box. Para o cálculo das estimativas dos parâmetros da distribuição Gumbel utilizou-se os estimadores de máxima verossimilhança. A aderência da distribuição Gumbel aos dados foi avaliada com base nos resultados dos testes de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Em todos os testes adotou-se o nível de significância de 5%. Conforme Naghettini e Pinto (2007), as precipitações máximas esperadas para diferentes tempos de retorno (T) podem ser obtidas pela distribuição Gumbel por sua função de quantis, que é dada por:

$$Z(T) = \hat{\mu} - \hat{\sigma} \ln \left[-\ln \left(\frac{1}{T} \right) \right], \quad (1)$$

em que a precipitação máxima esperada Z está em função do tempo de retorno T , sendo $\hat{\mu}$ e $\hat{\sigma}$ as estimativas dos parâmetros de posição e de escala respectivamente.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R Development Core Team (2015). O pacote evd, desenvolvido por Stephenson (2002), foi utilizado para o estudo da série de dados, por possuir funções específicas na análise de valores extremos.

Resultados e Discussão

Pode-se verificar (TABELA 1) que os dados de precipitação máxima de Mariscal Estigarribia em cada mês são independentes (valor- $p > 0,05$). Sartori et al. (2010) não obtiveram resultados semelhantes no município de Botucatu-SP. Ao analisar séries históricas da Fazenda Lageado da UNESP de Botucatu-SP (1988-2007), referentes à precipitação pluviométrica, os autores verificaram que essa variável climática apresentou forte dependência temporal.

Os resultados do teste de K-S indicam que a distribuição Gumbel ajusta-se às observações em todos os meses do estudo (valor- $p > 0,05$). Sansigolo (2008) verificou que a distribuição de Gumbel foi a que melhor se ajustou aos extremos de precipitação máxima diária e de temperaturas máximas absolutas em Piracicaba (Brasil). Pode-se verificar que essa distribuição também tem sido utilizada no estudo de outras variáveis climáticas (Camargo et al., 1993; Bautista et al., 2004; Sansigolo, 2008; Liska et al., 2013).

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros μ e σ e, resultados dos testes de independência das observações e aderência da distribuição Gumbel aos dados.

Mês	Estimativas		Independência	Aderência
	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	Ljung-Box	K-S
Janeiro	38,62	22,94	0,7993	0,5360
Fevereiro	43,12	20,51	0,0862	0,3034
Março	36,73	22,96	0,5657	0,7472
Dezembro	35,45	18,74	0,9884	0,6555

Na Tabela 2 são apresentadas as precipitações máximas esperadas em Mariscal Estigarribia para os tempos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos, obtidas pela função de quantis $Z(T)$ da distribuição Gumbel. Escolhendo o mês de fevereiro como exemplo, uma interpretação desses resultados pode ser feita do seguinte modo: em um tempo médio de 15 anos espera-se que ocorra uma precipitação máxima diária superior a 97,94mm nesse mês.

Tabela 2. Precipitações máximas mensais esperadas em Mariscal Estigarribia para os tempos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos.

Mês	Tempos de retorno					
	5	10	15	20	25	30
Janeiro	73,02	90,23	99,95	106,74	111,98	116,24
Fevereiro	73,87	89,26	97,94	104,02	108,71	112,52
Março	71,18	88,41	98,13	104,94	110,18	114,45
Dezembro	63,56	77,62	85,56	91,11	95,39	98,87

Pode-se observar também (TABELA 2) que a partir do tempo de retorno de 10 anos, que as maiores precipitações máximas são esperadas para o mês de janeiro.

Conclusão

A distribuição Gumbel mostrou-se adequada para modelar os dados de precipitação máxima de Mariscal Estigarribia. A partir do tempo de retorno de 10 anos, as maiores precipitações máximas são esperadas no mês janeiro nesse município.

Referências Bibliográficas

- Baddour, O; Kontongomde, H; Trewin, B. 2007. The role of climatological normals in a changing climate. Geneva: World Meteorological Organization. Acesso em: 30 ago. 2015. Disponível em: <<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/WCDMPNo61.pdf>>.
- Bautista, EAL; Zocchi, SS; Angelocci, LRA. 2004. Distribuição generalizada de valores extremos aplicada ao ajuste dos dados de velocidade máxima de vento em Piracicaba, São Paulo, Brasil. Revista Matemática e Estatística, Jaboticabal. 22. 95-111.
- Camargo, MBP; Júnior, MJP; Alfonsi, RR; Altino, AO; Brunini, O. 1993. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no estado de São Paulo. Bragantia, Campinas. 52(2): 161-168.
- Coles, S. 2001. An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. London: Springer. 228p.
- Liska, GR; Bortolini, J; Sáfadi, T; Beijo, LA. 2013. Estimativas de velocidade máxima de vento em Piracicaba-SP via séries temporais e Teoria de Valores Extremos. Rev. Bras. Biom., São Paulo. 31(2): 295-309.
- Naghetini, M; Pinto, EJ. 2007. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CRPM. 552p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2015. R: a language and environment for statistical computing. Acesso em: 17 de junho 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.
- Sansigolo, CA. 2008. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos. 23(3): 341-346.
- Sartori, AAC; Silva, AF; Ramos, CMC; Zimback, CRL. 2010. Variabilidade temporal e mapeamento dos dados climáticos de Botucatu-SP. Irriga, Botucatu. 15(2): 131-139.
- Stephenson, AG. 2002. evd: Extreme Value Distributions. R News, 2(2): 31-32, June 2002. Acesso em: 18 de junho 2015. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>>.