

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

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

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

² 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: Estudos probabilísticos de eventos hidrológicos extremos são fundamentais para o desenvolvimento de ações de planejamento e políticas de gestão dos recursos hídricos. A análise probabilística de eventos máximos de precipitação pluvial possibilita identificar potenciais riscos, principalmente associados ao uso e ocupação do solo, e aplicar ações mitigadoras nas áreas de ocorrência destes eventos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de diferentes métodos de distribuição de probabilidades aplicados à série de dados de precipitação máxima diária anual para o município de São João Del Rei, Minas Gerais. 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. 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 chuvas críticas 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 RAINFALL

ABSTRACT: Probabilistic studies of hydrological extreme events are crucial for the development of planning actions and policies for water resources management. The probabilistic analysis of maximum rainfall events helps identify potential risks, particularly associated with land use, and implement mitigating actions in the areas of occurrence of these events. 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 rainfall for São João Del Rei, Minas Gerais. Log-Normal two parameters and Gumbel were used to analyzed the rainfall behavior. Kolmogorov-Smirnov and Chi-square test were applied in order to evaluate the quality of the adjustments. Both distributions presented satisfactory results of the data series. The Gumbel distribution for maximum provided the best results according to the suitability indices applied, representing thus an alternative in determining the critical rainfall for the region.

KEYWORDS: Probability distribution, Adhesion tests, Applied hydrology.

INTRODUÇÃO: Uma variável de suma importância em estudos hidrológicos é a precipitação pluviométrica que na hidrologia corresponde a toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (TUCCI, 2007). Dentre as características de grande interesse das precipitações está o estudo da frequência da precipitação pluvial diária máxima, que é normalmente representada

por uma Função de Probabilidade que melhor se ajuste a valores extremos, sendo do tipo assintótico (MELLO & SILVA, 2005). 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 em 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 precipitação 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. Foram utilizadas séries históricas de três estações pluviométricas do banco de dados HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA, 2014) com influência na área do município de São João Del Rei (TABELA 1). As séries foram trabalhadas de maneira a obter as séries de precipitação máxima diária anual de cada posto.

TABELA 1. Estações pluviométricas com área de influência no município de São João Del Rei.

| Código | Altitude (metros) | Coordenadas | | Período da série |
|----------|-------------------|-------------|------------|-------------------------|
| | | Latitude | Longitude | |
| 02144020 | 842 | -21°3'20" | -44°12'32" | 01/01/1962 à 31/12/2012 |
| 02144024 | 870 | -21°11'22" | -44°19'44" | 01/01/1968 à 31/12/2012 |
| 02144032 | 991 | -21°8'0" | -44°16'0" | 01/01/1915 à 30/11/1998 |

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.

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

$$\chi^2_{calculado} = \sum_{i=1}^n \frac{(Fobs_i - Fteorico_i)^2}{fteorico_i} \quad (4)$$

em que, n corresponde ao número de classes, $Fobs_i$ e $Fteorico_i$ 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 pluviométricas analisadas neste estudo.

