

Desagregação de chuva diária para o Estado da Bahia, Brasil

Daily rainfall disaggregation for Bahia State, Brazil

Desglose de las precipitaciones diarias para el Estado de Bahía, Brasil

Recebido: 18/11/2021 | Revisado: 28/11/2021 | Aceito: 30/11/2021 | Publicado: 11/12/2021

Virgilio Lourenço Silva Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0191>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: virgilio.neto@ifto.edu.br

Marcelo Ribeiro Viola

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3910-0987>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: marcelo.viola@ufla.edu.br

Marco Antonio Vieira Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6699-5990>
Instituto Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: marco.morais@bag.ifmt.edu.br

José Alberto Ferreira Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7343-4614>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: jose.ferreira@ifto.edu.br

Ítalo Cordeiro Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6326-7974>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: italo.lima@ifto.edu.br

Wallacy Borges Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9040-4049>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: wallacy.ferreira@ifto.edu.br

Resumo

As chuvas intensas são caracterizadas por sua distribuição temporal e espacial peculiarmente irregular. A precipitação máxima registrada durante um intervalo de 24 horas, iniciando a qualquer momento, será definida como precipitação máxima de 24 horas. Não deve ser confundida com a precipitação de 1 dia que se refere à precipitação máxima observada em 1 dia, sempre coletada no mesmo horário, considerada aqui das 9h às 9h do dia seguinte. O objetivo deste trabalho é determinar constantes de desagregação de chuvas intensas para o estado da Bahia a partir de 19 séries históricas pluviográficas comparando-as com os coeficientes obtidos para outras regiões do Brasil. Para a modelagem da frequência das chuvas intensas de diferentes durações foi empregada a distribuição de probabilidades. Para a determinação das constantes de desagregação, utiliza-se o método das relações de durações. Este método consiste em dois aspectos: a) a tendência das curvas de probabilidade de diferentes durações manterem-se paralelas entre si; e b) para diferentes locais, existe uma grande similaridade nas relações entre precipitações médias máximas de diferentes relações. Foram obtidas as seguintes constantes de desagregação médias para o estado da Bahia: $h_{10_{\min}}/h_{30_{\min}} = 0,48$; $h_{20_{\min}}/h_{30_{\min}} = 0,79$; $h_{30_{\min}}/h_{1h} = 0,74$; $h_{40_{\min}}/h_{1h} = 0,87$; $h_{50_{\min}}/h_{1h} = 0,94$; $h_{1h}/h_{24h} = 0,59$; $h_{2h}/h_{24h} = 0,69$; $h_{3h}/h_{24h} = 0,76$; $h_{4h}/h_{24h} = 0,80$; $h_{6h}/h_{24h} = 0,85$ e $h_{12h}/h_{24h} = 0,92$. Tais constantes constituem-se em importante ferramenta para aplicações que demandem a estimativa de chuvas intensas de curta duração no estado da Bahia.

Palavras-chave: Curta duração; Hidrologia; Precipitação.

Abstract

The intense rainfall is characterized by its peculiarly irregular temporal and spatial distribution. A maximum recorded during a 24-hour interval starting at any time will be set to a 24-hour maximum. It should not be confused with the 1-day classification which refers to the maximum classification observed in 1 day, always collected at the same time, considered here from 9:00 am to 9:00 am the following day. The objective of this work is to determine intense rainfall disaggregation constants for the state of Bahia from 19 historical rainfall series, comparing them with the coefficients obtained for other regions of Brazil. For modeling the frequency of heavy rains of different durations, the probability distribution was used. To determine the disaggregation constants, the duration relations method is used. This method consists of two aspects: a) the tendency of the probability curves of different durations to remain parallel to each other; and b) for different locations, there is a great similarity in the relationships between maximum mean precipitations of relationships. The following mean disaggregation constants for the state of Bahia were selected: $h_{10_{\min}}/h_{30_{\min}} = 0.48$; $h_{20_{\min}}/h_{30_{\min}} = 0.79$; $h_{30_{\min}}/h_{1h} = 0.74$; $h_{40_{\min}}/h_{1h} = 0.87$; $h_{50_{\min}}/h_{1h} = 0.94$; $h_{1h}/h_{24h} = 0.59$; $h_{2h}/h_{24h} = 0.69$; $h_{3h}/h_{24h} = 0.76$; $h_{4h}/h_{24h} = 0.80$; $h_{6h}/h_{24h} = 0.85$ and $h_{12h}/h_{24h} = 0.92$.

= 0.76; $h_4h/h_{24h} = 0.80$; $h_6h/h_{24h} = 0.85$ e $h_{12h}/h_{24h} = 0.92$. Such constants are an important tool for applications that demand the estimation of intense rains of duration in the state of Bahia.

Keywords: Short term; Hydrology; Precipitation.

