



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



JEOVANE NASCIMENTO DE LIMA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA O CÁLCULO DE  
PRECIPITAÇÕES INTENSAS**

Natal – RN

2019

JEOVANE NASCIMENTO DE LIMA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA O CÁLCULO DE  
PRECIPITAÇÕES INTENSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Universidade Federal do  
Rio Grande do Norte como parte dos  
requisitos para obtenção do grau de  
Engenheiro Ambiental.

Orientador: Profa MSc. Amanda Bezerra  
de Sousa  
Coorientador: Dra Joana D'arc Freire de  
Medeiros

Natal – RN

2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Lima, Jeovane Nascimento de.

Análise comparativa de métodos para o cálculo de precipitações intensas /  
Jeovane Nascimento de Lima. - 2019.

37 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Natal, RN, 2019.

Orientadora: Profa. Ma. Amanda Bezerra de Sousa.

Coorientadora: Profa. Dra. Joana Darc Freire de Medeiros.

1. Drenagem Urbana - Monografia. 2. Precipitação intensa máxima -  
Monografia. 3. Hipótese nula - Monografia. 4. Hipótese alternativa -  
Monografia. 5. Coeficientes - Monografia. I. Sousa, Amanda Bezerra de. II.  
Medeiros, Joana Darc Freire de. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.3

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, autor da vida e porto seguro. A meus familiares, pela paciência, compreensão, auxílio e sustento. A meus professores de base, por toda atenção e disponibilidade em me ajudar. A meus professores e colegas do fundamental e médio, exemplos de luta e persistência diária nesses tempos difíceis, mas que me inspiram e motivam a cada dia a ser tão persistente quanto. Aos meus professores da graduação que ajudaram a expandir meus conhecimentos sobretudo, muito além do que o conteúdo da grade curricular possa oferecer. Aos bons amigos que fiz na Comunidade São Francisco de Assis, no Call Center da Riachuelo, na Secretaria do Ginásio da UFRN, no curso de CeT (UFRN), no curso de Engenharia Ambiental (UFRN), na Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH/RN) e na Teleperformance, por terem dado todo apoio e força nos momentos difíceis. Gratidão especial a minha mãe, Maria Margarida, meus irmãos, Júnior e Juliana, minha avó, Anatecilia, minha Tia, Fatima e seu marido, Antônio, que me deram total suporte com os custos durante esse período. Agradecimento mais que especial a professora Amanda Bezerra que me confiou o tema deste trabalho e colocou-se a disposição pra dar todo o apoio e suporte. Também agradeço Alane Dantas que me deu todo suporte e auxílio com a análise estatística aplicada no trabalho. Por fim, agradeço a tudo e a todos que contribuíram de forma positiva em minha vida. Obrigado!

## Resumo

### **Análise comparativa de métodos para o cálculo de precipitações intensas**

Uma das dificuldades encontradas nos projetos de obras de drenagem está associada à determinação da precipitação intensa máxima provável. Uma das principais soluções para se caracterizar e estimar as precipitações intensas é a utilização de curvas de intensidade - duração - frequência (IDF) ou de desagregação de chuvas diárias. No Brasil, dados de chuvas diárias são mais acessíveis e o método de desagregação é o mais utilizado. Este método consiste em obter coeficientes que relacionam a chuva máxima de 24 horas e a chuva de um dia. Os coeficientes de desagregação propostos pela CETESB (1979) são largamente utilizados, no entanto, Zuffo e Genovez (2000) apontam que estes coeficientes podem proporcionar erros consideráveis, e Abreu (2018) afirma ainda que a aplicação do método ainda carece de uma avaliação em termos estatísticos. Para verificar as afirmativas de Zuffo e Genovez (2000) e Abreu (2018), este trabalho tem como objetivo a realização de uma análise comparativa entre os métodos de desagregação de chuvas diárias e o método da curva IDF por meio do teste da hipótese nula ( $H_0$ ) e da hipótese alternativa ( $H_1$ ) no Brasil. Os resultados mostraram que para a região Norte, o método não rejeita  $H_0$  sob determinadas condições de temperatura e precipitações médias anuais enquanto no Nordeste e Centro Oeste, não rejeita  $H_0$  para o cálculo de chuvas máximas para curta duração sob condições de tamanho da série e clima. No Sudeste, não rejeita  $H_0$  para o cálculo de intensas máximas de longa duração e no Sul, 15 anos de observações foram insuficientes para não rejeitar  $H_0$ . Conclui-se que o ajuste nos coeficientes da CETESB (1979) apresentou desempenho positivo e observou-se que o tamanho da série, clima, temperatura, precipitações médias anuais, altitude e regiões interferem sobre o método.

**Palavras Chaves** – Drenagem Urbana; Precipitação intensa máxima; coeficientes; Hipótese nula; Hipótese alternativa.

## Abstract

### Comparative analysis of methods for the calculation of intense rainfall

One of the difficulties encountered in the projects of drainage works is associated with intense rainfall maximum likely determination. One of the main solutions to characterize and estimate the intense rainfall is the use of intensity-duration curves-frequency (IDF) or daily rainfall disaggregation. In Brazil, daily rainfall data are more accessible and the breakout method is the most widely used. This method consists in obtaining coefficients relating the maximum 24-hour rainfall and rain a day. The coefficients of unbundling proposed by CETESB (1979) are widely used, however, Zuffo and Genovez (2000) point out that these coefficients can provide significant errors, and Abreu (2018) also States that the application of the method still lacks an evaluation in statistical terms. To verify the hypothesis of Zuffo and Genovez (2000) and Abreu (2018), this work aims to carry out a comparative analysis between the daily rainfall disaggregation methods and the IDF curve method through the test of the null hypothesis ( $H_0$ ) and alternate hypothesis ( $H_1$ ). The results showed that for the northern region, the method does not reject  $H_0$  under certain conditions of temperature and average annual rainfall while in the Northeast and Midwest, does not reject  $H_0$  for the calculation of maximum rainfall for short duration under series size and climate. In the Southeast, does not reject  $H_0$  for the calculation of maximum long lasting and intense in the South, 15 years of observations were insufficient to not reject  $H_0$ . It is concluded that the adjustment coefficients of CETESB (1979) showed positive performance and noted that the size of the series, climate, temperature, average annual rainfall, altitude and regions interfere on the method.

