

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL COM BASE EM DESAGREGAÇÃO DE DADOS DIÁRIOS

Maria Paula Feitosa Tormam¹; Tamara Leitzke Caldeira² & Aryane Araújo Rodrigues³ & Marcelle Martins Vargas⁴ & Samuel Beskow⁵ & Tirzah Moreira Siqueira⁶ & Zandra Almeida da Cunha⁷ & Maíra Martim de Moura⁸ & Lessandro Coll Faria⁹

RESUMO– Este estudo objetivou ajustar, para 364 localidades do Rio Grande do Sul, os parâmetros da equação intensidade-duração-frequência (IDF) a partir de séries de chuva máxima diária anual. As funções densidade de probabilidade (FDPs) Gumbel, Log-Normal a 2 parâmetros (LN-2P), Generalizada de Valores Extremos (GEV) e Kappa foram ajustadas às séries. Pela melhor FDP para cada série, definida pelo teste de aderência de Anderson-Darling, obteve-se um conjunto de valores de chuva máxima diária anual associada a diferentes tempos de retorno, os quais foram desagregados em intervalos de tempo menores pelo método da relação das durações. Em seguida, a equação foi ajustada e avaliada pelo coeficiente de Nash-Sutcliffe. Os resultados obtidos permitiram constatar que: i) as FDPs multiparâmetros – GEV e Kappa – tiveram desempenho substancialmente superior; ii) as equações IDF tiveram ajuste classificado “bom”; iii) os parâmetros a e b apresentaram variabilidade espacial, sendo que a guarda relação direta com a posição geográfica e com o regime de chuvas do local; iv) as séries melhor ajustadas segundo as FDPs Kappa e Gumbel resultaram nos mesmos valores para os parâmetros c e d , enquanto outro conjunto de valores constantes para c e d foi observado quando GEV e LN-2P foram as melhores FDPs.

ABSTRACT– This study aimed to adjust the parameters of the intensity-duration-frequency (IDF) equation for 364 sites in the Rio Grande do Sul State from annual maximum daily rainfall series. The probability density functions (PDFs) Gumbel, 2-parameter Log-Normal (LN-2P), Generalized Extreme Value (GEV) and Kappa were adjusted to the series, which were appraised by means of the Anderson-Darling goodness-of-fit test. Therefore, the best set of annual maximum daily rainfall values associated with different return periods was chosen for each series. These values were then disaggregated in shorter time intervals according to the duration relation method. Afterward, the IDF equations were adjusted and then assessed in accordance with the Nash-Sutcliffe coefficient. The results made it possible to conclude that: i) the multiparameters PDFs (GEV and Kappa) had a better performance; ii) the IDF equations presented performance classified as “good”; iii) the parameters a and b had spatial variability such that a presented a direct relation with the geographical position and with the rainfall pattern; iv) the series better adjusted by Kappa and Gumbel resulted in the same values for parameters c and d , whereas, another set of constant values for c and d was observed when GEV and LN-2P were the best PDFs.

1) Discente, Engenharia Civil, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Rua Benjamin Constant 989, Pelotas – RS, 53 3284-1700, mariaptormam@gmail.com;

2) Docente, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Rua Benjamin Constant 989, Pelotas – RS, 53 3284-1700, tamaraleitzkecaldeira@gmail.com; tirzahmelo@hotmail.com;

3) Discente, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Rua Benjamin Constant 989, Pelotas – RS, 53 3284-1700, aryane_03.2@hotmail.com;

4) Discente, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Rua Gomes Carneiro 01, Pelotas – RS, 53 3284-4000, marcellevarg@gmail.com; zandracunha@gmail.com; martimdemoura@gmail.com;

5) Docente, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Rua Gomes Carneiro 01, Pelotas – RS, 53 3284-4000, samuelbeskow@gmail.com; lessandrofaria@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Estudos acerca de chuvas intensas são extremamente importantes no âmbito da gestão de recursos hídricos, conforme destacam Caldeira *et al.* (2015), visto que servem como ferramenta para a compreensão do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, especialmente quanto ao controle de cheias e inundações, e para a determinação de vazões de projeto de obras hidráulicas. Tendo em vista tais aplicações, é necessário conhecer não somente a magnitude de um evento de chuva intensa, mas relacioná-la com a frequência de sua ocorrência – ou tempo de retorno – e a sua duração (BACK *et al.*, 2011), mediante curvas ou equações de intensidade-duração-frequência (IDF).