Resumen

Las lluvias intensas se caracterizan por su distribución temporal y espacial peculiarmente irregular. Un máximo registrado durante un intervalo de 24 horas que comienza en cualquier momento se establecerá en un máximo de 24 horas. No debe confundirse con la clasificación de 1 día que se refiere a la clasificación máxima observada en 1 día, recolectada siempre a la misma hora, considerada aquí de 9:00 am a 9:00 am del día siguiente. El objetivo de este trabajo es determinar las constantes de desagregación de lluvias intensas para el estado de Bahía a partir de 19 series históricas de lluvias, comparándolas con los coeficientes obtenidos para otras regiones de Brasil. Para modelar la frecuencia de lluvias intensas de diferentes duraciones, se utilizó la distribución de probabilidad. Para determinar las constantes de desagregación se utiliza el método de relaciones de duración. Este método consta de dos aspectos: a) la tendencia de las curvas de probabilidad de diferentes duraciones a permanecer paralelas entre sí; y b) para diferentes ubicaciones, existe una gran similitud en las relaciones entre las precipitaciones medias máximas de relaciones. Se seleccionaron las siguientes constantes medias de desagregación para el estado de Bahía: $h_{10min} / h_{30min} = 0,48$; $h_{20 min} / h_{30 min} = 0,79$; $h_{30 min} / h_{1 h} = 0,74$; $h_{40 min} / h_{1 h} = 0,87$; $h_{50 min} / h_{1 h} = 0,94$; $h_{1 h} / h_{24 h} = 0,59$; $h_{2 h} / h_{24 h} = 0,69$; $h_{3 h} / h_{24 h} = 0,76$; $h_{4h} / h_{24h} = 0,80$; $h_{6h} / h_{24h} = 0,85$ y $h_{12h} / h_{24h} = 0,92$. Tales constantes son una herramienta importante para aplicaciones que demandan la estimación de lluvias intensas de duración en el estado de Bahía.

Palabras clave: Corta duración; Hidrología; Precipitación.

1. Introdução

As chuvas intensas são caracterizadas por sua distribuição temporal e espacial peculiarmente irregular. O estudo das chuvas intensas é um dos principais objetos de estudo da Hidrologia. Mello e Viola (2013) consideram que a análise deste componente hidrológico é de vital importância para a sociedade, pois a partir dele, é possível identificar áreas de risco para ocupação humana além de vários aspectos essenciais ao saneamento básico.

Miranda et al. (2017) afirmam que “é indispensável dispor de informações relacionadas às variáveis climáticas no planejamento do uso da água e do solo, tal como as chuvas intensas” (Miranda et al., 2017, p. 10). Assim, “é imprescindível quantificar adequadamente os efeitos ocasionados, de certo modo, especial, ao controle de escoamento superficial em áreas urbanas e também rurais” (Ferreira Filho et al., 2020, p. 892).

A precipitação máxima registrada durante um intervalo de 24 horas, iniciando a qualquer momento, será definida como precipitação máxima de "24 horas". Não deve ser confundida com a precipitação de "1 dia" que se refere à precipitação máxima observada em 1 dia, sempre coletada no mesmo horário, considerada aqui das 9h às 9h do dia seguinte. Neste contexto, são utilizados métodos de desagregação diária das chuvas em chuvas de “24 horas” ou outras chuvas com durações mais curtas, permitindo obter intensidades específicas de chuvas. Fora da estação chuvosa, também é possível gerar curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) a partir dos dados diários de chuva fornecidos pelos pluviômetros (Martins et al., 2019).

No Brasil, Pfafstetter (1957) foi o pioneiro em estabelecer correlações para chuvas com durações inferiores a um dia. Em muitos estudos, os coeficientes de desagregação utilizados, são os determinados pela Cetesb (1980), que determinou constantes para a localidade de São Paulo. Silva Neto et al. (2017), após a determinação de constantes de desagregação de chuva diária para o estado do Tocantins, comparou-as com constantes determinadas para outras regiões do Brasil. A comparação entre os resultados mostrou que há considerável variação entre as constantes conforme a região estudada, concluindo que o uso de constantes locais é importante no procedimento de desagregação das chuvas.

Diversos estudos foram realizados com o propósito de suprir a escassez de informações sobre as chuvas de curta duração por meio da metodologia de desagregação de chuvas. Recentemente, vários estudos foram realizados com base na metodologia de desagregação de chuvas. Penner e Lima (2016) compararam métodos de determinação de equação de chuvas intensas para a cidade de Ribeirão Preto, na região nordeste do Brasil, Campos et al. (2017) realizaram estimativa dos parâmetros das equações de chuvas intensas para o estado da Paraíba, para o estado do Ceará, Santos et al. (2019), determinaram a relação intensidade-

duração-frequência (IDF) para cidades na região sudeste do estado e, Weschenfelder et al. (2019) geraram curvas IDF para cenários projetados para a cidade de Porto Alegre-RS.

Silva et al. (2002) afirmam que o estado da Bahia é influenciado por diferentes correntes de circulação, sendo as mais importantes referentes ao anticiclone semifixo do Atlântico Sul, principalmente pela sua periferia mais seca (alísios de sudeste) responsáveis, em parte, pela tendência à aridez no Estado da Bahia. Os alísios de sudeste agem sobre o território baiano durante todo o ano, implicando em bom tempo, na maioria das vezes.