**Keywords** – Urban Drainage; Intense rainfall; coefficients; Null hypothesis; Alternate hypothesis.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	5
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
2.1.	Caracterização da área .....	7
2.1.1.	Clima .....	7
2.1.2.	Coleta de dados e Períodos de Análise.....	8
2.2.	Processamento dos dados.....	11
2.3.	Análise estatística aplicada .....	15
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.	CONCLUSÕES.....	22
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
	APÊNDICES.....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tabela para organização dos valores encontrados para precipitação de Natal.....	12
<b>Tabela 2</b> - Relações entre durações. ....	13
<b>Tabela 3</b> - Parâmetros da equação para cada estação. ....	14
<b>Tabela 4</b> - Coeficientes ajustados.....	17
<b>Tabela 5</b> - Intensidades Máximas obtidas da IDF e da Desagregação (DG) para análise estatística.....	27

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Localização geográfica das estações meteorológicas e períodos de coleta dos dados. ....	9
<b>Quadro 2</b> - Análise de rejeição da hipótese nula para chuva de curta duração (CD) e de longa duração (LD).....	20



## 1. INTRODUÇÃO

Uma das dificuldades encontradas nos projetos de obras de manejo de águas pluviais está associada à determinação da precipitação intensa máxima provável que deve ser utilizada para o cálculo de vazões e conseqüentemente dimensionamento das estruturas. Segundo Souza et al. (2013), o conhecimento de eventos hidrológicos extremos é um requisito não só para projetos de drenagem, mas também de impermeabilização e outras obras da engenharia, seja em área urbana ou rural, isso porque permite que o projetista considere os riscos existentes com a execução da obra e associe a melhor alternativa, do ponto de vista econômico, sem se desvencilhar das questões técnicas de desempenho e segurança.

Uma das principais soluções para se caracterizar e estimar as precipitações intensas é a utilização de curvas de intensidade - duração - frequência (IDF), que resultam de análise estatística de séries históricas de pluviógrafos (BERTONI & TUCCI, 1993) ou de desagregação de chuvas diárias (DAMÉ, 2001), obtidas de pluviômetros. De acordo com Damé et al. (2006), os dados pluviográficos permitem conhecer a intensidade das chuvas em intervalos de tempo de 5 minutos, no entanto, nem sempre são tão facilmente disponíveis quanto dados de chuva diária. Assim, uma forma de se buscar dados de precipitação em períodos de tempo menores pode ser a utilização do método que desagrega as chuvas diárias em chuvas de 24 horas de duração e menores, possibilitando estimar as intensidades correspondentes.

No Brasil, dados de chuva com alta discretização temporal são raros, no entanto, dados de chuvas diárias são mais acessíveis, não apenas em termos de tamanho das séries, mas também pela densidade das redes (HERNANDEZ, 2008). A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) possuía em 2017 mais de 21 mil estações sob responsabilidade de várias entidades. A Agência Nacional de Água (ANA) gerencia diretamente 4.610 estações sendo: 2.760 pluviométricas e 1.850 estações fluviométricas (ANA, 2018).

Não havendo posto pluviográfico no local de interesse, também pode-se estimar a chuva a partir dos dados de outro posto pluviográfico, diretamente ou com alguma forma de interpolação espacial, ou utilizar o dado pluviométrico e alguma forma de relação entre ele e durações menores (HERNANDEZ, 2008). No entanto,

Viola et al. (2010) afirmam que, em termos climatológicos, uma investigação mais aprofundada sobre o desempenho dos interpoladores precisa ser conduzida, uma vez que os trabalhos desenvolvidos até o momento não demonstram nem concluem, de forma efetiva, o melhor ou o mais indicado processo de interpolação espacial.

Nos estudos de chuvas, realizados pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), que abrangeram 98 postos pluviométricos (Pfafstetter, 1957), distribuídos principalmente na região sul, com densidade aproximada de um posto para cada 85.000 km<sup>2</sup> observou que, em muitas áreas, os dados disponíveis foram de chuvas diárias registradas nos referidos postos. Cardoso et al. (1998) afirmam que em regiões não contempladas por pluviógrafos, podem-se avaliar chuvas de 24 horas de determinada frequência para se chegar a chuvas de menor duração com mesma frequência.

Devido a esse cenário, o método de desagregação é o mais utilizado no país uma vez que se fundamenta na similaridade das relações entre as intensidades médias máximas de diferentes durações, para locais diferentes e, somente com pequenas variações relacionadas ao período de retorno (ABREU, 2018). Este método consiste em obter coeficientes que relacionam a chuva máxima de 24 horas (obtida em pluviógrafos) e a chuva de um dia (obtida em pluviômetro). Estes coeficientes são transferidos para as demais desagregações como fatores multiplicativos, em cascata, permitindo-se, dessa forma, a caracterização da chuva.

No Brasil, os coeficientes de desagregação propostos pela Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo - CETESB (1979) são largamente utilizados, no entanto, Zuffo e Genovez (2000) apontam que, por se tratar de um estudo realizado há muito tempo, as relações entre diferentes durações apresentadas pela CETESB (1979) foram baseadas em um período muito curto de observações, sendo para a maioria dos locais da ordem de 10 anos de dados pluviográficos e foram obtidos de uma média nacional, portanto, estes coeficientes podem proporcionar erros consideráveis na estimativa de chuvas intensas com durações inferiores a um dia, devido sua generalização.

Abreu (2018) afirma ainda que a aplicação do método da desagregação para a obtenção de equações de chuvas intensas ainda carece de uma avaliação, em termos estatísticos, desde as suas premissas, até a verificação da equivalência em termos de resultados obtidos em relação às informações pluviográficas, além dos erros que o método pode proporcionar.