As curvas e as equações IDF podem ser obtidas, para um dado local, a partir de dados de chuva monitorados por pluviógrafos ou pluviômetros, sendo os primeiros mais indicados por permitirem a determinação de intensidades associadas a diferentes durações (MELLO e SILVA, 2013). Porém, no Brasil e em outros países em desenvolvimento, frente à escassez de dados pluviográficos de domínio público (BESKOW *et al.*, 2015) a técnica mais empregada faz uso de dados pluviométricos mediante desagregação de chuvas diárias, transformando a chuva com duração de um dia – obtida a partir de pluviômetros totalizadores – em chuvas de menor duração (MARTINOTTO *et al.*, 2016). Exemplos podem ser encontrados nos estudos de Oliveira *et al.* (2011) para o estado de Mato Grosso, Souza *et al.* (2012), para o estado do Pará, Aragão *et al.* (2013), para Sergipe, Campus *et al.* (2014), contemplando o Piauí, e Campos *et al.* (2015), para o estado do Maranhão, além de outros de caráter regional ou local.

Representadas por modelos matemáticos, as equações IDF têm parâmetros que são ajustados e, portanto, válidos para o local onde os dados são monitorados. Nesse contexto, e considerando a evidente existência de variabilidade espacial da chuva, uma boa densidade dessas equações é desejável para subsidiar projetos de engenharia e a gestão dos recursos hídricos, propriamente dita. Ocorre que a literatura nacional supre em partes a necessidade dos projetistas e gestores. Os estudos acima mencionados, desenvolvidos para vários estados brasileiros, buscaram justamente preencher tal lacuna.

Diante do exposto, e dada à relevância do tema, o presente estudo teve como objetivo o ajuste de equações IDF para 364 localidades do estado do Rio Grande do Sul, tendo em vista o emprego de dados pluviométricos, da modelagem probabilística multiparâmetro e da técnica de desagregação de chuva diária, e a avaliação da variabilidade espacial dos parâmetros locais dessas equações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região sul do Brasil, entre as latitudes 27° e 34° Sul e longitudes 49° e 58° Oeste, fazendo fronteira com o estado de Santa Catarina (nordeste), com a Argentina (noroeste), com o Uruguai (sudoeste) e com o oceano Atlântico (sudeste). Possui cerca de 282 mil km² de área que subdivide-se em 497 municípios, com uma população estimada em pouco mais de 11 milhões de habitantes (IBGE, 2019).

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima no Rio Grande do Sul é do tipo Cfa e Cfb: úmido em todas as estações do ano, com verão quente e moderadamente quente. O Cfa predomina na maior parte do Estado e o Cfb encontra-se nas partes mais elevadas da Serra do Nordeste, Planalto e Serra do Sudeste (KUINCHTNER e BURIOL, 2016). Segundo Mello *et al.* (2013), a chuva é bem distribuída ao longo dos meses, não havendo sazonalidades evidentes.

2.2 Dados pluviométricos

Os dados empregados neste estudo foram obtidos junto ao HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA). A requisição das séries históricas diárias de chuva ocorreu no ano de 2017, quando haviam 364 postos cadastrados com mais de 10 anos civis de dados sem falhas. Tal critério segue a recomendação de Vezza *et al.* (2010) e vem sendo comumente empregado em estudos hidrológicos no Brasil, haja vista a disponibilidade espaço-temporal de dados (BESKOW *et al.*, 2015; CALDEIRA *et al.*, 2015; CASSALHO *et al.*, 2019).

Na Figura 1 é possível verificar a localização dos 364 postos pluviométricos empregados, os quais encontram-se espacialmente bem distribuídos e apresentam-se em maior densidade na região nordeste do estado. Ainda na Figura 1, é possível visualizar os postos pluviométricos classificados quanto à extensão da série histórica, sendo notória a predominância de séries de curta extensão, com pouco mais da metade dos postos estando classificados entre 10 e 30 anos.