O objetivo deste estudo concentra-se na determinação das constantes de desagregação de chuvas intensas para o Estado da Bahia a partir de 19 séries históricas pluviográficas e também aplicadas ao estudo de chuvas intensas realizado por Silva et al. (2002). Objetiva-se analisar a influência da frequência da variável hidrológica sobre os valores das constantes de desagregação e a obtenção das seguintes relações: $h_{10_{\min}}/h_{30_{\min}}$, $h_{20_{\min}}/h_{30_{\min}}$, $h_{30_{\min}}/h_{1h}$, $h_{40_{\min}}/h_{1h}$, $h_{50_{\min}}/h_{1h}$, h_{1h}/h_{24h} , h_{2h}/h_{24h} , h_{3h}/h_{24h} , h_{4h}/h_{24h} , h_{6h}/h_{24h} e h_{12h}/h_{24h} .

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

O Estado da Bahia está localizado ao sul da região Nordeste brasileira, limitando-se com os estados do Piauí e Pernambuco (norte), Espírito Santo e Minas Gerais (sul), Alagoas e Sergipe a (nordeste/leste), Tocantins e Goiás (oeste), sendo banhado pelo Oceano Atlântico (leste). Corresponde a 564.733,081 Km² do território brasileiro e contém 417 municípios. No aspecto hidrográfico, destaque para o rio São Francisco com fluxo no Estado na direção sul-norte. (Santos, 2016).

O Estado é caracterizado por sua grande extensão, sendo o maior território da Região Nordeste, com 36,41% da área total desta Região. O Estado é influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIGT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), além de Sistemas Frontais, ondas de leste, brisas marítimas/terrestres e ventos vale/montanha (Braga et al., 1998). Segundo Silva et al. (2020), o litoral baiano é influenciado principalmente pela alta pluviosidade. Quanto maior o distanciamento da costa, mais intensa a ação da continentalidade, isso se deve principalmente pela influência da latitude e da precipitação local.

Lima et al. (2011) afirmam que a região em que se localiza o Estado da Bahia é caracterizada pela escassez de água, com chuvas irregulares e concentradas em um curto período do ano. Os autores afirmam também que os solos são rasos e com baixa fertilidade agrícola, suscetíveis à desertificação.

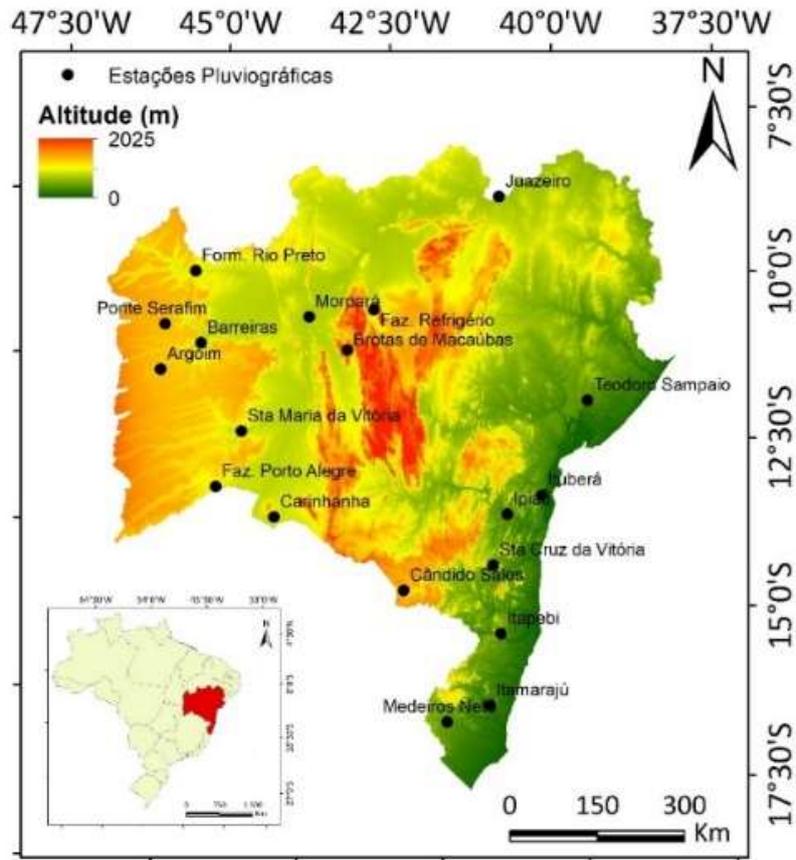
2.2 Banco de dados aplicado

As séries históricas de intensidades máximas de chuvas diárias associadas às durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 e 1440 minutos, foram obtidas junto à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Água (ANA), sendo estes dados pluviográficos aplicados ao estudo de chuvas intensas realizado por Silva et al. (2002) para 19 localidades no Estado da Bahia. Já os dados pluviométricos também foram obtidos junto rede meteorológica da Agência Nacional das Águas – ANA, porém, constituindo-se séries históricas médias de 30 anos, entre 1986 e 2016.

Estes dados foram utilizados para obtenção de chuvas intensas, que foram desagregadas e relacionadas com as chuvas intensas das mesmas localidades, estabelecidas por Silva et al. (2002), com base em dados de pluviógrafos. A partir deste banco de dados foram obtidos os valores máximos anuais de precipitação diária.

