



## ANÁLISE ESTATÍSTICA DO COMPORTAMENTO DAS INTENSIDADES DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DAS MICRORREGIÕES DO SUL BAIANO

### STATISTICAL ANALYSIS OF MAXIMUM PRECIPITATION INTENSITY BEHAVIORS FROM MICROREGIONS IN SOUTH BAHIA, BRAZIL

Davi Santiago Aquino<sup>1</sup>; Lilian Lopes Cordeiro<sup>2</sup>

Artigo recebido em: 16/04/2020 e aceito para publicação em: 07/05/2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v20i3.12388>

**Resumo:** O conhecimento do comportamento da intensidade máxima de precipitação de determinada localidade apresenta grande interesse de ordem técnica nos projetos de obras hidráulicas, como dimensionamento de sistemas de micro e macrodrenagem de águas pluviais em áreas urbanas, rurais e rodoviárias. Neste contexto, o presente trabalho objetivou comparar estatisticamente pelo teste “t” de Student a 5% de significância os valores de intensidade de precipitação máxima entre as três microrregiões da mesorregião do Sul Baiano, para os tempos de precipitação de 10, 30, 60, 120 e 1.440 minutos e períodos de retorno de 2, 10, 50 e 100 anos. Para cada um dos 20 cenários advindos do cruzamento dos valores de duração da precipitação e de período de retorno calcularam-se os valores de intensidade de precipitação dos 70 municípios da mesorregião e as médias microrregionais foram comparadas estatisticamente entre si, a fim de se verificar a ocorrência de heterogeneidade de comportamento da intensidade de precipitação. Verificou-se que as três microrregiões não apresentam grande discrepância entre si e observaram-se disparidades apenas pontuais em determinados cenários, como maior suscetibilidade dos municípios da microrregião de Porto Seguro a precipitações de curta duração.

**Palavras-chave:** Precipitação. Drenagem pluvial. Estatística.

**Abstract:** Our understanding of maximum intensity of precipitation in a given place is of great technical interest for hydraulic works projects such as the dimensioning of micro- and macro-drainage systems for rainwater in urban, rural and road areas. In this context, the present study aimed to compare (statistically, using the Student's t-test at a 5% significance threshold) the values of maximum precipitation intensity between the three micro-regions in the southern area of Bahia, Brazil. We used precipitation times of 10, 30, 60, 120 and 1,440 minutes and return periods of 2, 10, 50 and 100 years. For each of the 20 scenarios that resulted from the crossing of the precipitation duration and return period values, the precipitation intensity values of the 70 municipalities in the mesoregion were calculated and the micro-regional averages were compared in order to verify the occurrence of heterogeneous precipitation intensity behavior. It was found that the three microregions do not have large discrepancies, and only occasional disparities were identified in certain scenarios. One disparity was the greater susceptibility of the Porto Seguro microregion to short-term rainfall.

**Keywords:** Precipitation. Rain drainage. Statistics.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos estudos hidrológicos que subsidiam projetos de drenagem de águas pluviais,

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). E-mail: [davi.aquino@ifba.edu.br](mailto:davi.aquino@ifba.edu.br)

<sup>2</sup> Floram Engenharia e Meio Ambiente. E-mail: [lilian@floram.com.br](mailto:lilian@floram.com.br)

sejam eles de ordem urbana, rural ou rodoviária, requer-se não apenas o conhecimento das precipitações máximas observadas nas séries históricas, mas também a previsão estatística de precipitações máximas com probabilidade de ocorrência com determinada frequência associada a um período de retorno.

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência desse processo hidrológico com duração e distribuição espaço-temporal críticas para uma área ou bacia hidrográfica em estudo. As precipitações máximas são obtidas pontualmente por intermédio de curvas ou da equação de intensidade-duração-frequência (IDF), que relaciona a duração, a intensidade e o risco de a precipitação ser igualada ou superada.

As curvas de IDF são obtidas por intermédio de tratamento estatístico dos dados históricos de precipitação numa área. Para tal, é necessária a obtenção prévia das alturas pluviométricas máximas anuais. A equação de IDF utiliza o conceito de precipitação máxima provável, que é a maior coluna pluviométrica correspondente a uma dada duração fisicamente possível de ocorrer sobre uma área de drenagem em uma determinada época do ano hidrológico (BERTONI e TUCCI, 2015).

Por sua vez, período de retorno, também conhecido como tempo de recorrência ou ainda intervalo de recorrência, é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Portanto, é um parâmetro fundamental para a avaliação e projeto de sistemas hidráulicos e hidrológicos, como reservatórios, canais, vertedores, bueiros, galerias de águas pluviais, etc. (AZEVEDO NETTO e FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, 2015).