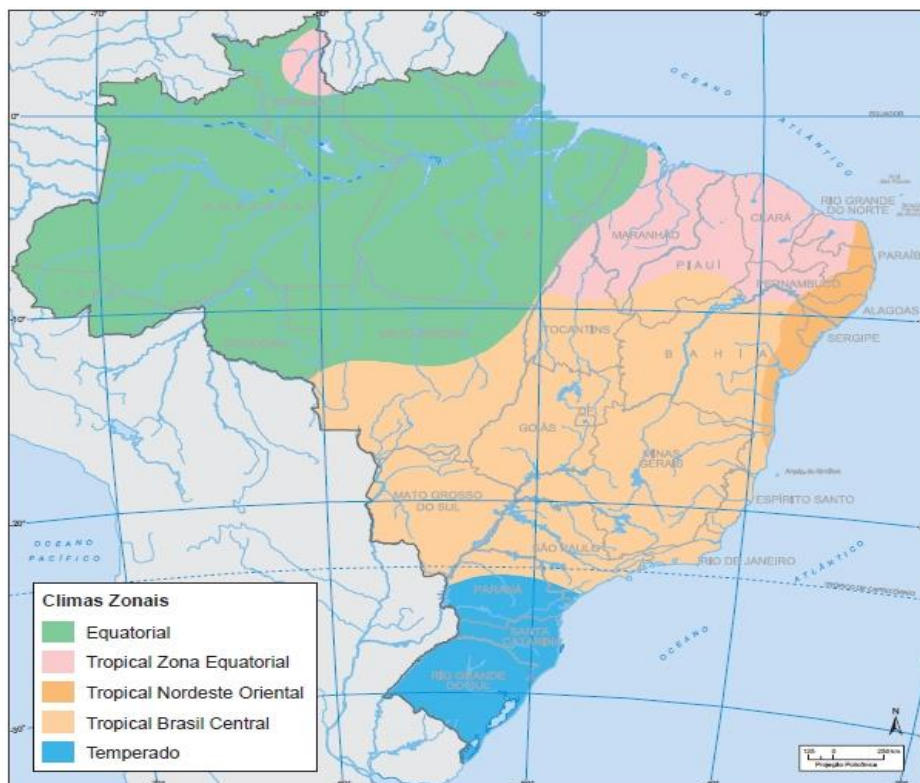
Mediante afirmativa de Zuffo e Genovez (2000) e Abreu (2018) sobre os coeficientes utilizados para desagregação, observando também a possibilidade de substituir o método da interpolação pela utilização da desagregação da chuva diária no cálculo de precipitações intensas máximas, este trabalho tem como objetivo a realização de uma análise comparativa entre os métodos de desagregação de chuvas diárias e o método da curva IDF por meio do teste da hipótese nula (H0) e da hipótese alternativa (H1), para o cálculo das chuvas máximas preestabelecidas para as principais cidades do país.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização da área**

#### **2.1.1. Clima**

O território brasileiro estende-se de 5° 16' de Latitude Norte a 33° 45' de Latitude Sul, situando-se, portanto, no seguimento das baixas latitudes. A linha do Equador, que divide os dois hemisférios terrestres e o trópico de capricórnio atravessam as terras brasileiras indicando as marcas do clima tropical. As principais características desse clima são temperaturas médias superiores a 18°C e diferenças sazonais marcadas pelo regime de chuvas; amplitude térmica inferior a 6° C; circulação atmosférica controlada pela Zona de Conversão Intertropical (ZCIT), baixas pressões equatoriais, alísios e altas pressões subtropicais; regimes fluviais controlados pelo comportamento da precipitação (Ross, 2005). A Figura 1 mostra a classificação zonal do clima brasileiro.



**Figura 1** - Classificação zonal do clima brasileiro. Fonte: IBGE, 1979.

### 2.1.2. Coleta de dados e Períodos de Análise

De acordo com Pereira et al. (2007), a previsão de precipitações máxima que podem ocorrer com determinada frequência pode ser obtida a partir da análise das observações das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo do evento extremo. Estudo feito por Palla et al (2011), que consistiu na investigação do desempenho ótimo dos sistemas de captação de águas pluviais na Itália, demonstrou que 30 anos de registros diários de precipitação são suficientes para permitir a avaliação adequada do desempenho do sistema.

Além dos estudos de Otto, vários trabalhos foram desenvolvidos visando determinar equações IDF para diversos Estados do Brasil, como por exemplo: Estado de Mato Grosso do Sul (SANTOS et al., 2009); Goiás e Distrito Federal (OLIVEIRA et al., 2005); Pelotas - RS (DAMÉ et al., 2008); Formiga – MG (BORGES; THEBALDI, 2016); Lages e Campos Novos – SC (CARDOSO ET AL, 1998) e levou-se em consideração períodos de observações de 15 anos, 25 anos, 17 anos, 12 e 38 anos, e 30 anos, respectivamente e todos apresentaram resultados adequados para o método.

Sendo assim, as séries históricas de chuvas máximas diárias foram obtidas do banco de dados meteorológicos digital do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão do ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e organizadas conforme Quadro 1. Foram analisadas séries históricas de chuvas máximas dos registros de pluviômetros das quais foram selecionadas de 15 a 32 anos de observações consecutivas (1961 a 2018) para 41 das 98 estações estudadas no trabalho de Pfafstetter (1957).