A Figura 1 apresenta o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Estado da Bahia e suas derivações locais básicas foram elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores, disponibilizado pelo Inpe, TOPODATA, (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>), com resolução espacial de 30 metros e a localização das estações pluviográficas.

Figura 1 – Modelo digital de elevação para o Estado da Bahia e distribuição espacial das estações pluviográficas utilizadas no presente estudo.



Fonte: ANA (2017); INMPE (2018). Org.: Autores.

Para o emprego do método da desagregação de chuva fez-se necessário separar, inicialmente, os valores máximos de precipitação para cada ano do posto em questão; em seguida foram aplicados, a cada valor de precipitação, os coeficientes listados na Tabela 1 gerando assim, séries de precipitação para diferentes durações (Aragão et al., 2013).

A relação h_{24h}/h_{dia} foi obtida conforme recomendado pela Cetesb (1980) e teve valor igual a 1,14. As demais relações h_{10min}/h_{30min} , h_{20min}/h_{30min} , h_{30min}/h_{1h} , h_{40min}/h_{1h} , h_{50min}/h_{1h} , h_{1h}/h_{24h} , h_{2h}/h_{24h} , h_{3h}/h_{24h} , h_{4h}/h_{24h} , h_{6h}/h_{24h} e h_{12h}/h_{24h} , foram quantificadas neste estudo, a partir da aplicação da distribuição Gumbel às séries pluviográficas disponibilizadas por Silva et al (2002).

Os dados de precipitação máxima foram ajustados ao modelo de distribuição de Gumbel. Após a verificação da aderência dos dados à distribuição de Gumbel para cada série de duração de chuva realizaram-se as estimativas das chuvas máximas para períodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos. A análise de aderência da distribuição de Gumbel foi feita pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, procedimento também adotado por (Souza et al., 2012).

O modelo de distribuição de probabilidades de Gumbel foi utilizado para o cálculo anual das precipitações máximas diárias por meio da seguinte sequência de equações:

Todo o procedimento metodológico adotado neste estudo é amplamente difundido na literatura por diversos estudos como os de Mello e Silva (2013); Borges e Thebaldi (2016); Miranda et al. (2017); Silva Neto et al. (2017).

A Função de Densidade da Precipitação (FDP) da distribuição Gumbel, por:

$$f(x, \alpha, \mu) = \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot (x - \mu) - e^{-\alpha \cdot (x - \mu)}} \quad (1)$$

A integração da FDP fornece a função cumulativa de probabilidade (FCP), que na forma de excedência, é dada por:

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^{(-\alpha \cdot (x-\mu))}} \quad (2)$$

Segundo Mello e Silva (2013) e Aragão et al. (2013) a distribuição de Gumbel apresenta 2 parâmetros α e μ , que são calculados pelas expressões abaixo, considerando o método dos momentos:

$$\alpha = \frac{1,2826}{s} \quad (3)$$

$$\mu = \bar{x} - 0,45 \quad (4)$$

Em que \bar{x} e s correspondem à média e ao desvio padrão da série histórica, respectivamente. A aplicação da distribuição de Gumbel para máximos está associada ao fato de que na prática da hidrologia essa condição busca estimar a probabilidade de um dado valor ser igualado ou superado uma vez que esse cálculo está associado à estimativa de uma chuva ou vazão de projeto e é necessário calcular o risco desse evento histórico ser superado. Para a estimativa de uma variável hidrológica x em função do T , aplica-se a equação abaixo, fruto do isolamento de x na equação 2.

$$x_{TR} = \frac{-LN[-LN(1-\frac{1}{TR})]}{\alpha} + \mu \quad (5)$$

Para a determinação das constantes de desagregação, utiliza-se o método das relações de durações. Este método consiste em dois aspectos: a) a tendência das curvas de probabilidade de diferentes durações manterem-se paralelas entre si; e b) para diferentes locais, existe uma grande similaridade nas relações entre precipitações médias máximas de diferentes relações. As relações entre durações foram obtidas segundo a expressão (Tucci, 2009):

$$r_{t1/t2} = \frac{\text{precipitação de duração } t1}{\text{precipitação de duração } t2} \quad (6)$$

3. Resultados e Discussão

As distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas se ajustam satisfatoriamente à distribuição de Gumbel, empregada neste trabalho. Segundo Silva et al. (2002), o modelo de Gumbel foi o que apresentou melhor ajuste aos dados de intensidades máximas médias de precipitação pluvial pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 5%.

A partir dos resultados do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de significância (α) de 5%, verificou-se adequabilidade da distribuição de probabilidades Gumbel para modelagem da frequência das séries de precipitação máxima diária anual trabalhadas.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios obtidos para as constantes de desagregação de chuvas para tempos de retorno variando entre 2 e 100 anos para as 19 estações pluviográficas em estudo, assim como a média (X), o desvio padrão (S) e o coeficiente de variação (CV).

