

OCORRÊNCIA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DEL REI, MG: ANÁLISE DA VAZÃO MÁXIMA DIÁRIA ANUAL

RUBENS JUNQUEIRA¹, JOSÉ DE OLIVEIRA MELO NETO², SÉRGIO NASCIMENTO MOREIRA³,
MATHEUS FONSECA DURÃES⁴, CARLOS ROGÉRIO DE MELLO⁵

¹ Graduando Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, (35)92144280, rubensjunqueira@live.com.

² Eng. Florestal, doutorando Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

³ Graduando Eng. Ambiental, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

⁴ Agrônomo, Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

⁵ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A análise da ocorrência de vazões máximas é importante para identificar prováveis áreas de inundação e dimensionar obras hidráulicas, permitindo identificar potenciais riscos e aplicar ações mitigadoras. Estudos probabilísticos de eventos hidrológicos extremos são fundamentais para o desenvolvimento de ações de planejamento e políticas de gestão dos recursos hídricos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de diferentes métodos de distribuição de probabilidades aplicados à série de dados de vazão máxima diária anual para o município de São João Del Rei, Minas Gerais, na bacia do Rio das Mortes e Rio das Mortes Pequeno. Foram ajustadas as distribuições Log Normal a dois parâmetros e Gumbel para máximos. A estas distribuições foram aplicados os testes de adequabilidade de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado para avaliar a qualidade dos ajustes. Ambas as distribuições apresentaram ajustes satisfatórios as séries de dados utilizadas em ambas as bacias estudadas. A distribuição de Gumbel para máximos forneceu os melhores resultados de acordo com os índices de adequabilidade aplicados, representando assim uma alternativa na determinação das vazões máximas para a região.

PALAVRAS-CHAVE: distribuições de probabilidades, testes de aderência, hidrologia aplicada.

OCCURRENCE OF EVENTS HYDROLOGICAL EXTREMES IN SÃO JOÃO DEL REI, MG: ANALYSIS OF MAXIMUM DAILY ANNUAL FLOW

ABSTRACT: The analysis of occurrence of peak flows is important to identify areas likely to flood and dimension hydraulic projects, allowing to identify potential risks and apply mitigating actions. Probabilistic studies of hydrological extreme events are crucial for the development of planning actions and policies for water resources management. In this context, the aim of this study was to analyze the performance of different methods of probability distribution applied to the data series of maximum daily annual flow for the city of São João Del Rei, Minas Gerais, in the basins Rio das Mortes and Rio das Mortes Pequeno. Were fitted distributions Log Normal with two parameters and Gumbel for maximum. Were applied tests for suitability of Kolmogorov-Smirnov and Chi-square to evaluate the quality of the adjustments. Both distributions show satisfactory adjustment of the data series used in both basins studied. The Gumbel distribution for maximum provided the best results according to the suitability indices applied, representing thus an alternative in determining of peak flows for the region.

KEYWORDS: Probability distribution, Adhesion tests, Applied hydrology.

INTRODUÇÃO: Dentre as características de grande interesse das vazões está o estudo da frequência da vazão máxima diária anual, que é normalmente representada por uma Função de Probabilidade que melhor se ajuste a valores extremos. A vazão máxima é uma variável hidrológica necessária a

diferentes projetos em Engenharia de Recursos Hídricos (SILVA & TUCCI, 1998). A qualidade do ajuste das funções de densidade de probabilidade aos dados observados pode ser verificada por meio de testes de aderência, onde os mais usuais são os testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado (ARAÚJO et al., 2010). Em estudo realizado pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres naturais - CEMADEN (2014), o município de São João Del Rei foi diagnosticado como de alto risco para ocorrência de eventos hidrológicos extremos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de diferentes métodos de distribuição de probabilidades aplicados à série de dados de vazão máxima diária anual para o município de São João Del Rei, Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: O município de São João Del Rei, situado no sul de Minas Gerais, é uma das cidades de maior destaque do estado. Segundo o IBGE (2014) sua população está estimada em aproximadamente 90 mil habitantes em uma área de 1.464,327 km². Durante o período chuvoso a cidade sofre com graves problemas como inundações, alagamentos e deslizamentos, tanto na zona urbana quanto na zona rural. O município tem partes de seu território nas bacias hidrográficas do Rio das Mortes e Rio das Mortes Pequeno. Na Tabela 1 estão apresentadas as principais características dos postos fluviométricos que representam tais bacias hidrográficas.