**Quadro 1** - Localização geográfica das estações meteorológicas e períodos de coleta dos dados.

<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Período</b>
AVARE - SP	23°05'55"	48°55'33"	1993 - 2013
BAGE - RS	31°20'00"	54°05'00"	2002 - 2017
BARBACENA - MG	21°15'00"	43°46'00"	1990 - 2005
BARRA DO CORDA-MA	03°30'00"	45°16'00"	1969 - 1988
BELEM - PA	01°27'00"	48°28'00'	1967 - 1988
BELO HORIZONTE - MG	19°56'00"	43°56'00"	1988 - 2018
CAMPOS - RJ	21°45'00"	41°20'00"	1992 - 2007
CAMPOS DO JORDAO - SP	20°42'00"	45°29'00"	1986 - 2002
CATALAO - GO	18°11'00"	47°57'00"	2000 - 2015
CAXIAS DO SUL - RS	29°10'00"	51°12'00"	1988 - 2016
CORUMBA - MS	19°05'00"	57°39'00"	1998 - 2013
CRUZ ALTA - RS	28°38'00"	53°37'00"	1988 - 2017
CUIABA - MT	15°33'00"	56°07'00"	1974 - 1988
CURITIBA - PR	25°26'00"	49°16'00"	1961 - 1991
ENCRUZILHADA DO SUL - RS	30°33'00"	52°31'00"	1988 - 2018
FORMOSA - GO	15°32'00"	47°20'00"	1974 - 2003
FORTALEZA - CE	03°46'00"	38°33'00"	2002 - 2017
GOIANIA - GO	16°41'00"	49°16'00"	1982 - 2011
JOAO PESSOA - PB	07°06'00"	34°52'00"	1981 - 2011
MANAUS - AM	03°08'00"	60°01'00"	1961 - 1991
NATAL - RN	05°46'00"	35°12'00"	1986 - 2015
PARACATU - MG	17°13'00"	46°52'00"	2000 - 2015
PARANAGUA - PR	25°31'12"	48°31'04"	1961 - 1991
PARINTINS - AM	02°38'00"	56°44'00"	1961 - 1976
PASSO FUNDO - RS	27°16'00"	52°25'00"	2003 - 2018
PORTO ALEGRE - RS	30°02'00"	51°13'00"	1988 - 2017
QUIXERAMOBIM - CE	05°12'00"	39°18'00"	2003 - 2018
RESENDE - RJ	22°28'00"	44°27'00"	2003 - 2018
RIO BRANCO - AC	09°58'00"	67°49'00"	2001 - 2014
SALVADOR ONDINA - BA	12°58'16"	38°30'39"	2000 - 2015
SANTA MARIA - RS	29°41'00"	53°49'00"	1988 - 2018
SANTA VITORIA DO PALMAR - RS	33°31'00"	53°22'00"	2003 - 2018
SAO CARLOS - SP	22°01'03"	47°53'27"	1986 - 2016
SAO LUIS - MA	02°32'00"	44°17'00"	1970 - 1999
SAO LUIZ GONZAGA - RS	28°24'00"	54°58'00"	2003 - 2018
SAO SIMAO - SP	21°28'45"	47°33'03"	2003 - 2018
SETE LAGOAS - MG	19°28'00"	44°15'00"	1993 - 2013

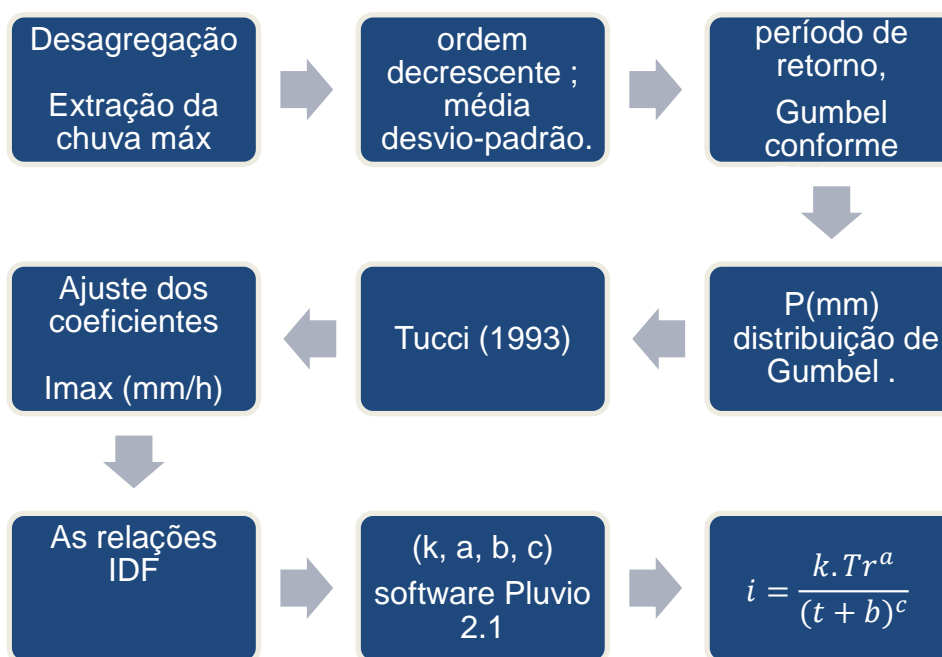
<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Período</b>
TAUBATE - SP	23°01'35"	45°33'19"	1992 - 2014
TERESINA - PI	05°05'00"	42°49'00'	2003 - 2018
TURIACU - MA	01°43'00"	45°24'00"	1976 - 2006
VITORIA - ES	20°19'00"	40°20'00"	2003 - 2018

**Fonte:** Autoria própria.

Para este estudo, o critério de seleção dos postos está associado à disponibilidade de dados.

## 2.2. Processamento dos dados

O processamento dos dados, realização dos cálculos, organização dos dados em tabelas para as intensidades de precipitações máximas de curta e longa duração e análise dos resultados foram realizados com auxílio do software Microsoft Office Excel, versão 2010 conforme Figura 2.



**Figure 2.** Fluxograma de obtenção das intensidades máximas pela desagregação e pela curva IDF.  
**Fonte:** Autoria própria.

Obeve-se então, destas séries históricas, as alturas máximas de chuva de um dia, para cada ano, constituindo a série de chuvas máximas anuais. Os dados foram organizados em ordem decrescente para que a média aritmética e o desvio-padrão da amostra fossem calculados. Esse procedimento possibilitou analisar estatisticamente a probabilidade acumulada e o período de retorno das chuvas intensas, através do método de distribuição de Gumbel conforme Righetto (1998), cujos valores dos parâmetros de distribuição de Gumbel são dados pelas Equações 1 e 2:

$$\beta = 6^{0.5} \cdot \frac{S}{\pi} \quad (1)$$

$$\alpha = (\mu - 0,577 \cdot \beta) \quad (2)$$

Na qual :

S = Desvio padrão dos valores máximos de precipitação diária para a série histórica;

$\mu$  = Média dos valores máximos de precipitação diária.