Tabela 1 – Valores médios das constantes de desagregação de chuvas para tempos de retorno variando entre 2 e 100 anos, seguido da média (X), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV) para cada constante trabalhada.

Estação/ Coef.	h_{12h}/h_{24h}	h_{6h}/h_{24h}	h_{4h}/h_{24h}	h_{3h}/h_{24h}	h_{2h}/h_{24h}	h_{60min}/h_{1h}	h_{50min}/h_{1h}	h_{40min}/h_{1h}	h_{30min}/h_{1h}	h_{20min}/h_{30min}	h_{10min}/h_{30min}
1	0,98	0,91	0,88	0,85	0,77	0,65	0,93	0,85	0,71	0,78	0,47
2	0,94	0,93	0,91	0,87	0,80	0,63	0,93	0,85	0,72	0,76	0,51
3	0,98	0,93	0,85	0,82	0,74	0,67	0,97	0,90	0,77	0,78	0,50
4	0,93	0,85	0,74	0,68	0,63	0,54	0,93	0,81	0,71	0,79	0,48
5	0,92	0,80	0,73	0,71	0,68	0,62	0,95	0,88	0,78	0,76	0,54
6	0,82	0,68	0,61	0,59	0,56	0,50	0,91	0,82	0,69	0,77	0,45
7	0,96	0,85	0,78	0,75	0,72	0,62	0,95	0,89	0,79	0,83	0,46
8	0,92	0,81	0,78	0,74	0,65	0,54	0,97	0,89	0,78	0,74	0,51
9	0,95	0,93	0,92	0,89	0,74	0,56	0,93	0,86	0,73	0,80	0,47
10	0,83	0,74	0,69	0,66	0,62	0,52	0,95	0,90	0,83	0,79	0,50
11	0,91	0,83	0,79	0,76	0,71	0,60	0,93	0,82	0,65	0,80	0,50
12	0,81	0,76	0,68	0,64	0,57	0,49	0,91	0,78	0,59	0,79	0,51
13	0,96	0,91	0,89	0,86	0,76	0,67	0,93	0,85	0,74	0,78	0,48
14	0,93	0,89	0,85	0,83	0,74	0,64	0,95	0,87	0,76	0,79	0,48
15	0,98	0,98	0,92	0,81	0,67	0,54	0,93	0,98	0,74	0,84	0,49
16	0,84	0,76	0,73	0,69	0,61	0,55	0,96	0,89	0,83	0,85	0,50
17	0,92	0,88	0,79	0,78	0,76	0,70	0,95	0,88	0,76	0,80	0,45
18	1,01	0,88	0,82	0,77	0,71	0,56	0,93	0,88	0,78	0,79	0,48
19	0,97	0,86	0,78	0,77	0,75	0,62	0,94	0,86	0,73	0,71	0,42
X	0,92	0,85	0,80	0,76	0,69	0,59	0,94	0,87	0,74	0,79	0,48
S	0,06	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,02	0,04	0,06	0,03	0,03
CV(%)	6,3	9,2	10,9	10,9	10,1	10,4	1,7	5,0	7,6	4,1	5,9