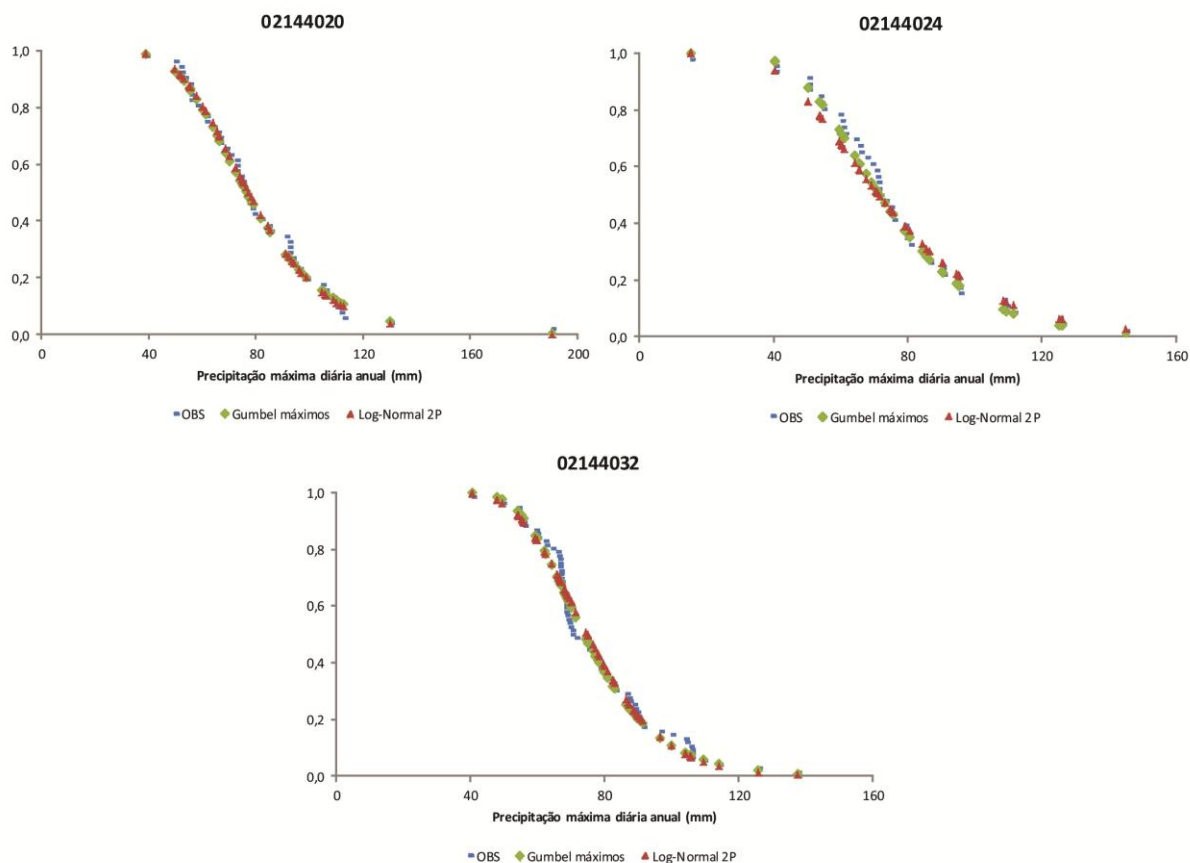


FIGURA 1. Ajustes das distribuições de probabilidade aos dados dos três postos pluviométricos analisados para o município de São João Del Rei.

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 | 02144020 | 0,1900 | 0,0643 ^{NS} | 7,8150 | 0,0189 ^{NS} |
| | 02144024 | 0,2000 | 0,0643 ^{NS} | 7,8150 | 0,0208 ^{NS} |
| | 02144032 | 0,1550 | 0,0954 ^{NS} | 7,8150 | 1,7826 ^{NS} |
| Log-Normal 2P | 02144020 | 0,1900 | 0,0614 ^{NS} | 7,8150 | 0,0417 ^{NS} |
| | 02144024 | 0,2000 | 0,0928 ^{NS} | 7,8150 | 8,1543 [*] |
| | 02144032 | 0,1550 | 0,1132 ^{NS} | 7,8150 | 0,0582 ^{NS} |

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

Observa-se que a distribuição de Gumbel para máximos apresentou desempenho satisfatório nos dois testes aplicados para todas as estações estudadas não apresentando diferenças significativas entre os valores observados e estimados. Já a distribuição Log-Normal com dois parâmetros apresentou desempenho satisfatório no teste Kolmogorov-Smirnov para todas as estações, enquanto que no teste do Qui-Quadrado a estação 02144024 não foi aprovada pelo referido teste. A distribuição de Gumbel

para máximos foi utilizada para o cálculo das precipitações máximas diárias anuais com base nos tempos de retorno definidos anteriormente. Na Tabela 3 estão expressos os valores de precipitação máxima diária anual em função do tempo de retorno para cada uma das estações pluviométricas analisadas neste estudo.

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

| Tempo de Retorno (Anos) | Precipitação máxima diária anual (mm) | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------|----------|
| | 02144020 | 02144024 | 02144032 |
| 2 | 76,5 | 71,6 | 73,9 |
| 5 | 99,1 | 93,2 | 90,3 |
| 10 | 114,0 | 107,4 | 101,1 |
| 50 | 146,9 | 138,8 | 124,8 |
| 100 | 160,8 | 152,1 | 134,9 |

Os valores de precipitação máxima diária anual apresentaram-se de grande magnitude mesmo quando associados a um tempo de retorno baixo (2 anos). Isto implica em maior potencialidade da chuva a provocar danos, tais como erosão, inundações e deslizamentos.

CONCLUSÕES: O teste de aderência Kolmogorov-Smirnov indicou adequabilidade das duas distribuições estudadas para todas as estações pluviométricas, enquanto que o teste do Qui-quadrado rejeitou ao nível de 5% de significância o ajuste da distribuição Log-Normal para a estação 02144024. Adicionalmente, as séries históricas foram melhor representadas pela distribuição de Gumbel para máximos.

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 pluviométricos 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.; 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.
- MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Métodos Estimadores dos Parâmetros da Distribuição de Gumbel e sua Influência em Estudos Hidrológicos de Projeto. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n, 4, p. 318-334, 2005.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, Ciências e Aplicação.** 4ª ed. Porto Alegre : UFRGS/ABRH, 2007. 943p.