Para encontrar os valores de precipitação para os tempos de retorno de 5 e 10 anos , curta duração, e 25 anos, longa duração, foram adotadas as Equações 3 e 4:

$$P(1dia, T) = \left[ \left[ -\ln \left( \ln \left( \frac{1}{1 - \left( \frac{1}{T} \right)} \right) \right) \right] \cdot \beta \right] + \alpha \quad (3)$$

$$F = 1 - \left( \frac{1}{T} \right) \quad (4)$$

Na qual  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros da distribuição de Gumbel das Equações 1 e 2;

P (1 dia,T) = Precipitação máxima de 1 dia para o tempo de retorno T;

T = Tempo de retorno em anos;

F = Frequência de ocorrência das chuvas.

Os valores encontrados foram organizados, para cada posto, contendo as variáveis  $\alpha$  e  $\beta$ , os períodos de retorno (T), as frequências (F) de ocorrência das chuvas máximas de um dia dentro dos períodos e as alturas de precipitações máximas diárias obtidas pela distribuição de Gumbel (P) conforme exemplo para a cidade de Natal, na Tabela 1.

**Tabela 1** - Tabela para organização dos valores encontrados para precipitação de Natal

Variáveis	Valores usando a distribuição de Gumbel		
$\beta$	38,55		
$\alpha$	102,47		
<b>Período de retorno T(Ano)</b>	5	10	25
<b>F ( 1 dia; T)</b>	0,8	0,9	0,96
<b>P (1 dia; T) mm</b>	160,301	189,231	225,784

**Fonte:** Autoria própria.

Para a construção dos hietogramas se faz necessário dados de precipitação de curta e longa duração, 60 minutos e 24horas, respectivamente. O método das



relações de duração de chuvas descrito por Tucci (1993) foi utilizado para desagregar chuvas diárias em chuvas de 24 horas e conseqüentemente, em menores intervalos de chuva, através dos coeficientes apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Relações entre durações.

<b>Relação</b>	<b>Coeficiente</b>
5min / 30min	0,34
10min / 30min	0,54
15min / 30min	0,7
20min / 30min	0,81
25min / 30min	0,91
30min / 1h	0,74
1h / 24h	0,42
6h / 24h	0,72
8h / 24h	0,78
10h / 24h	0,82
12h / 24h	0,85
24h / 1dia	1,14

**Fonte: Tucci (1993).**

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Da Cidade do Natal (2009), um padrão de chuva crítica amplamente utilizada em projetos de drenagem urbana é obtido tomando-se todas as chuvas máximas com durações menores a uma duração especificada. Sendo assim, os coeficientes utilizados apresentam certa limitação, uma vez que para a construção do hietograma é necessário o valor da precipitação de 5 a 60 minutos, com intervalos de 5 minutos para as chuvas de curta duração. Enquanto para as chuvas de longa duração é necessário que se tenha dados de precipitação de 1 a 24 horas, com intervalos de hora em hora.

Os coeficientes para as chuvas de 30 minutos propostos por Tucci (1993) foram transformados em coeficientes para chuvas de uma hora por meio da multiplicação direta, uma vez que cada coeficiente de chuva de curta duração corresponde a uma parcela do coeficiente de chuva de uma hora. Os novos valores encontrados foram interpolados e verificou-se que a relação entre o tempo e o

coeficiente de desagregação apresentava comportamento logarítmico, cujo ajuste se deu pela equação 8 e o valor de correlação ( $R^2$ ) corresponde a 0,99.

Para a chuva de longa duração também se usou da interpolação verificando-se relação logarítmica entre o tempo e os coeficientes cujo ajuste se deu pela Equação 9 e o valor da correlação ( $R^2$ ) correspondente a 0,99. É importante observar que os valores dos coeficientes propostos por Tucci (1993), usados para interpolação, foram mantidos e não substituídos pelos coeficientes sugeridos pelo ajuste. Desta forma, os coeficientes que atendessem ao intervalo de tempo desejado foram alcançados e organizados conforme Tabela 4.

Com os coeficientes adaptados foi possível estimar os dados diários de precipitação e, com tais dados, foram construídos os hietogramas críticos para o estudo. As intensidades encontradas foram comparadas com as curvas IDF dos respectivos postos para análise. As relações IDF para as 41 localidades foram calculadas a partir da Equação analítica 5:

$$i = \frac{k \cdot Tr^a}{(t + b)^c} \quad (5)$$

Na qual:

$i$  é a intensidade de ocorrência da precipitação (mm/h);

$Tr$  é o período de retorno (anos);

$t$  é o tempo de duração (minutos);

“ $k$ ”, “ $a$ ”, “ $b$ ” e “ $c$ ” são parâmetros da equação, que variam para cada localidade, obtidos a partir dos dados históricos de precipitação conforme Damé et al. (2006).

A caracterização da equação de IDF da precipitação depende de quatro parâmetros ( $k$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ), apresentados na Equação 5, sendo estes obtidos utilizando o software Pluvio 2.1, elaborado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (FIORIO et al., 2012) com exceção dos parâmetros para o posto de Natal/RN que foi retirado do Plano Diretor de Drenagem de Natal (2009) e organizados conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Parâmetros da equação para cada estação.