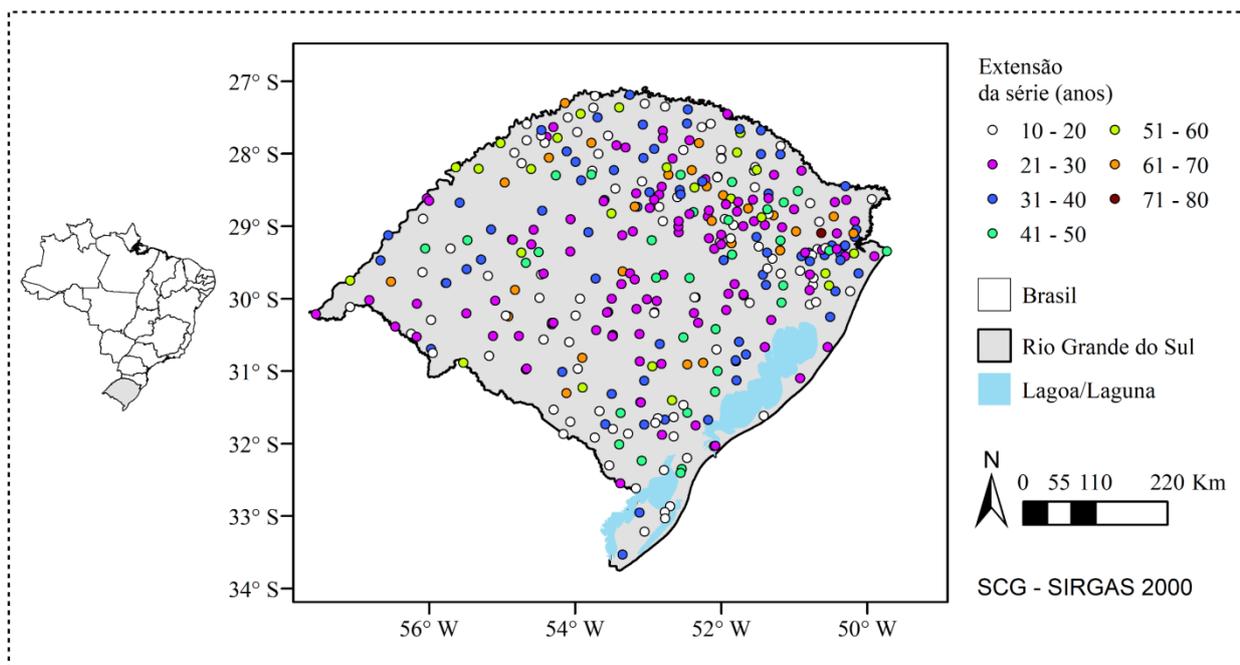


Figura 1 – Localização dos postos pluviométricos considerados neste estudo e classificação dos mesmos com base na extensão (em anos) da série histórica.

2.2 Modelagem probabilística

Após a requisição das séries históricas diárias de chuva, empregou-se o software SYHDA – System of Hydrological Data Acquisition and Analysis (VARGAS *et al.*, 2019) para constituição das séries de chuva máxima diária anual e modelagem probabilística.

Existem inúmeras Funções Densidade de Probabilidades (FDPs) aplicadas a variáveis aleatórias contínuas extremas, como a chuva máxima diária anual. No Brasil, as FDPs mais comumente empregadas são a Log-Normal a 2 (LN-2P), a Log-Normal a 3 parâmetros (LN-3P) e a Assintótica de Valores Extremos do Tipo I, também conhecida como Gumbel (ARAGÃO *et al.*, 2013; CALDEIRA *et al.*, 2015). No entanto, vários estudos têm buscado avaliar FDPs multiparâmetros mais complexas, tais como a Generalizada de Valores Extremos (GEV), a Kappa e a Wakeby (BLAIN e MESCHIATTI, 2014; BESKOW *et al.* 2015).

Beskow *et al.* (2015) realizaram um estudo para avaliar o ajuste de distribuições de probabilidade simples (Gumbel e LN-2P) e multiparâmetros (GEV e Kappa) sobre 342 séries de chuva máxima diária anual no estado do Rio Grande do Sul, tendo constatado desempenho substancialmente superior daquelas multiparâmetros. Tendo em vista que a amostra de uma variável aleatória contínua pode ser representada por mais de uma FDP, e considerando as discussões apresentadas por Beskow *et al.* (2015), o presente estudo buscou avaliar, para cada uma das 364 séries consideradas, as distribuições Gumbel, LN-2P, GEV e Kappa.