TABELA 1. Postos fluviométricos do município de São João Del Rei.

Código	Bacia	Área de drenagem (km ²)	Coordenadas		Série (Anos)
			Latitude	Longitude	
61107000	Rio das Mortes	2720	-21°7'20"	-44°14'0"	67
61122000	Rio das Mortes Pequeno	272	-21°11'44"	-44°19'43"	68

Foram utilizadas séries históricas de vazão obtidas do banco de dados HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA, 2014). As séries foram trabalhadas de maneira a obter as séries de vazão máxima diária anual de cada posto. Os dados das séries foram ordenados de forma decrescente, obtendo-se a frequência de excedência dos dados observados. Foram ajustadas as distribuições de probabilidade Log-Normal a dois parâmetros (Equação 1) e Gumbel para máximos (Equação 2).

$$P(x > x_i) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-0.5\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} \quad (1)$$

$$P(x > x_i) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-\mu)}} \quad (2)$$

em que, α e μ são parâmetros da distribuição.

A fim de testar a aderência das distribuições ajustadas aos dados observados, foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov (Equação 3) e Qui-Quadrado (Equação 4), ambos considerando um nível de significância de 5% de probabilidade.

$$|\Delta F|_{calculado_max} \leq |\Delta F|_{tabelado(n,\alpha)} \quad (3)$$

$$\chi^2_{calculado} = \sum_{i=1}^n \frac{(F_{obs_i} - F_{teorico_i})^2}{f_{teorico_i}} \quad (4)$$

em que, n corresponde ao número de classes, F_{obs_i} e $F_{teorico_i}$ correspondem as frequências observadas e teóricas na classe i , respectivamente.

Após a escolha da distribuição mais adequada foram calculadas as precipitações máximas diárias anuais correspondentes aos tempos de retorno de 2, 5, 10, 50 e 100 anos conforme a Equação 5.

$$TR = \frac{1}{P(x > x_i)} \quad (5)$$

em que, TR corresponde ao tempo de retorno em anos e $P(x > x_i)$ corresponde a probabilidade do evento desejado ser excedido pelo menos uma vez no tempo de retorno analisado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 estão apresentados os gráficos que relacionam os dados observados com as distribuições ajustadas para as estações fluviométricas das bacias hidrográficas analisadas neste estudo.