Estação	K	a	b	c
AVARE - SP	1940,351	0,16	21,933	0,856
BAGE - RS	604,9	0,21	3,25	0,72
BARBACENA - MG	3000	0,208	23,08	1,003
BARRA DO CORDA-MA	1530,67	0,2	17	0,83

<b>Estação</b>	<b>K</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
BELEM - PA	1373,85	0,15	15	0,8
BELO HORIZONTE - MG	682,874	0,169	3,993	0,671
CAMPOS - RJ	1133,836	0,183	20,667	0,807
CAMPOS DO JORDAO - SP	1895,179	0,127	21,195	0,9
CATALAO - GO	1317,3	0,16	12	0,82
CAXIAS DO SUL - RS	702,71	0,24	8,85	0,74
CORUMBA - MS	1220,98	0,32	13	0,8
CRUZ ALTA - RS	863,25	0,14	3,6	0,7
CUIABA - MT	1790,34	0,2	19	0,9
CURITIBA - PR	5950	0,217	26	1,15
ENCRUZILHADA DO SUL - RS	431,09	0,19	3,7	0,64
FORMOSA - GO	1276,25	0,16	10	0,82
FORTALEZA - CE	491,78	0,21	5	0,64
GOIANIA - GO	2209,74	0,21	21	0,88
JOAO PESSOA - PB	432,76	0,21	3	0,59
MANAUS - AM	1387,98	0,1	12	0,78
NATAL - RN	502,47	0,1431	10,8	0,606
PARACATU - MG	9099,043	0,184	49,164	1,125
PARANAGUA - PR	2052,13	0,157	23,246	0,876
PARINTINS - AM	5775,73	0,18	30	1,02
PASSO FUNDO - RS	670,74	0,21	7,9	0,74
PORTO ALEGRE - RS	627,54	0,31	7,9	0,74
QUIXERAMOBIM - CE	2847,22	0,3	43	0,97
RESENDE - RJ	1652,972	0,182	21,41	0,767
RIO BRANCO - AC	1868	0,21	21	0,86
SALVADOR ONDINA - BA	1288,5	0,2	22	0,81
SANTA MARIA - RS	870,38	0,24	15,2	0,73
SANTA VITORIA DO PALMAR - RS	1036,5	0,28	22,8	0,77
SAO CARLOS - SP	7680,487	0,191	44,042	1,077
SAO LUIS - MA	1131,57	0,18	24	0,74
SAO LUIZ GONZAGA - RS	1038,51	0,15	6	0,76
SAO SIMAO - SP	1998,3	0,113	24,906	0,836
SETE LAGOAS - MG	3938,758	0,161	32,827	1,004
TAUBATE - SP	913,707	0,158	5	0,772
TERESINA - PI	3977,07	0,2	28	0,96
TURIACU - MA	1185,74	0,19	13	0,79
VITORIA - ES	4003,611	0,203	49,997	0,931

Fonte: Autoria própria.

### 2.3. Análise estatística aplicada

Para este estudo, a análise estatística aplicada baseia-se no teste da hipótese nula e da hipótese alternativa. Levine et al. (2008) afirmam que o teste da hipótese exige que se faça uma afirmativa de uma maneira não-ambígua e que, após análise estatística da amostra, se verifique sua combinação com a afirmativa declarada, chamada de hipótese nula ( $H_0$ ), ou com a alternativa mutuamente excludente, chamada de hipótese alternativa ( $H_1$ ).

A hipótese nula é rejeitada quando existem evidências suficientes, a partir de informações da amostra, de que a hipótese é falsa sendo necessária alguma intervenção para corrigir o método ou utilização de outro. Caso a hipótese nula não seja rejeitada, deve-se continuar acreditando no *status quo* de que o método funciona corretamente sem precisar de intervenções corretivas. Assim, Caso a hipótese nula seja não rejeitada, não se prova que o método de desagregação funciona corretamente. Em vez disso, não se consegue provar que o método funciona de forma incorreta e continua-se a acreditar na hipótese nula.

Para uma análise mais específica, após encontrar os valores das intensidades geradas pela desagregação e pela curva IDF, foi utilizado o método racional, Equação 6, como modelo matemático para descrever o comportamento hidrológico de cada intensidade. Segundo Linsley e Franzini (1964, apud Pinto et al., 1976), a imprecisão do método será tanto mais significativa quanto maior for a área da bacia, não sendo recomendado para áreas superiores a 5 km<sup>2</sup>, desta forma utilizou-se da situação hipotética para fins de cálculo onde as chuvas de curta duração que impactam no sistema de microdrenagem foi considerada uma área de 2,5 ha (0,025 km<sup>2</sup>) e o tempo de concentração de 5 minutos, e para as chuvas de longa duração, que são utilizadas para o dimensionamento dos dispositivos de macrodrenagem, considerou-se tempo de concentração de 1 hora e área de drenagem de 5 km<sup>2</sup>.

$$Q = 0,278.C.I.A \quad (6)$$

Na qual,

Q é a vazão de projeto no exutório de uma bacia de drenagem (m<sup>3</sup>/s);

C é o coeficiente de escoamento, fixado igual a 0,95 para a situação hipotética;

i = Intensidade da precipitação de projeto, em mm/h;

A = Área da bacia (km<sup>2</sup>).

O nível de significância  $\alpha$  é de 0,05, o que dá ao teste um nível de confiança de 95%. Os valores críticos da distribuição t, utilizada uma vez que não se conhece o desvio padrão da média de vazões esperadas no teste, com 41-1 graus de liberdade, são encontrados em tabela de distribuição t e correspondem a  $\pm 2,0211$ . A hipótese nula do teste consiste em dizer que a diferença entre as médias das vazões de desagregação e da curva IDF é igual a zero, enquanto a hipótese alternativa

representa que a média da diferença entre as vazões é diferente de zero. Desse modo, a rejeição da hipótese nula implica que existem evidências estatísticas suficientes para afirmar que existe diferença entre os métodos. Esse estudo considerou as seguintes hipóteses:

$$H_0: \mu = 0$$

$$H_1: \mu \neq 0$$

Para comparação entre os métodos, calculou-se a diferença entre os valores de vazão para curta duração (CD) e para longa duração (LD) e aplicou-se a análise estatística para o teste t de hipótese, conforme Equação 7.

$$t = \frac{X - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad (7)$$

Na qual,

X é a média aritmética da diferença das vazões da amostra;

$\mu$  a média aritmética da diferença das vazões esperada do teste;

S o desvio padrão da amostra de tamanho n.