Os parâmetros das distribuições de probabilidades foram estimados pelo método dos momentos-L, o qual tende a produzir melhores estimativas para amostras pequenas que são frequentemente empregadas em estudos hidrológicos (GANORA e LAIO, 2015; NAGHETTINI, 2017).

Para a verificação do ajuste das distribuições de probabilidades, foi empregado o teste de aderência de Anderson-Darling (AD) (D'AGOSTINO e STEPHENS, 1986). Esse teste permite comparar o ajuste de diferentes distribuições de probabilidades a um conjunto de dados, além de dar mais importância às caudas das distribuições, sendo esse o motivo de ser o mais indicado para séries assintóticas (BESKOW *et al.*, 2015). O nível de significância adotado foi de 5%.

Após a modelagem probabilística, tendo em vista a FDP que melhor se ajustou a cada posto pluviométrico, indicada pelo teste de AD, estimou-se um conjunto de precipitações máximas diárias anuais associadas a diferentes Tempos de Retorno (TR's).

2.3 Desagregação de chuvas

O Método da Relação das Durações (MRD) foi empregado para desagregação das chuvas diárias, ou seja, para obtenção das lâminas de chuva para durações inferiores a 1 dia. Para esse método, consideraram-se as constantes de desagregação da CETESB (1979), as quais relacionam a chuva de 1 dia com as durações de 24, 12, 10, 8, 6 e 1 horas e 30, 25, 20, 15, 10 e 5 minutos. Essas constantes foram escolhidas em decorrência do estudo de Caldeira *et al.* (2015), os quais avaliaram a aplicabilidade de diferentes constantes de desagregação aplicadas ao MRD para o estado do Rio Grande do Sul.

2.3 Ajuste das equações IDF

Para cada posto pluviométrico foi constituído um conjunto de dados relacionando a intensidade, a duração e o TR das precipitações. Tal conjunto foi empregado para o ajuste de um modelo matemático (Equação 1) que relaciona as 3 grandezas características da precipitação, sendo (TUCCI, 2009):

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t+c)^d} \quad (1)$$

em que i é a intensidade de precipitação, TR é o tempo de retorno, t é a duração e a , b , c e d são os parâmetros determinados para cada local.

O ajuste do modelo foi conduzido no software R Core Team (2017) através da programação de uma rotina de ajuste de modelos não-lineares. O desempenho dos parâmetros locais ajustados foi avaliado pelo coeficiente de Nash e Stoulliffe (C_{NS}) (NASH e SUTCLIFFE, 1970). Os valores de C_{NS} podem variar de $-\infty$ a 1 e, de acordo com Motovilov *et al.* (1999), representam um bom ajuste entre os dados observados e estimados quando são maiores que 0,75 e um ajuste satisfatório quando estão entre 0,36 e 0,75.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o teste de aderência AD ao nível de significância de 5% indicaram que, para a grande maioria das séries históricas de chuva máxima diária anual analisadas, o melhor ajuste ocorreu pelas FDPs Kappa (49,2%) e GEV (45,3%); as FDPs de Gumbel e LN-2P foram melhores para apenas 3,9% e 1,6% das séries, respectivamente. Esse fato corrobora com os estudos de Blain e Meschiatti (2014), Beskow *et al.* (2015) e Ye *et al.* (2018) no que concerne ao melhor ajuste das FDPs multiparâmetros frente àquelas comumente empregadas em estudos hidrológicos, como o de Gumbel e o LN-2P. Além disso, esse resultado evidencia a relevância de avaliar diferentes FDPs, como ressaltado por Caldeira *et al.* (2015), e do emprego de um teste de aderência robusto, como o de AD, para escolha do melhor ajuste. Ademais, Beskow *et al.* (2015) destacam que o uso de distribuições de probabilidade inadequadas pode acarretar em estimativas de quantis não confiáveis e, por consequência, em equações IDF inapropriadas.

