

ANÁLISE LOCAL DA FREQUÊNCIA DE CHEIAS: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ

MARLON H. KUNST VALENTINI¹, MARIA EDUARDA SILVA DA SILVA², JOÃO PEDRO DE MORAIS DA SILVEIRA³, CARLOS ROGÉRIO DE MELLO⁴, TAMARA LEITZKE CALDEIRA BESKOW⁵, SAMUEL BESKOW⁶

¹ Eng. Ambiental e Sanitarista, Doutorando em Recursos Hídricos no PPG Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPel, Pelotas-RS, marlon.valentini@gmail.com.

² Graduanda em Engenharia Hídrica, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPel, Pelotas-RS.

³ Graduando em Ciência da Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPel, Pelotas-RS

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Assoc. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

⁵ Eng. Hídrica, Prof. Adj. Doutora, Centro de Engenharias, UFPel, Pelotas-RS

⁶ Eng. Agrícola, Prof. Assoc. Doutor, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPel, Pelotas-RS

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: As cheias estão entre os piores desastres naturais em todo o mundo, causando danos financeiros e perdas de vidas humanas. Sendo assim, estimativas apropriadas da magnitude e frequência desses eventos são de grande importância. Esse estudo tem por objetivo propor e avaliar uma estrutura metodológica para análise local de frequência de cheias, permitindo indicar quais são as funções densidade de probabilidade mais adequadas para representar a vazão máxima anual nos rios da bacia hidrográfica estudada. A estrutura metodológica desse trabalho seguiu as seguintes etapas: aquisição dos dados, constituição das séries de vazão máxima anual, triagem das séries, ajuste das funções densidade de probabilidade e análise da qualidade dos ajustes. Com base nos resultados desse estudo, conclui-se que as funções densidade de probabilidade multiparâmetros de fato performaram melhor, sendo que a função Wakeby foi a com maior aderência às séries de vazões máximas anuais para a região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: hidrologia estatística, vazões máximas anuais, funções densidade de probabilidade

AT-SITE FLOOD FREQUENCY: CASE STUDY OF THE IBICUÍ RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

ABSTRACT: Floods are among the worst natural disasters in the world, causing financial damage and loss of human lives. Therefore, proper estimates of the magnitude and frequency of these events are of great importance. This study aims to propose and evaluate a methodological framework for at-site flood frequency analysis, allowing to indicate the most appropriate probability density functions for representation of the maximum annual streamflow in the rivers of the studied watershed. The methodological framework followed the following steps: data acquisition, constitution of maximum annual streamflow series, screening of the series, fit and performance analysis of probability density functions. Based on

the results of this study, we concluded that the multi-parameter probability density functions outperformed the others, such that the Wakeby function provided the most accurate results for the series evaluated in the region of study.

KEYWORDS: statistical hydrology Maximum annual streamflows, probability density functions

INTRODUÇÃO: As cheias estão entre os piores desastres naturais em todo o mundo, causando danos financeiros e até perdas de vidas humanas (HEIDARPOUR et al., 2017). Esses eventos causam, em escala mundial, prejuízos estimados em mais de 100 bilhões de dólares ao ano (UNISDR, 2015). Sendo assim, estimativas apropriadas da magnitude e frequência desses eventos são de grande importância, pois podem auxiliar na mitigação dos impactos de desastres naturais e são fatores limitantes para projetos de obras hidráulicas e para a gestão de recursos hídricos (BESKOW et al., 2015; CASSALHO et al., 2017). Segundo HASSAN, HAYAT E NOREEN (2019) a análise local da frequência de cheias é considerada a técnica mais direta para estimativa da magnitude e frequência desses eventos, sendo que seu objetivo primário é relacionar a magnitude das cheias com a sua frequência através do uso de funções densidade de probabilidade (FDPs). BESKOW et al. (2015) salientam que FDPs mais simples como a Log-Normal de 2 e 3 parâmetros e a Gumbel são as mais utilizadas no Brasil para modelagem probabilística de variáveis hidrológicas extremas máximas, porém estudos recentes têm constatado que o uso de FDPs multiparâmetros pode resultar em estimativas mais acuradas (BESKOW et al., 2015; CASSALHO et al., 2017; RAHMAN et al., 2014). Sendo assim, esse estudo tem por objetivo propor e avaliar uma estrutura metodológica robusta para análise local de frequência de cheias, permitindo indicar quais são as funções densidade de probabilidade mais adequadas para representar a vazão máxima anual nos rios da bacia hidrográfica estudada.

