

ANÁLISE LOCAL DA FREQUÊNCIA DE CHEIAS NO BRASIL

MARLON HEITOR KUNST VALENTINI¹; FELÍCIO CASSALHO²; MARIA EDUARDA SILVA DA SILVA³; CARLOS ROGÉRIO DE MELLO⁴; TAMARA LEITZKE CALDEIRA BESKOW⁵; SAMUEL BESKOW⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – marlon.valentini@hotmail.com

²George Mason University - fcassalh@gmu.edu

³Universidade Federal de Pelotas – eduardasilvams6@gmail.com

⁴Universidade Federal de Lavras - crmello@ufla.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – tamaraleitzkecaldeira@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – samuel.beskow@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Na engenharia hidrológica e na gestão de recursos hídricos, entender o comportamento hidrológico de uma dada bacia hidrográfica, principalmente no que concerne às suas vazões máximas, é de grande importância, uma vez que estimativas apropriadas da magnitude e frequência de eventos hidrológicos extremos auxiliam na mitigação dos impactos de desastres naturais, tais como as cheias e inundações. No que concerne as cheias, estes eventos extremos estão entre os eventos hidrológicos que mais causam prejuízos ambientais, econômicos e sociais em todo o mundo, estando o Brasil em segundo lugar entre as nações emergentes quanto ao potencial de perdas associadas a inundações (UNISDR, 2015). Ainda, o conhecimento das vazões máximas é um requisito fundamental para projetos de estruturas hidráulicas como pontes, represas, sistemas de drenagem, dentre outros (BESKOW et al., 2015).

Existem diversos métodos para estimação da ocorrência de vazões extremas, sendo que, segundo Zhang, Stadnyk e Burn (2019), a análise local da frequência de cheias é considerada a técnica mais direta para estimar a magnitude e frequência de cheias. Muitas Funções Densidade de Probabilidade (FDPs) podem ser utilizadas para determinação da frequência de eventos hidrológicos, porém nenhuma dessas funções é aceita como uma função universal para descrever a ocorrência de cheias em qualquer ponto monitorado, sendo que a seleção da função apropriada geralmente depende das características da amostra (HASSAN; HAYAT; NOREEN, 2019).

No Brasil, podem-se encontrar diversos estudos que usam FDPs mais simples como a Log-Normal de 2 e 3 parâmetros e a Gumbel para a modelagem probabilística de variáveis hidrológicas de extremo máximo. Entretanto, outros estudos têm avaliado os resultados obtidos por FDPs mais robustas, tais como a Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Logistic (GLO), Generalized Normal (GNO) e Pearson tipo III (PE3). Ainda, estudos recentes em diversas localidades em todo o mundo têm demonstrando que as FDPs multiparâmetros geram melhores resultados em comparação com as FDPs tradicionalmente utilizadas no Brasil. Ademais, salienta-se que, segundo Rahman et al. (2014), poucos estudos têm focado em FDPs com mais de três parâmetros devido à complexidade dessas funções. No estado do Rio Grande do Sul, Brasil, os estudos realizados por Beskow et al. (2015) e Cassalho et al. (2019) avaliaram, dentre outras, o desempenho de FDPs multiparâmetros, tais como a Kappa de 4 parâmetros e a Wakeby de 5 parâmetros, para a modelagem probabilística de

chuvas máximas diárias e vazões máximas anuais, respectivamente, demonstrando que essas FDPs multiparâmetros geram melhores estimativas.

Sendo assim, o objetivo desse estudo é propor e avaliar uma estrutura metodológica robusta para análise local de frequência de cheias passível de ser aplicada em um país continental como o Brasil, permitindo indicar quais são as funções densidade de probabilidade mais adequadas para representar a vazão máxima anual nos rios brasileiros, bem como avaliar o desempenho de FDPs multiparâmetros em relação àquelas tradicionalmente utilizadas no Brasil.