No que concerne ao ajuste do modelo matemático que relaciona a intensidade, a duração e a frequência da chuva – a equação IDF – foram obtidos valores de C_{NS} que se enquadram, para todas as localidades, em “bom” ($C_{NS} > 0,75$) conforme a classificação proposta Motovilov *et al.* (1999). O bom desempenho do modelo matemático ajustado, quando comparadas às intensidades de precipitação estimadas através dele e as obtidas por modelagem probabilística da série histórica, indica que o mesmo pode ser empregado para determinação da relação IDF de chuvas intensas nas localidades contempladas neste estudo (Figura 1). Outros estudos que empregaram o mesmo modelo matemático também obtiveram bons ajustes (SOUZA *et al.*, 2012; ARAGÃO *et al.*, 2013; CAMPUS *et al.*, 2014; CAMPOS *et al.*, 2015).

Na Tabela 1 podem ser visualizadas as estatísticas descritivas dos parâmetros a e b da equação IDF, ajustados para 364 localidades do estado do Rio Grande do Sul. Para os valores desses parâmetros locais, a e b , foi verificada grande amplitude e coeficientes de variação na ordem de 20% e 41%, respectivamente, indicando variabilidade sobre a área de estudo, a qual pode ser observada nas Figuras 2a e 2b.

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos parâmetros a e b das equações IDF ajustadas para 364 localidades do estado do Rio

Grande do Sul

Parâmetro	Valor mínimo	Valor máximo	Média aritmética	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)
a	565,300	1700,000	1014,271	202,933	20,008
b	0,030	0,329	0,137	0,056	41,098