MATERIAL E MÉTODOS: A estrutura metodológica desse trabalho seguiu as seguintes etapas: aquisição dos dados, constituição das séries de vazão máxima anual (VMA), triagem das séries de VMA, ajuste das FDPs e análise da qualidade dos ajustes. Os dados de vazão foram obtidos para todas as estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Ibicuí existentes no HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). As séries históricas de VMA foram constituídas considerando 31 dias como limiar de falhas. A etapa de triagem das séries foi realizada em duas etapas. Primeiramente foram selecionadas apenas as séries com pelo menos 30 anos de dados a partir do ano de 1980. Posteriormente, foi feita a triagem das séries com base nas premissas estatísticas de estacionariedade, homogeneidade, aleatoriedade e independência, tomando como base os testes não paramétricos de Mann-Kendall, Mann-Whitney, NERC e Wald-Wolfowitz, respectivamente (NAGHETTINI, 2017; MELLO; SILVA; BESKOW, 2020). Por fim, procedeu-se com o ajuste das FDPs às séries de VMA que passaram da etapa de triagem. Foram utilizadas FDPs de dois parâmetros (Gumbel), de três parâmetros (GEV, LN3 e PE3) e multiparâmetros (Kappa com 4 parâmetros e Wakeby com 5 parâmetros). Os equacionamentos de todas essas funções podem ser encontrados em MELLO, SILVA E BESKOW (2020), NAGHETTINI (2017) e CASSALHO *et al.* (2017). A análise da qualidade dos ajustes de cada FDP às séries de VMA foi feita com base no teste estatístico não paramétrico de Filliben (MELLO; SILVA; BESKOW, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A etapa de aquisição dos dados resultou em 28 arquivos de estações fluviométricas distribuídas pela bacia hidrográfica do rio Ibicuí. Destas 28 séries de VMA, 10 se enquadraram dentro dos requisitos pré-definidos na etapa de triagem e seguiram para as demais etapas. Os valores relativos à qualidade do ajuste de cada uma das FDPs utilizadas nesse estudo podem ser visualizados abaixo (Tabela 1).

TABELA 1. Resultados do coeficiente de correlação (r) do teste de Filliben com destaque em vermelho para a FDP com melhor ajuste para cada série

Séries de VMA	GUMBEL	GEV	LN3	PE3	KAPPA	WAKEBY
76085000	0,9581	0,9847	0,9899	0,9912	0,9868	0,99
76310000	0,9899	0,9917	0,9921	0,992	0,9905	0,9924
76440000	0,9817	0,9822	0,9829	0,9834	0,9827	0,9902
76460000	0,9975	0,9977	0,9973	0,9969	0,9978	0,9971
76500000	0,98	0,9866	0,9865	0,9863	0,9849	0,9869
76560000	0,9822	0,9852	0,9859	0,9861	0,9859	0,9881
76650000	0,9875	0,9936	0,9937	0,9937	0,9946	0,9925
76742000	0,9887	0,9894	0,9899	0,9905	0,9904	0,9902
76750000	NS	NS	NA	0,9802	0,9935	0,9941
76800000	0,9811	0,9916	0,9917	0,9916	0,9911	0,9928

NA = FDP não ajustada à série; NS = FDP com ajuste não satisfatório à série considerando o valor de $r_{critico}$ do teste de Filliben

Sendo assim, a função Wakeby teve o melhor valor de ajuste para 6 séries, seguida pela Kappa e PE3, ambas apresentando o melhor valor de ajuste para 2 séries (Tabela 1). A localização de cada uma das 10 estações fluviométricas que deram origem às respectivas séries pode ser visualizada abaixo (Figura 1).