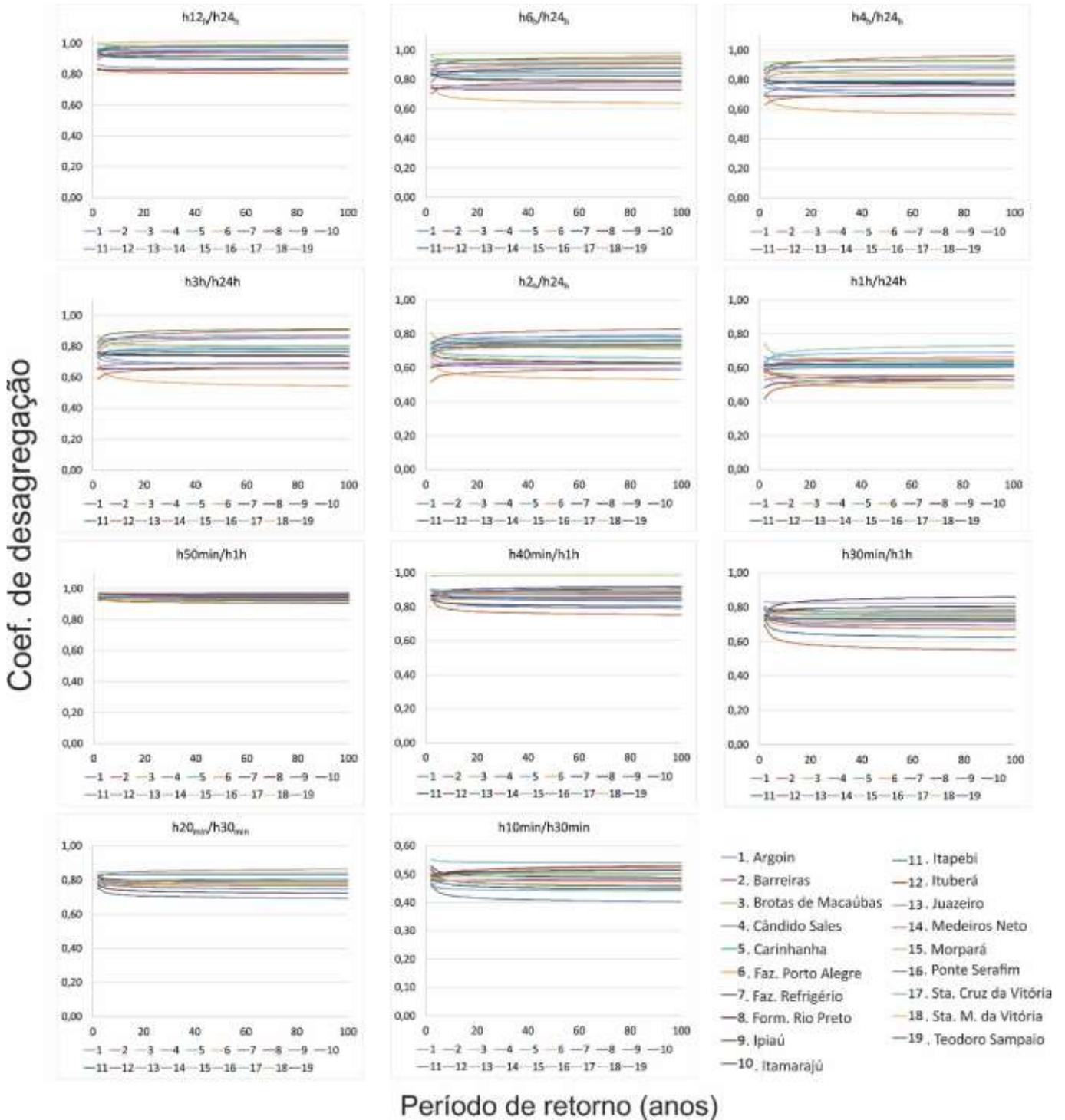
1. Argoim; 2. Barreiras; 3. Brotas de Macaúbas; 4. Cândido Sales; 5. Carinhanha; 6. Faz. Porto Alegre; 7. Faz. Refrigério; 8. Form. Rio Preto; 9. Ipiaú; 10. Itamarajú; 11. Itapebi; 12. Ituberá; 13. Juazeiro; 14. Medeiros Neto; 15. Morpará; 16. Ponte Serafim; 17. Sta Cruz da Vitória; 18. Sta Maria da Vitória; 19. Teodoro Sampaio. Fonte: Autores.

As relações h_{12h}/h_{24h} variam de 0,81 a 1,01, com valor médio de 0,92. Para a relação h_{6h}/h_{24h} , a variação ocorreu entre 0,68 e 0,98, com valor médio de 0,85. Já para a relação h_{20min}/h_{30min} , a variação ocorreu de 0,71 a 0,85, com valor médio de 0,79. Para as relações h_{10min}/h_{30min} a variação esteve entre 0,42 e 0,54 com valor médio de 0,48.

Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação dos valores dos coeficientes foram baixos, sempre abaixo de 11%, demonstrando que os coeficientes de desagregação de chuvas não variaram expressivamente entre as estações pluviográficas. Segundo Lima et al. (2004), o coeficiente de variação (CV) constitui-se como estimativa do erro experimental, em relação à média geral do ensaio, sendo uma estatística muito utilizada como medida de avaliação da qualidade experimental. Considera-se que quanto menor o valor do CV, maior será a precisão do experimento.

Na Figura 2, estão apresentados os resultados das constantes de desagregação de chuvas em função do tempo de retorno. Conforme pode ser observado, as constantes apresentam um comportamento estável, em função do tempo de retorno, isto é, apresentam pequena variação.

Figura 2 - Variação coeficientes de desagregação de chuvas em função do tempo de retorno para 19 localidades para o estado da Bahia.



Fonte: Autores.

É possível observar que, para uma mesma estação, para tempos de retorno maiores que 100 anos, a constante tem valor praticamente fixo, visto que se tornam retas assintóticas ao eixo x. Nota-se que o valor das constantes apresenta diferenças para locais distintos do estado. A estação de Marporá é a que apresenta maior discrepância para algumas constantes, principalmente para as relações entre chuvas de maiores durações. Na Tabela 2 está descrita a comparação dos coeficientes de desagregação de chuva diárias obtidos para outras localidades do Brasil.

Tabela 2 – Comparação dos coeficientes de desagregação de chuvas diárias para relações h_{12h}/h_{24h} a h_{10min}/h_{30min} do estado da Bahia com os coeficientes obtidos para o Tocantins (Silva Neto et al., 2017), Santa Catarina (Back et al., 2012), Brasil (Cetesb, 1980), e as cidades de Pelotas (Teixeira et al., 2011), Manaus (Infraero, 2010) e Bacia do Rio Doce (Passos et al., 2021) e suas respectivas variações percentagens (Δ).