Além disso, buscou-se relacionar empiricamente o resultado da análise de hipótese com outros fatores, como o tamanho da série, o clima, a temperatura, as precipitações médias anuais, a altitude e a região

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ajustes dos coeficientes foram realizados conforme curvas 8 e 9.

$$C_c = 0,2722 \ln(t) - 0,2061 \quad (8)$$

Na qual  $C_c$  é o coeficiente de curta duração e  $t$  é o tempo em minutos.

$$C_l = 0,1731 \ln(t) + 0,4182 \quad (9)$$

Em que  $C_l$  corresponde ao coeficiente de longa duração.

**Tabela 4 - Coeficientes ajustados.**

Relação	Coeficientes
5min / 1h	0,252
10min / 1h	0,400

15min / 1h	0,518
20min / 1h	0,599
25min / 1h	0,673
30min / 1h	0,740
35min / 1h	0,762
40min / 1h	0,798
45min / 1h	0,830
50min / 1h	0,859
55min / 1h	0,885
60min / 1h	0,908
1h / 24h	0,420
2h / 24h	0,538
3h / 24h	0,608
4h / 24h	0,658
5h / 24h	0,697
6h / 24h	0,720
7h / 24h	0,755
8h / 24h	0,780
9h / 24h	0,799
10h / 24h	0,820
11h / 24h	0,833
12h / 24h	0,850
13h / 24h	0,862
14h / 24h	0,875
15h / 24h	0,887
16h / 24h	0,898
17h / 24h	0,909
18h / 24h	0,919
19h / 24h	0,928
20h / 24h	0,937
21h / 24h	0,945
22h / 24h	0,953
23h / 24h	0,961
24h / 1 dia	1,14

**Fonte:** Autoria própria.

As intensidades máximas obtidas pela desagregação e as obtidas pela equação IDF foram organizadas, conforme Tabela 5, no apêndice, para cálculo das vazões e diferenças a fim de aplicar a análise estatística.

Os resultados obtidos foram organizados conforme apresentado no Quadro 2. Foi analisado em quais situações o método não rejeitava a hipótese nula levando-se em consideração a diferença média entre os métodos. Além disso, buscou-se

correlacionar o resultado do teste com outros fatores como região, clima, temperatura média anual, precipitação média anual, tamanho da série histórica e altitude em relação ao nível do mar.

**Quadro 2** - Análise de rejeição da hipótese nula para chuva de curta duração (CD) e de longa duração (LD).

Posto	CD	LD	Região	Clima	Série (anos)	Altitude (m)	
PARINTINS - AM	REJEITA	REJEITA	<b>NORTE</b>	Equatorial úmido	15	29	
<b>BELEM - PA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>			21	10	
MANAUS - AM	REJEITA	REJEITA			30	61,25	
RIO BRANCO - AC	REJEITA	REJEITA			13	160	
NATAL - RN	REJEITA	REJEITA	<b>NORDESTE</b>	Litorâneo Úmido	29	48,6	
SALVADOR - BA	REJEITA	REJEITA			15	51,41	
SAO LUIS - MA	REJEITA	REJEITA		Tropical	29	50,86	
TERESINA - PI	REJEITA	REJEITA			15	74,36	
<b>BARRA DO CORDA-MA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>REJEITA</b>			19	153	
FORTALEZA - CE	REJEITA	REJEITA		15	26,45		
JOAO PESSOA – PB	REJEITA	REJEITA		Litorâneo Úmido	30	7,43	
<b>QUIXERAMOBIM - CE</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>REJEITA</b>		Tropical semiárido	15	79,5	
TURIACU - MA	REJEITA	REJEITA		Tropical	30	44,06	
RESENDE - RJ	REJEITA	REJEITA		<b>SUDESTE</b>	Litorâneo Úmido	15	439,89
SAO CARLOS - SP	REJEITA	REJEITA			Tropical	30	856
SAO SIMAO - SP	REJEITA	REJEITA				15	617,39
TAUBATE - SP	REJEITA	REJEITA	22			577	
<b>VITORIA - ES</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	Litorâneo Úmido		15	36,2	
<b>AVARE - SP</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>REJEITA</b>	Tropical		20	854	
BARBACENA - MG	REJEITA	REJEITA			15	1126	
<b>BELO HORIZONTE - MG</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>			30	915	



Posto	CD	LD	Região	Clima	Série (anos)	Altitude (m)
<b>CAMPOS - RJ</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>		Litorâneo Úmido	15	11,2
<b>CAMPOS DO JORDAO - SP</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>		Tropical	16	1642
<b>PARACATU - MG</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>REJEITA</b>			15	712
<b>SETE LAGOAS - MG</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>			20	732
CORUMBA - MS	REJEITA	REJEITA	<b>CENTRO OESTE</b>	Tropical	15	130
GOIANIA - GO	REJEITA	REJEITA			29	741,48
CATALAO - GO	REJEITA	REJEITA			15	840,47
<b>CUIABA - MT</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>REJEITA</b>			15	145
FORMOSA - GO	REJEITA	REJEITA			29	935,19
<b>CRUZ ALTA - RS</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>SUL</b>	Subtropical úmido	29	472,5
PARANAGUA - PR	REJEITA	REJEITA			30	4,5
PORTO ALEGRE - RS	REJEITA	REJEITA			29	46,97
BAGE - RS	REJEITA	REJEITA			15	242,31
<b>CAXIAS DO SUL - RS</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>			28	759,6
CURITIBA - PR	REJEITA	REJEITA			30	923,5
<b>ENCRUZILHADA DO SUL - RS</b>	<b>NÃO REJEITA</b>	<b>REJEITA</b>			30	427,75
PASSO FUNDO - RS	REJEITA	REJEITA			15	684,05
<b>SANTA MARIA - RS</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>			30	95
<b>SANTA VITORIA DO PALMAR - RS</b>	<b>REJEITA</b>	<b>NÃO REJEITA</b>			15	24,01
SAO LUIZ GONZAGA - RS	REJEITA	REJEITA			15	245,11

Fonte: Autoria própria.

A análise do Quadro 2 possibilitou algumas observações importantes a respeito da aplicabilidade do método de desagregação levando-se em consideração especificidade de cada região do País.