2. METODOLOGIA

A área desse estudo compreende todo o território brasileiro, dividido em 8 grandes bacias hidrográficas, sendo elas: do rio Amazonas, dos Rios Tocantins/Araguaia, do Atlântico Norte/Nordeste, do rio São Francisco, do Atlântico Leste, dos rios Paraná/Paraguai, do rio Uruguai e do Atlântico Sudeste. Os dados de vazão foram obtidos para todas as estações fluviométricas existentes no HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Após a aquisição dos dados, prosseguiu-se com a constituição das séries históricas de vazão máxima anual (VMA), considerando 31 dias por ano como limiar de falhas.

Posteriormente à aquisição dos dados e constituição das séries de VMA, realizou-se uma triagem destas séries com base em critérios temporais e estatísticos. Na etapa de triagem temporal selecionou-se apenas as séries com pelo menos 30 anos de dados a partir do ano de 1980 e que apresentassem, simultaneamente, as premissas estatísticas de estacionariedade, independência, homogeneidade e a aleatoriedade. Para a avaliação das premissas estatísticas foram aplicados os testes de Mann-Kendall, Wald e Wolfowitz, Mann-Whitney e NERC, todos a um nível de 5% de significância.

De posse das séries que passaram da etapa de triagem, procedeu-se com o ajuste das seguintes FDPs: Normal, Gama, Gumbel, Generalized Extreme Value (GEV), Generalized Logistic (GLO), Generalized Normal (GNO), Generalized Pareto (GPA), Log-Normal de 3 parâmetros (LN3), Pearson tipo 3 (PE3), Kappa (KAP) e Wakeby (WAK). A estimação dos parâmetros de cada FDP foi feita através do método dos Momentos-L.

Por fim, a escolha e definição de qual FDP melhor se ajusta a uma determinada série de VMA foi feita com base no teste não paramétrico de Filliben que, segundo Beskow et al. (2015), leva em consideração o coeficiente de correlação (r) entre os dados observados e os quantis teóricos. Logo, o coeficiente r -calculado é comparado com um valor de r -crítico, sendo que o r -calculado deve ser maior que o r -crítico para que se considere o ajuste satisfatório do ponto de vista estatístico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa de aquisição dos dados resultou em 3.826 arquivos de estações fluviométricas distribuídas por todo o território brasileiro, dos quais foram constituídas as respectivas séries históricas de VMA. De posse destas séries, foi realizada a etapa de triagem, resultando em 710 séries que se enquadraram dentro dos critérios temporais definidos e em todas as hipóteses estatísticas simultaneamente.

Quanto ao ajuste das FDPs, os resultados da avaliação da qualidade do ajuste, com base no teste de Filliben, de cada FDP às séries de VMA em todo o território brasileiro podem ser visualizados na Tabela 1. Ainda, salienta-se que das 710 séries que passaram na etapa de triagem, 3 não tiveram ajuste satisfatório para nenhuma das 11 FDPs utilizadas nesse estudo.

Tabela 1: Avaliação da qualidade do ajuste das FDPs com base no teste de Filliben.

FDP	Número de séries MA	Número de séries NA	Número de séries NS
Normal	0	0	338
Gamma	8	0	126
Gumbel	5	0	126
GEV	31	0	49
GLO	59	0	17
GNO	4	0	45
GPA	14	0	29
LN3	28	65	43
PE3	64	0	19
KAP	149	141	1
WAK	345	0	14

Conforme pode ser observado na Tabela 1, a função WAK foi a que resultou em um maior número de séries com melhor ajuste (49%), tendo séries com altos valores de ajuste distribuídas por todo o território brasileiro, conforme pode ser observado na Figura 1. Sendo assim, fica evidente que a função WAK pode ser amplamente utilizada para a análise local da frequência de cheias no Brasil.