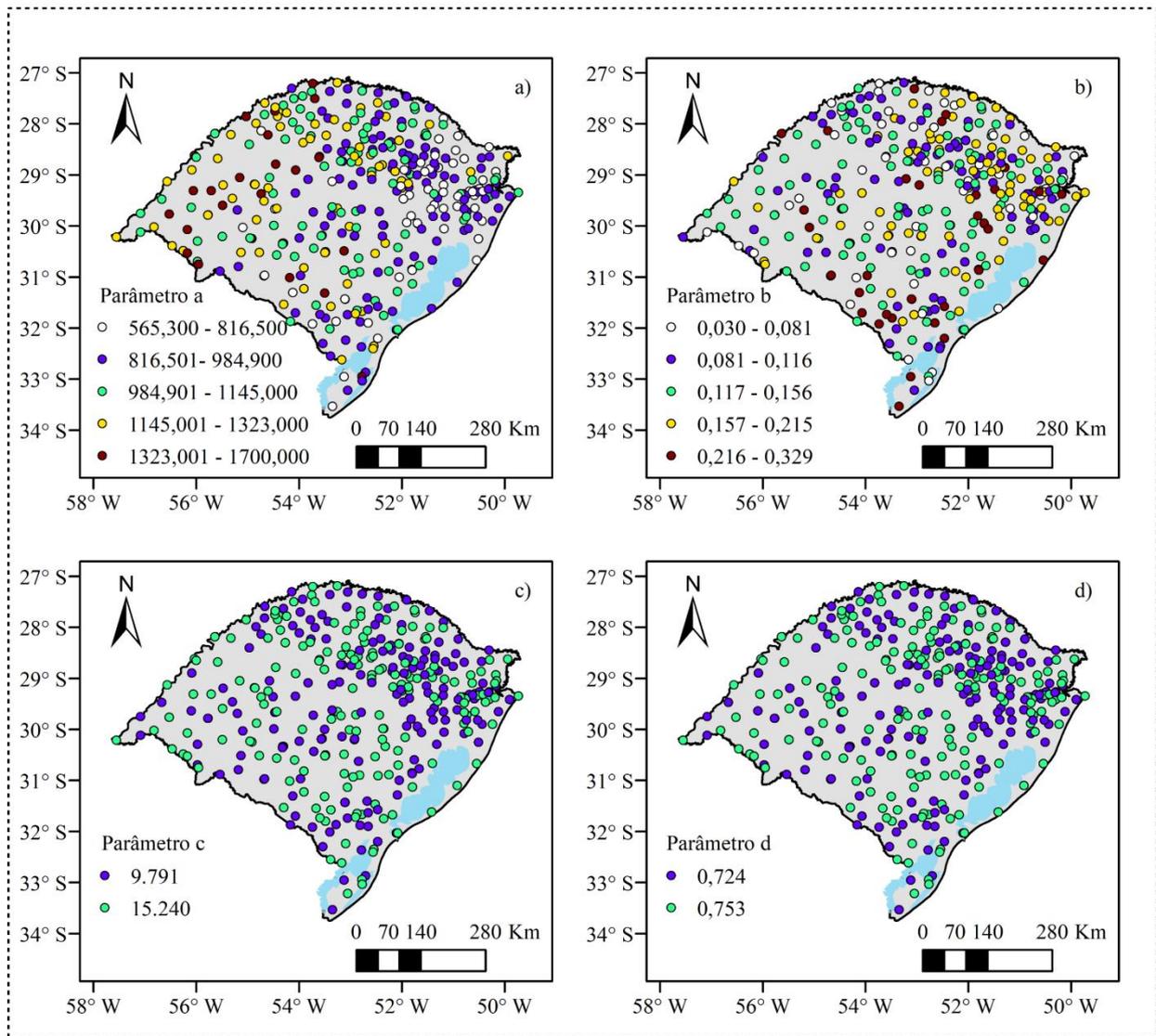


Figura 2 – Variação espacial dos valores dos parâmetros locais a, b, c e d da equação IDF ajustados para 364 localidades do estado do Rio Grande do Sul.

De fato, os parâmetros *a* e *b* apresentaram variabilidade espacial, sendo evidente (Figura 2a) que o *a* guarda relação com a posição geográfica do posto pluviométrico. Ao analisar o parâmetro *a* sob esse aspecto, verifica-se que os maiores valores foram mais frequentes na região noroeste e sudoeste, enquanto que os menores, nas regiões nordeste e sudeste, mais próximo ao litoral. Esse fato está atrelado, em partes, à variação pluviométrica ao longo do Rio Grande do Sul, tendo sido os

maiores valores de a coincidentes com os locais de pluviosidade anual média, conforme pode ser observado no Mapa de Isoietas do Atlas Pluviométrico do Brasil (ANA, 2019).

A variabilidade espacial nos valores de a e b , com especial atenção ao parâmetro local a , também foi verificada por Back *et al.* (2011) para Santa Catarina, por Souza *et al.* (2012) para o Pará, por Aragão *et al.* (2013) para o Sergipe, por Campus *et al.* (2014) para o Piauí e por Campos *et al.* (2015) para o Maranhão.

Com relação aos parâmetros locais c e d , cuja variação espacial pode ser visualizada nas Figuras 2c e 2d, respectivamente, este estudo verificou dois conjuntos de valores constantes: para 193 localidades, o ajuste do modelo matemático resultou em c igual a 9,791 e d igual a 0,724, enquanto que em 171 localidades, c foi igual a 15,240 e d igual a 0,753. A existência de duas combinações para c e d está atrelada as FDPs empregadas, uma vez que nas 193 localidades o teste de AD indicou melhor ajuste por Kappa e Gumbel, e nas 171, por GEV e LN-2P. Estudos que empregaram somente uma distribuição de probabilidades, como Souza *et al.* (2012), Aragão *et al.* (2013) e Campos *et al.* (2015), obtiveram ajuste de 1 conjunto de valores para esses parâmetros. Quanto aos motivos de ocorrerem valores constantes, Aragão *et al.* (2013) elencaram a desagregação de chuvas diárias, aos valores mínimos para definição de chuvas intensas e ao modelo de determinação não-linear da IDF.

Para trabalhos futuros, este estudo recomenda o emprego de técnicas de geoestatísticas visando à espacialização dos parâmetros locais a e b , haja vista a variabilidade espacial constatada e a relação existente, especialmente do parâmetro a , com a posição geográfica e o regime de chuvas. Além disso, recomenda também uma investigação mais aprofundada do impacto da escolha da FDP sobre o ajuste dos parâmetros locais c e d .

4. CONCLUSÕES

Com esse estudo, pôde-se concluir que:

- i) As distribuições de probabilidade multiparâmetros GEV e Kappa apresentaram melhor ajuste frente à Gumbel e LN-2P, mais comumente empregadas em estudos hidrológicos;
 - ii) O ajuste dos parâmetros locais do modelo matemático foi “bom” do ponto de vista estatístico, indicando que os mesmos podem ser utilizados para expressar a relação IDF das chuvas intensas nas suas localidades;
 - iii) Os parâmetros locais a e b apresentaram variabilidade espacial, sendo que a guarda relação com a localização geográfica do posto pluviométrico e com o regime de chuvas;
- e