Todavia, do volume total precipitado sobre uma área de interesse na qual será concebido o sistema de drenagem ou obra similar, apenas uma parcela escoar sobre a superfície, constituindo a vazão de escoamento a ser drenada para se evitar alagamentos. A parcela que não contribui para essa vazão de escoamento é interceptada pela cobertura vegetal, armazena nas depressões do terreno, infiltrada ou evaporada. A proporção adimensional entre o volume que escoar e o que precipita, dá-se o nome de coeficiente de escoamento superficial e seu valor depende das condições meteorológicas e das características físicas do solo, como declividade, tipo de vegetação, impermeabilização e capacidade de infiltração (TUCCI, 2015).

Assim, nos projetos de drenagem de águas pluviais urbanas, é essencial a estimativa da vazão máxima de escoamento superficial, que se constitui como o pico dos deflúvios associado tanto a uma precipitação considerada crítica quanto a um risco assumido. Desta forma, nesses projetos, as chuvas intensas são aquelas cujo volume precipitado por

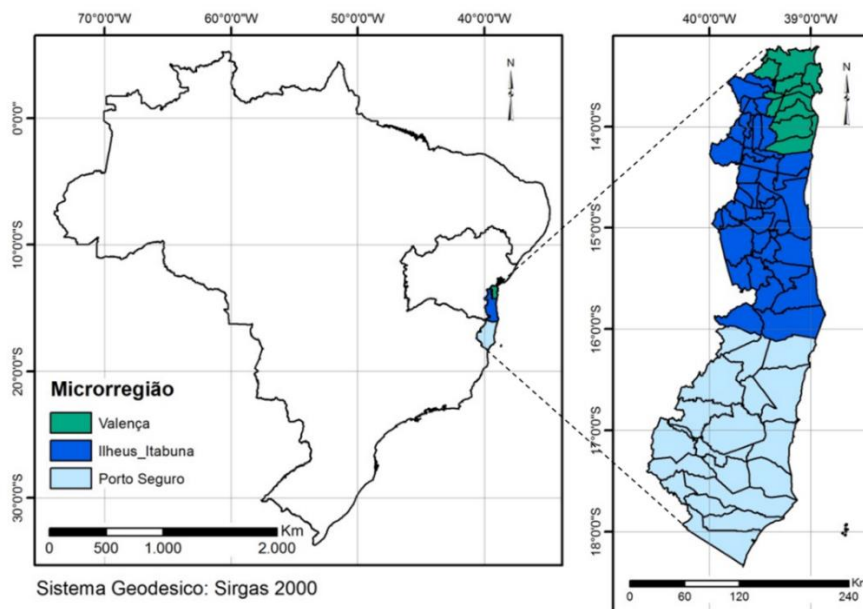
unidade de tempo pode provocar sobrecarga aos sistemas de drenagem, gerando excessivo escoamento pluvial para os elementos que compõem os sistemas de micro e macrodrenagem, tais como: sarjetas, bocas coletoras, condutos de ligação, caixas de ligação, poços de visita e galerias pluviais.

Naturalmente, a intensidade de precipitação máxima é afetada por diversos fatores, sendo um deles a localização geográfica da região de estudo. Neste sentido, este trabalho objetivou analisar as eventuais diferenças estatisticamente significativas para valores de intensidade de precipitação máxima entre as três microrregiões que compõem a mesorregião Sul Baiano em 20 cenários de distintos tempos de precipitação e períodos de retorno.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho teve como área de estudo a mesorregião Sul Baiano, conforme se apresenta Figura 1. Esta mesorregião é identificada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pelo código 290007 e divide-se em três microrregiões, quais sejam: Ilhéus-Itabuna, Porto Seguro e Valença (IBGE, 1990).

**Figura 1** – Microrregiões do Sul Baiano, cujos municípios compuseram a área de estudo do presente trabalho



**Fonte:** elaboração dos autores com base cartográfica extraída de IGEO (2020).

A microrregião Ilhéus-Itabuna é composta por 41 municípios, a de Porto Seguro por 19 e a de Valença por 10. Assim, a área de estudo do presente trabalho abrangeu 70 municípios, sendo cada microrregião considerada como um tratamento estatístico.

Para cada município, por intermédio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) apresentada pela Equação (1), calculou-se a intensidade de precipitação em 20 diferentes cenários advindos dos cruzamentos dos 5 valores de duração de chuva (10, 30, 60, 120 e 1.140 minutos) e dos 4 valores de período de retorno (2, 10, 50 e 100 anos). Valores similares destas duas variáveis foram utilizados por Moruzzi e de Oliveira (2009) e por Pereira *et al.* (2007).