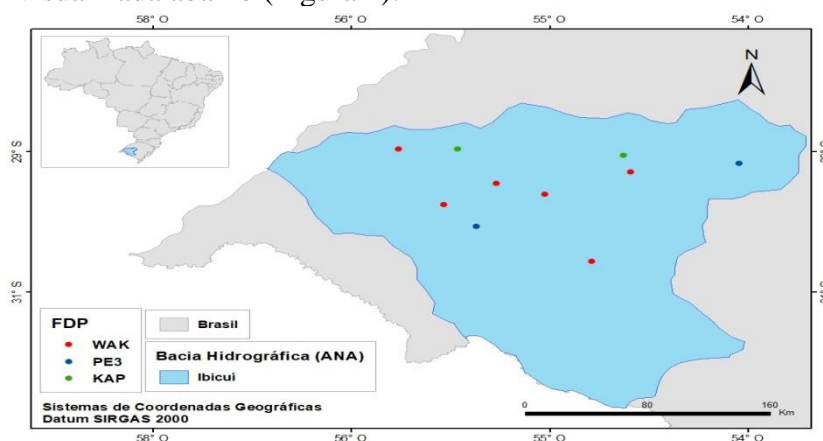


FIGURA 1. Distribuição geográfica das estações fluviométricas que originaram as séries com melhor ajustepelas FDPs PE3, KAP e WAK.

Os estudos de BESKOW et al. (2015) e CASSALHO et al. (2017) também compararam a performance de FDPs multiparâmetros com FDPs de 2 e 3 parâmetros, ambos chegando à conclusão de que as funções multiparâmetros resultam em maior acurácia. Ainda, RAHMAN et al. (2014), avaliando a aplicabilidade da função Wakeby na Austrália, encontraram resultados que demonstram que essa FDP pode ser indicada para modelagem probabilística de vazões máximas anuais no país.

CONCLUSÕES: Conclui-se, então, que foi possível, com base nos métodos utilizados, propor e avaliar uma estrutura metodológica robusta para análise local de frequência de cheias, permitindo indicar quais são as funções densidade de probabilidade mais adequadas para representar a vazão máxima anual nos rios da bacia hidrográfica estudada. Ainda, com base nos resultados encontrados nesse estudo, pode-se concluir que as FDS multiparâmetros Wakeby e Kappa de fato performam melhor do que as de 2 e 3 parâmetros tradicionalmente utilizadas no Brasil.

AGRADECIMENTOS: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, na forma de bolsas de pós-graduação para o primeiro autor. Também gostaríamos de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas ao terceiro, quarto e sexto autores.

REFERÊNCIAS:

- BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; GUEDES, A. S. Multiparameter probability for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.4, p.123-133, 2015.
- CASSALHO, F.; BESKOW, S.; de MELLO, C. R.; de MOURA, M. M; KERSTNER, L. ÁVILIA, L. F. At-site flood frequency analysis coupled with multiparameter probability distributions. **Water resources management**, v. 32, n. 1, p. 285-300, 2017.
- HASSAN, M. U.; HAYAT, O.; NOREEN, Z. Selecting the best probability distribution for at-site flood frequency analysis; a study of Torne River. **Sn Applied Sciences**, v. 1, n. 12, p. 1-10, 2019.
- HEIDARPOUR, B.; SAGHAFIAN, B.; YAZDI, J.; AZAMATHULLA, H. M. Effect of extraordinary large floods on at-site flood frequency. **Water Resources Management**, v. 31, n. 13, p. 4187-4205, 2017.
- MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; BESKOW, S. **Hidrologia de superfície: princípios e aplicações**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2020. 531p
- NAGHETTINI, M. **Fundamentals of statistical hydrology**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.
- RAHMAN, A.; ZAMAN, M. A.; HADDAD, K.; EL ADLOUNI, S.; ZHANG, C. Applicability of Wakeby distribution in flood frequency analysis: a case study for eastern Australia. **Hydrological processes**, v. 29, n. 4, p. 602-614, 2014.
- UNISDR. Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. 2015.