- iv) Os parâmetros locais c e d ajustados foram constantes e dependentes do modelo probabilístico adotado, tendo sido verificado um conjunto de valores para GEV e LN-2P e outro para Kappa e Gumbel.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. *Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos: chuva*. Disponível em: hidroweb.ana.gov.br. Acesso em: 02 de maio de 2019.
- ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. F. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. (2013). “*Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 17 (3), pp. 243-252.
- BACK, A.J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J.L.R. (2011). “*Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil*”. (2011). Revista Brasileira de Ciência do Solo 35(6), pp. 2127-2134.
- BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; GUEDES, H. A. S. (2015). “*Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil*”. Journal of Hydrology: Regional Studies 4, pp. 123-133.
- BLAIN, G. C.; MESCHIATTI, M. C. (2014). “*Using multi-parameters distributions to assess the probability of occurrence of extreme rainfall data*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18 (3), pp. 307-313.
- CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; SOUZA, M. R.; GUEDES, H. A. S. (2015a). “*Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19 (3), pp. 197-203.
- CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; VARGAS, M. M.; GUEDES, H. A.; FARIA, L. C. (2015b). “*Daily rainfall disaggregation: on analysis for the Rio Grande do Sul state*”. Scientia Agraria 16 (3), pp. 1-21.
- CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; ANJOS, J. C. R.; ZAMBONI, D. C. S.; MORAES, J. M. F. (2015). “*Euações de intensidade de chuvas para o estado do Maranhão*”. Engenharia na Agricultura 23 (5), pp. 435-447.
- CAMPUS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D. S. (2014). “*Euações intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí*”. Revista Ciência Agronômica 43 (3), pp. 488-498.
- CASSALHO, F.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; MOURA, M. M.; OLIVEIRA, L. F.; AGUIAR, M. S. (2019). “*Artificial intelligence for identifying hydrologically homogeneous regions: A state-of-the-art regional flood frequency analysis*”. Hydrological Processes 33(7), pp. 1101-1116.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1979). *Drenagem urbana – Manual de Projeto*. 3 ed. São Paulo, pp. 464.

D'AGOSTINO, R. B.; STEPHENS, M. A. **Goodness-of-fit Techniques**. New York: Marcel Dekker, 1986.

FRANCO, C. S.; MARQUES, R. F.; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, L. F. (2014). “*Distribuição de probabilidades para a precipitação máxima diária na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi 18 (7), pp.735–741.

GANORA, D.; LAIO, F. “*Hydrological applications of the Burr distribution: Practical method for parameter estimation*”. (2015). Journal of Hydrologic Engineering, 20(11), pp. 04015024-1-04015024-8.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. (2016). “*Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite*”. Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas, 2(1), pp. 171-182.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S.; NORTON, L. D. (2013). “*Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil*”. Geoderma 202, pp. 88–102.

MOTOVILOV, Y. G.; GOTTSCHALK, L.; ENGELAND, K.; RODHE, A. (1999). “*Validation of a distributed hydrological model against spatial observations*”. Agricultural and Forest Meteorology 98-99, pp. 257-277.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. CPRM Belo Horizonte – MG, 561 p.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. (1970). “*River flow forecasting through conceptual models I: a discussion of principles*”. Journal of Hydrology 10, pp. 398-409.

R Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SOUZA, R. O. R.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C.; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V.; SADECK, L. W. R. (2012). “*Equações de chuvas intensas para o estado do Pará*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 16 (9), pp. 999-1005.

SPAROVEK, G.; VAN LIER, Q. J.; DOURADO NETO, D. “*Computer assisted Köppen climate classification: a case study for Brazil*”. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society 27(2), pp. 257-266.

VARGAS, M. M.; BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; CORREA, L. L.; CUNHA, Z. A. SYHDA. (2019). “*System of Hydrological Data Acquisition and Analysis*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 24 (11).

VEZZA, P.; COMOGLIO, C.; ROSSO, M.; VIGLIONE, A. (2010). “*Low flows regionalization in North-Western Italy*”. Water Resour Manage. 24 (14), pp. 4049–4074.

YE, L.; HANSON, L. S.; DING, P.; WANG, D.; VOGEL, R. M. (2018). “*The probability distribution of daily precipitation at the point and catchment scales in the United States*”. Hydrology and Earth System Sciences 22(12), pp. 6519-6531.