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

Onde:

**i** é a intensidade máxima média de precipitação, em mm h<sup>-1</sup>;

**T** é o período de retorno, em anos;

**t** é a duração da chuva, em minutos; e

**k, a, b, c** são parâmetros adimensionais variáveis com o local de estudo.

Os parâmetros adimensionais da Equação (1) foram obtidos individualmente para cada um dos 70 municípios estudados por intermédio do programa computacional de uso livre Pluvio 2.1 (GPRH, 2006). Este procedimento foi possível porque o programa computacional utilizado possui cobertura integral para o estado da Bahia, o que não ocorre para todo o território nacional. Salienta-se que para as localidades não cobertas pelo programa é necessário recorrer à literatura técnica, que disponibiliza dados específicos, à exemplo dos estudos realizados para os estados do Amapá (BACK e CADORIN, 2020); do Mato Grosso do Sul (SANTOS *et al.*, 2009), do Pará (SOUZA *et al.*, 2012); de Pernambuco (SILVA *et al.*, 2020) para a região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Onça em Brotas – SP (BIELENKI JÚNIOR *et al.*, 2016) e para a cidade de Marabá – PA (LIMA *et al.*, 2020), entre outros.

Para cada um dos 20 cenários considerados, obtiveram-se as médias das intensidades máximas de precipitação de cada microrregião e os 1.400 valores de médias decorrentes deste procedimento metodológico foram sistematizados em planilha eletrônica

para posterior análise estatística de teste de médias. Utilizou-se o teste “t” de Student a 5% de significância por intermédio do programa computacional Microsoft Excel®.

A sistematização dos resultados com sua respectiva análise estatística ocorreu da seguinte forma, para cada um dos 20 cenários abrangidos:

- i. O maior valor médio de intensidade de precipitação da microrregião recebeu o índice A;
- ii. a menor média recebeu o maior índice em ordem alfabética, caso todas regiões fossem estatisticamente diferentes;
- iii. caso uma região fosse estatisticamente igual a outras duas e estas fossem diferentes entre si, a região recebeu os índices destas duas regiões; e
- iv. regiões estatisticamente iguais receberam mesmo índice.

Desta forma, a análise de estatística experimental permitiu fazer inferências acerca de possível heterogeneidade do comportamento das intensidades de precipitação quando comparadas suas médias entre as três microrregiões de estudo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se nas Tabelas 1 a 4 os valores médios de intensidade de precipitação máxima, comparando-se as três microrregiões para cada cenário estudado. Nas referidas tabelas também são apresentados os resultados das análises estatísticas entre as microrregiões.

**Tabela 1** – Médias microrregionais de intensidade de precipitação para 2 anos de período de retorno

<b>Duração da chuva (minutos)</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>1.440</b>
<b>Microrregião</b>	<b>Média de precipitação, mm h<sup>-1</sup></b>				
Ilhéus-Itabuna	91,04 B	64,34 AB	44,95 A	28,30 AB	3,36 A
Porto Seguro	99,03 A	67,58 A	45,56 A	27,36 B	2,59 B
Valença	82,97 C	61,94 B	45,08 A	29,41 A	3,67 A

Valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para uma mesma duração de chuva.

**Fonte:** elaboração dos autores.

**Tabela 2** – Médias microrregionais de intensidade de precipitação para 10 anos de período de retorno

<b>Duração da chuva (minutos)</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>1.440</b>
<b>Microrregião</b>	<b>Média de precipitação, mm h<sup>-1</sup></b>				
Ilhéus-Itabuna	131,50 B	92,90 AB	64,89 A	40,84 A	4,85 A
Porto Seguro	139,87 A	95,43 A	64,32 A	38,63 A	3,65 B
Valença	115,77 C	86,42 B	62,90 A	41,03 A	5,12 A

Valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para uma mesma duração de chuva.

**Fonte:** elaboração dos autores.

**Tabela 3** – Médias microrregionais de intensidade de precipitação para 50 anos de período de retorno

<b>Duração da chuva (minutos)</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>1.440</b>
<b>Microrregião</b>	<b>Média de precipitação, mm h<sup>-1</sup></b>				
Ilhéus-Itabuna	190,01 B	134,18 A	93,71 A	58,96 A	6,99 A
Porto Seguro	197,59 A	134,80 A	90,85 A	54,54 B	5,15 B
Valença	161,54 B	120,59 B	87,77 A	57,25 AB	7,15 A

Valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para uma mesma duração de chuva.