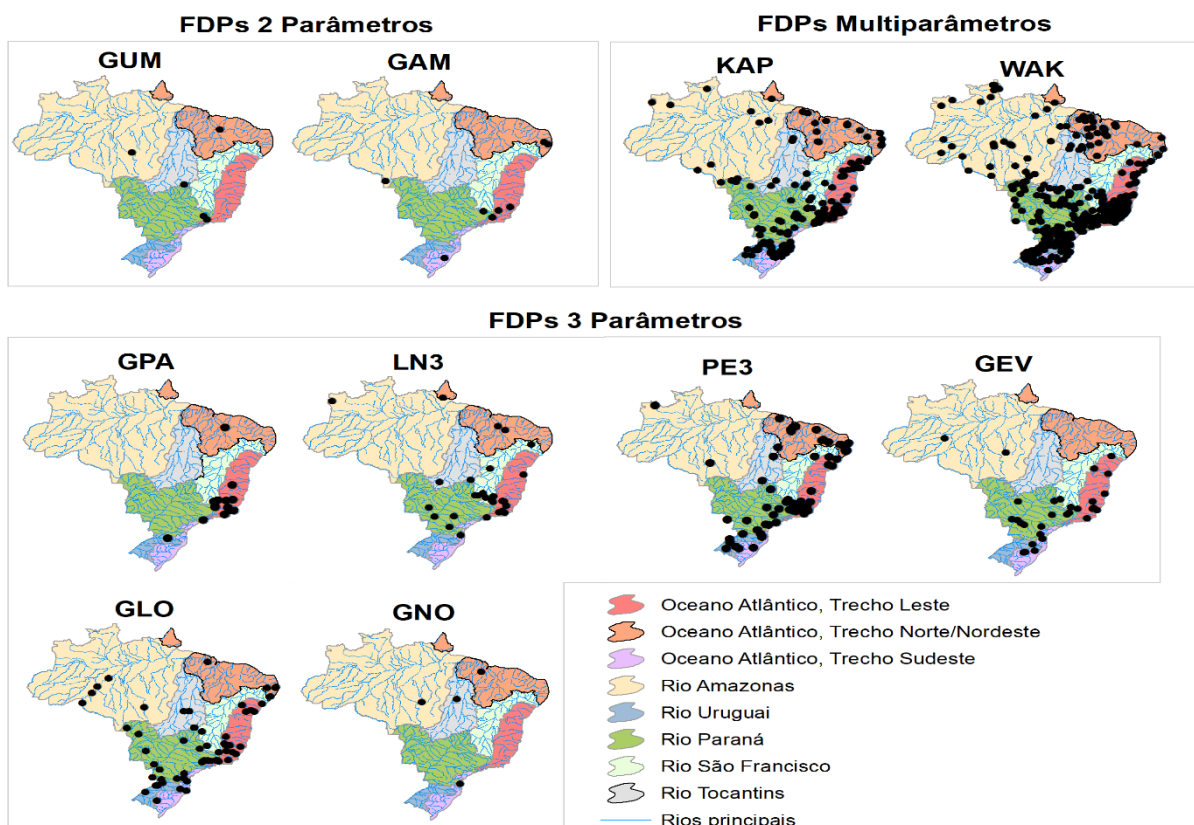


Figura 1: Distribuição geográfica das séries de VMA demonstrando as FDPs com melhor ajuste.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados conclui-se que: i) foi possível propor e avaliar uma estrutura metodológica robusta para análise local de frequência de cheias passível de ser aplicada a nível de um país continental como o Brasil; ii) as FDPs multiparâmetros de fato tiveram desempenho superior do que as aquelas de 2 e 3 parâmetros, as quais têm sido tradicionalmente utilizadas no Brasil; iii) a Wakeby de 5 parâmetros foi a função que teve melhor aderência ao maior número de séries de VMA, portanto, essa função é a mais indicada para modelagem probabilística de séries de vazões máximas anuais no Brasil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.; de OLIVEIRA, L. F. Artificial intelligence for identifying hydrologically homogeneous regions: A state-of-the-art regional flood frequency analysis. **Hydrological Processes**, v. 33, n. 7, p. 1101-1116, 2019.
- 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.
- 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.
- ZHANG, Z.; STADNYK, T. A.; BURN, D. H. Identification of a preferred statistical distribution for at-site flood frequency analysis in Canada. **Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques**, v. 45, n. 1, p. 43-58, 2019.