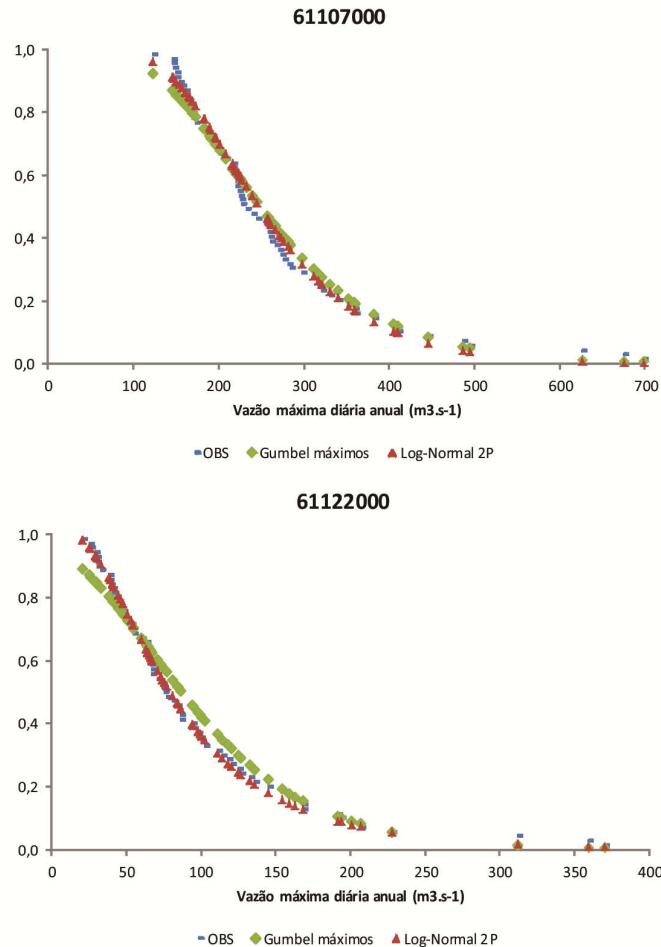


FIGURA 1. Ajustes das distribuições de probabilidade aos dados dos dois postos fluviométricos analisados para o município de São João Del Rei.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos testes de aderência aplicados às distribuições de probabilidade ajustadas.

TABELA 2. Resultado dos testes de aderência aplicados às distribuições de probabilidade ajustadas.

Distribuição	Estações	Testes de Aderência			
		$\Delta F_{\text{crítico}}$	$\Delta F_{\text{calculado}}$	$\lambda^2_{\text{crítico}}$	$\lambda^2_{\text{calculado}}$
Gumbel máximos	61107000	0,1620	0,1003 ^{NS}	7,8150	0,0141 ^{NS}
	61122000	0,2000	0,1019 ^{NS}	7,8150	0,0435 ^{NS}
Log-Normal 2P	61107000	0,1620	0,0787 ^{NS}	7,8150	0,0179 ^{NS}
	61122000	0,2000	0,0416 ^{NS}	7,8150	2,4399 ^{NS}

^{NS}: não significativo ($P > 0,05$); ^{*}: significativo ($P < 0,05$)

Ambas as distribuições demonstraram desempenho satisfatório nos dois testes aplicados para todas as estações estudadas não apresentando diferenças significativas entre os valores observados e estimados. No teste Kolmogorov-Smirnov a distribuição Log-Normal com dois parâmetros apresentou melhor

desempenho para todas as estações comparada a distribuição de Gumbel para máximos, enquanto que no teste do Qui-Quadrado a distribuição de Gumbel apresentou melhores resultados. A distribuição de Gumbel para máximos foi utilizada para o cálculo das vazões máximas diárias anuais com base nos tempos de retorno definidos anteriormente. Na Tabela 3 estão expressos os valores de vazão máxima diária anual em função do tempo de retorno para cada uma das estações fluviométricas analisadas neste estudo.

TABELA 3. Valores de vazão máxima diária anual para as estações fluviométrica do município de São João Del Rei.

Tempo de Retorno (Anos)	Vazão máxima diária anual ($m^3 \cdot s^{-1}$)	
	61107000	61122000
2	248,6	86,9
5	356,4	151,7
10	427,8	194,6
50	584,8	289,1
100	651,2	329,0

Os valores de vazão máxima diária anual apresentaram-se de grande magnitude mesmo quando associados a um tempo de retorno baixo (5 anos). Isto implica em maior potencialidade de provocar danos, tais como erosão marginal e inundações.

CONCLUSÕES: Ambas as distribuições estudadas apresentaram desempenho satisfatório na representação das séries de vazões máximas diárias anuais para a bacia do Rio das Mortes e Rio das Mortes Pequeno. Destaca-se o melhor desempenho da distribuição Log-Normal com dois parâmetros no teste Kolmogorov-Smirnov e similarmente a distribuição de Gumbel para máximos no teste do Qui-quadrado.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo fomento que viabilizou a apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas. **Dados fluviométricos para as estações representativas do município de São João Del Rei.** Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2014.
- ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO, E. M.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, M. G.; VIANA, P. C.; ALVES, A. S. Análise da aderência de distribuições de probabilidade aos dados de temperatura máxima e mínima do ar em Iguatu-CE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 104-109, 2010.
- CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres naturais. **Municípios monitorados.** Disponível em <<http://www.cemaden.gov.br/cemadenarquivos>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2014.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2014.
- SILVA, E. A.; TUCCI, C. E. M. Relação entre as vazões máximas diárias e instantâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 1, p. 133-151, 1998.