**Fonte:** elaboração dos autores.

**Tabela 4** – Médias microrregionais de intensidade de precipitação para 100 anos de período de retorno

<b>Duração da chuva (minutos)</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>1.440</b>
<b>Microrregião</b>	<b>Média de precipitação, mm h<sup>-1</sup></b>				
Ilhéus-Itabuna	222,68 A	157,23 A	109,79 A	69,08 A	8,19 A
Porto Seguro	229,31 A	156,44 A	105,42 A	63,28 B	5,97 B
Valença	186,47 B	139,19 B	101,31 A	66,09 AB	8,25 A

Valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para uma mesma duração de chuva.

**Fonte:** elaboração dos autores.

Pela análise das informações apresentadas nas Tabelas 1 a 4, podem-se observar decorrências da Equação (1), como maiores valores de intensidade de precipitação obtidos conforme maior período de retorno e/ou menor tempo de precipitação, independentemente da microrregião considerada. Adicionalmente, para curtos tempos de duração de chuva, como 10 e 30 minutos, a microrregião de Porto Seguro apresentou os maiores valores de intensidade de precipitação, enquanto a microrregião de Valença apresentou as menores precipitações, para estas durações de chuva. Assim, os municípios da microrregião de Porto Seguro requerem que seus sistemas de drenagem suportem maiores deflúvios de escoamento para precipitações de curta duração.

Comportamento inverso ao anteriormente discutido foi observado para precipitações com longa duração, da ordem de 120 minutos: a microrregião de Porto Seguro apresentou as menores médias de intensidade de precipitação, evidenciando que os municípios desta

microrregião possuem alta suscetibilidade dos respectivos sistemas de drenagem para precipitações caracterizadas por curta duração e alta intensidade, como ocorrem com chuvas convectivas, popularmente conhecidas por trombas d'água.

Pode-se observar ainda que para a duração de 1.440 minutos, as microrregiões apresentaram mesmo comportamento estatístico para intensidade de precipitação: Ilhéus-Itabuna e Valença são estatisticamente iguais entre si e os municípios da microrregião de Porto Seguro possuem intensidade de precipitação menor do que os que compõem as outras microrregiões.

Por fim, ressalta-se que apenas para curtos períodos de retorno (2 e 10 anos) e durações de chuva (10 minutos) as três microrregiões são estatisticamente diferentes entre si. Tal constatação pode ser explicada pelo fato das peculiaridades de extensão territorial das microrregiões. Ademais, cada uma delas pode apresentar fatores climáticos intrínsecos, o que pode resultar em chuvas rápidas sobremaneira distintas entre as microrregiões abrangidas pelo presente trabalho.

#### 4 CONCLUSÕES

As três microrregiões que compõem a mesorregião do Sul Baiano possuem, de maneira geral, similaridade quanto às suas intensidades de precipitação máxima, sendo observadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias microrregionais em curtos valores de duração de chuva e período de retorno. Esta similaridade pode ser devida à proximidade geográfica entre as referidas microrregiões.

#### REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, M. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

BACK, A. J.; CADORIN, S. B. Chuvas máximas diárias e equações intensidade-duração-frequência para o estado do Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.69844>.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2015.

BIELENKI JÚNIOR, C.; BARBASSA, A. P.; MIRANDA, R. B.; MAUAD, F. B. Determinação de curva intensidade-duração-frequência por meio do emprego do método paramétrico de ajustamento de observações. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.44083>.

GPRH - GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS. **Plúvio 2.1**: chuvas intensas para o Brasil. Viçosa: DEA/UFV, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Brasília: IBGE, 1990.

IGEO - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. **Shapes Estado**. Disponível em: <http://www.twiki.ufba.br/twiki/bin/view/IGeo/ShapesEstado>. Acesso em: 14 abr. 2020.

LIMA, G. V. B. A.; CARVALHO, A. C. G.; PEREIRA, M. M.; BORGES, E. J. N.; RODRIGUES, R. S. S. Métodos de estimativa da Intensidade de chuva para projetos de drenagem urbana em Marabá, Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, 2020.

MORUZZI, R. B.; DE OLIVEIRA, S. C. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.13, 2009.

PEREIRA, S. B.; FIETZ, C. R.; PEIXOTO, P. P. P.; ALVES SOBRINHO, T.; SANTOS, F. M. **Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a Região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007.

SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, 2009.

SILVA, B. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, F. B.; ARAÚJO FILHO, P. F. Chuvas Intensas em Localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 3, 2012.

SOUZA, R. O. R.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M.; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V.; SADECK, L. W. R. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 9, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000900011>.

TUCCI, C. E. M. Vazão máxima e hidrograma de projeto. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2015.