Coef.	1	Δ_1	2	Δ_2	3	Δ_3	4	Δ_4	5	Δ_5	6	Δ_6
h_{12h}/h_{24h}	0,93	8,14	0,76	-11,63	0,85	-1,16	0,93	8,14	0,98	13,95	0,89	3,49
h_{6h}/h_{24h}	0,86	10,26	0,61	-21,79	0,72	-7,69	0,85	8,97	0,91	16,67	0,81	3,85
h_{4h}/h_{24h}	0,82	10,81	0,55	-25,68	--	--	--	--	0,85	14,86	0,76	2,70
h_{3h}/h_{24h}	0,78	11,43	0,51	-27,14	--	--	--	--	0,79	12,86	--	--
h_{2h}/h_{24h}	0,72	12,50	0,46	-28,13	--	--	--	--	0,69	7,81	0,65	1,56
h_{1h}/h_{24h}	0,61	15,09	0,35	-33,96	0,42	-20,75	0,48	-9,43	0,55	3,77	0,54	1,89
h_{50min} / h_{1h}	0,92	3,37	0,93	4,49	--	--	--	--	--	--	0,94	5,62
h_{40min} / h_{1h}	0,83	1,22	0,85	3,66	--	--	--	--	--	--	0,87	6,10
h_{30min} / h_{1h}	0,68	-2,86	0,75	7,14	0,74	5,71	0,69	-1,43	0,44	-37,14	0,77	10,00
h_{20min} / h_{30min}	0,76	1,33	0,81	8,00	0,81	8,00	--	--	0,34	-54,67	0,84	12,00
h_{10min} / h_{30min}	0,46	0,00	0,53	15,22	0,54	17,39	--	--	0,19	-58,70	0,59	28,26

1. Tocantins, 2. Santa Catarina, 3. Brasil, 4. Pelotas, 5. Manaus e 6. Bacia do Rio Doce. Fonte: Org.: Autores.

Comparando os coeficientes de desagregação de chuva diária obtidos para o estado da Bahia com alguns coeficientes obtidos para o Brasil (Cetesb, 1980), diferenças de até -20,75% (h_{1h}/h_{24h}) foram observadas. Analisando as variações obtidas em relação aos coeficientes dos estados de Tocantins e Santa Catarina, a variação mais elevada está também para a relação h_{1h}/h_{24h} e correspondem a 15,09% e -33,96%, respectivamente. Ainda é possível observar pequenas variações entre o coeficiente obtido para esta relação (abaixo de 4%) em comparação com os coeficientes para cidade de Manaus e para a bacia do Rio Doce.

Para a relação de h_{12h}/h_{24h} , a maior variação em comparação com outras localidades foi com Manaus e Santa Catarina, correspondendo a 13,95% e -11,63%, respectivamente. Para esta relação, a menor variação foi com relação ao coeficiente obtido pela Cetesb (1980) para o Brasil, equivalendo -1,16%. Já considerando a relação h_{30min}/h_{1h} , a maior variação encontrada foi em comparação com Manaus, igual a -37,14% e a menor foi encontrada em comparação com a cidade de Pelotas, equivalente a -1,43%.

Deve-se destacar que para o caso específico do estado de Santa Catarina, Back et al. (2012) afirmam que os erros na estimativa das chuvas se vão acumulando a cada coeficiente utilizado, de tal modo que o uso do coeficiente médio de Santa Catarina determina diferenças acima de até 40% nas estimativas de chuvas com duração inferior a 30 minutos para algumas estações, o que levou os autores a determinar constantes específicas para o litoral e o interior catarinense, para diminuir esses erros.

Por isso, Silva Neto et al. (2017) afirmam que é adequado que sejam utilizadas constantes de desagregação específicas para cada local de interesse, uma vez que cada região apresenta elementos e fatores climáticos que podem interferir diretamente na variável hidrológica, o que não é considerado em diversos estudos baseados ainda nos coeficientes de desagregação obtidos para o Brasil (Cetesb, 1980), como Aragão et al. (2013) em estudos sobre chuvas intensas para o estado de Sergipe, Campos et al. (2017), em estimativa dos parâmetros das equações de chuvas intensas para o estado da Paraíba e Santos et al. (2019), na determinação de equações de chuvas intensas para o sudeste do estado do Ceará. Assim como neste estudo voltado para o estado da Bahia, todos os estudos supracitados estão se referindo a localidades situadas na região Nordeste do Brasil.

Entretanto, em alguns casos como o de Dorneles et al. (2019), que desenvolveram estudos sobre a intensidade-duração-frequência das chuvas para a cidade de Pelotas-RS, adotando as constantes disponibilizadas pela Cetesb (1980) em detrimento

dos coeficientes específicos para a cidade em questão, os autores alegam que Teixeira et al. (2011) na determinação dos coeficientes para a referida cidade, afirmaram não haver diferença significativa entre eles.

4. Conclusões

A distribuição de probabilidades Gumbel para modelagem da frequência das séries de precipitação máxima diária anual neste estudo, mostrou-se adequada com base no teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, ao nível de significância de 5%.

As constantes apresentam um comportamento estável, em função do tempo de retorno, isto é, apresentam pequena variação. Para uma mesma estação, para tempos de retorno maiores que 100 anos, a constante tem valor praticamente fixo.

A comparação dos resultados do presente estudo com os de estudos desenvolvidos para outras regiões brasileiras possibilitou identificar expressiva variação das constantes de desagregação de chuvas, permitindo concluir que as constantes desenvolvidas são válidas especificamente para desagregação de chuvas intensas diárias no estado da Bahia.

Referências

- ANA - Agência Nacional das águas (2019). Hidroweb. Sistemas de informações hidrológicas. <http://hidroweb.ana.gov.br>
- Back, Á. J., Oliveira, J. L. R., & Henn, A. (2012). Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(4), 391-398.
- Braga, C. C., Melo, M., & Melo, E. C. S. (1998). Análise de agrupamento aplicada a distribuição da precipitação no Estado da Bahia. In Anais, *Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 10(1), 605-617 .
- Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. (2018). Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>
- Campos, A. R., da Silva, J. B. L., Santos, G. G., Ratke, R. F., & de Aquino, I. O. (2017). Estimativa de parâmetros das equações de chuvas intensas para estações pluviométricas do Estado da Paraíba, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, 47(1), 15-21.
- CETESB. (1980). *Departamento de Água e Energia Elétrica-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Drenagem Urbana: manual de projetos*. DAEE/CETESB.
- Dorneles, V. R., Damé, R. d. C., Teixeira-Gandra, C. F., Mélo, L. B., Ramirez, M. A., & Manke, E. B. (2019). Intensity-duration-frequency relationships of rainfall through the technique of disaggregation of daily rainfall. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(7), 506-510.
- Ferreira Filho, D. F., Rodrigues, R. S. S., da Silva, M. d. N. A., Fernandes, L. L., & Crispim, D. L. (2020). Aplicação de diferentes métodos de determinação de curvas de intensidade-duração-frequência no município de Belterra no estado do Pará, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(2), e77922073.
- INFRAERO. Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária (2010); ATP Engenharia. *Projeto de Drenagem do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes/Manaus* (Vol. 1). Manaus.
- Lima, J. R. A., Neves, D. J. D., Araújo, L. E. d., & Azevedo, P. V. (2011). Identificação de tendências climáticas no estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geografia (UFPE)*, 28(3), 172-187.
- Martins, D., Gandini, M. L. T., Kruk, N. S., & Queiroz, P. I. B. (2019). Disaggregation of daily rainfall data for the Caraguatatuba city, in São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 24(1), 1-8.
- Miranda, C. T. S., Thebaldi, M. S., & Rocha, G. M. R. B. (2017). Precipitação máxima diária anual e estimativa da equação de chuvas intensas do município de Divinópolis, MG, Brasil. *Scientia Agraria*, 18(4), 9-16.
- Passos, J. B. d. M. C., Silva, D. D. d., & Lima, R. P. C. (2021). Daily rainfall disaggregation coefficients for the Doce River Basin, Brazil: regional applicability and the return period influence. *Engenharia Agrícola*, 41(2), 223-234.
- Penner, G. C., & Lima, M. P. (2016). Comparação entre métodos de determinação da equação de chuvas intensas para a cidade de Ribeirão Preto. *Geosciences*, 35(4), 542-559.
- Pfaffetter, O. (1957). *Chuvas intensas no Brasil*. Ministério da Viação e Obras públicas; DNOS. 420p.
- Santos, D. L., Palácio, H. A. d. Q., Moura, M. M. S., Filho, J. C. R., & Costa, G. B. R. (2019). Determinação das equações de intensidade, duração e frequência de precipitação para cidades do sudeste do estado do Ceará. *Revista Científica Rural*, 21(2), 16-30.
- SANTOS, N. A. (2016). *Modulação regional da precipitação e temperatura da superfície do mar no Estado da Bahia*. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 88.
- Silva, D. D., Gomes Filho, R. R., Pruski, F. F., Pereira, S. B., & Novaes, L. F. (2002). Chuvas intensas no Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(2), 362-367.

Silva, N. D., Oliveira, A. S., & Souza, J. S. (2020). Análise espacial de índices climáticos no estado Bahia, Brasil. *Revista Geama*, 6(2), 34-42.

Silva Neto, V. L. (2016). *Chuvas Intensas no estado do Tocantins*. Gurupi. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Gurupi, 116.

Silva Neto, V. L., Viola, M. R., Mello, C. R. d., Silva, D. D., Pereira, S. B., & Giongo, M. (2017). Daily rainfall disaggregation for Tocantins State, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, 12(4), 605-617.

Souza, R. O. R. M., Scaramussa, P. H. M., Amaral, M. A. C. M., 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), 999-1005.

Teixeira, C. F. A., Damé, R. d. C. F., & Rosskoff, J. L. C. (2011). Intensity-duration-frequency ratios obtained from annual records and partial duration records in the locality of Pelotas - RS, Brazil. *Engenharia Agrícola*, 31, 687-694.

Tucci, C. E. M. (2009). *Hidrologia: ciência e aplicação (Org.)*. Ed. da UFRGS: ABRH.

Weschenfelder, A. B., Klering, E. V., Alves, R. d. C. M., & Pinto, É. J. d. A. (2019). Geração de curvas IDF's para cenários projetados na cidade de Porto Alegre/RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(2), 201-216.