Para a região Norte, caracterizada pelo clima Equatorial úmido, considerando altitude relativamente baixa, temperatura acima de 26°C e chuvas médias anuais acima de 2500 mm, o método não rejeita H0 para o cálculo das intensas máximas de curta e longa duração, o que representa que não há diferença significativa entre os métodos.

A região Nordeste apresenta três climas diferentes, o tropical, litorâneo úmido e o tropical semiárido, no entanto, regiões caracterizadas pelo clima tropical e tropical semiárido não rejeitaram o método para o cálculo de chuvas intensas máximas de curta duração em regiões de maiores altitudes, evidenciando a influência da altitude na aplicação do método.

Para o sudeste, regiões que sofrem influências do clima litorâneo úmido e possuem altitudes relativamente baixas, temperaturas médias anuais que variam de 22°C a 24°C e chuvas anuais média de 1250 mm a 2000 mm, não rejeitam H0 para longa duração para uma série mínima de 15 anos de observação ininterrupta. Nas regiões que sofrem influência do clima tropical, com temperatura que variam de 16°C a 20°C, chuvas médias anuais de 1250 mm a 2000 mm, há evidência de que as grandes altitudes influenciam a não rejeição do método seja para curta, seja para longa duração.

Na região Centro Oeste, de predominância do clima tropical, apresentando temperatura acima de 26°C e chuvas médias anuais de 1250 mm a 1500 mm, séries de 15 anos apresentaram-se suficientes para não rejeição da aplicação do método no cálculo de intensidades para curta duração enquanto que no Sul, região marcada pelo clima subtropical úmido, temperaturas médias anuais que estão abaixo de 16°C variando até 20°C apresentou evidências suficientes de rejeição da hipótese nula, usando séries de 15 anos de observações, no cálculo de intensidades máximas de curta duração.

#### **4. CONCLUSÕES**

- O ajuste do coeficiente proposto pela CETESB (1979) demonstrou desempenho positivo, possibilitando estimar a chuva em intervalos contínuos

de 5 minutos entre 0 e 1 hora e de 1 hora entre 1 e 24 horas facilitando a análise;

- O tamanho da série, o clima, a temperatura, as precipitações médias anuais, a altitude e a região interferem na aplicação do método de desagregação;
- O método da desagregação se aplica no Norte para as chuvas de longa e curta duração. Para as chuvas de curta duração apenas, observa-se que o método se aplica no Nordeste e no Centro Oeste. No Sudeste há evidências de que séries de 15 anos de observações são suficientes para o cálculo de intensas máximas de longa duração nas regiões de clima litorâneo úmido. E No Sul, séries de 15 anos de observações foram insuficientes para não rejeição do método no cálculo de curta duração.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante a realização do processamento dos dados para análise com o teste de hipótese, foi possível observar que na medida em que o teste de comparação se dá sobre os valores da vazão para o dimensionamento das estruturas componentes do sistema de drenagem urbana, temos indícios de uma não rejeição maior para a hipótese nula do que comparando apenas os valores de intensidades. Portanto, recomenda-se a realização de novos estudos voltados a avaliar a diferença entre valores existentes dos dispositivos que compõem o sistema de microdrenagem urbana para as intensidades máximas calculadas a partir do método de desagregação e o método da curva IDF.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Marcel Carvalho. **Desempenho de métodos de desagregação de chuvas intensas**. 2018. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa Minas Gerais – Brasil, 2018. Disponível em: < encurtador.com.br/nBNV0 >. Acesso em: 26 ago. 2018.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas**. -- Brasília: ANA, 2018.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Ed.) **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1993. cap. 5. p.177-241.

BORGES, Giovana Mara Rodrigues; THEBALDI, Michael Silveira. Estimativa da precipitação máxima diária anual e equação de chuvas intensas para o município de Formiga, MG, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.891-902, 25 out. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.1823>.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da Desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 131-140, 1998.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo, 1979. 479p.

DAMÉ, R. C. F. **Desagregação de Precipitação Diária para Estimativa de Curvas Intensidade-Duração-Frequência**. Porto Alegre, 2001. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DAMÉ, Rita de C. F., TEIXEIRA, Claudia F. A., TERRA, Viviane S. S. COMPARAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DE CURVAS INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA PARA PELOTAS - RS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, Sp, v. 28, n. 2, p.245-255, jun. 2008.

DAMÉ, Rita de C. F., TEIXEIRA, Claudia F. A., TERRA, Viviane S. S. Comparação entre curvas Intensidade-Duração-Frequência de ocorrência de precipitação obtida a partir de dados pluviográficos com aquelas estimadas por técnicas de desagregação de chuva diária. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas/RS, v. 12, n. 4, p.505-509, dez. 2006.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental 1980. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo: Dae-Cetesb. 466 p.

FIORIO, Peterson R., DUARTE, Sergio N., RODRIGUES, Guilherme De O., MIRANDA, Jarbas H. De , COOKE , Richard A. Comparação de Equações de Chuvas Intensas para Localidades do Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**,

Jaboticabal, v. 32, n. 6, p.1080-1088, dez. 2012. Disponível em: < [encurtador.com.br/mzJV6](http://encurtador.com.br/mzJV6) >. Acesso em: 11 jan. 2019.

FREITAS, A.J.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; PINTO, F.A.; PEREIRA, S.B.; GOMES FILHO, R.R.; TEIXEIRA, A.F.; BAENA, L.G.N.; MELLO, L.T.A. & NOVAES, L.F. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Companhia de Saneamento de Minas Gerais/Universidade Federal de Viçosa, 2001. 65p.

HERNANDEZ, Valter. Regionalização dos Parâmetros de Escala em Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.91-98, 2008. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH.

IBGE. BRASIL. **Contas Econômicas Ambientais da Água**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/10074/64821>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA -. **Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**. Rio de Janeiro - Brasil: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - Cddi, 2016.

LEVINE, David M., STEPHAN, David F., KREHBIEL, Timothy C., BERENSON, Mark L. **Estatística: teoria e aplicações**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 752 v.

Linsley, R.K. and Franzini, J.B. **Water Resources Engineering**. New York: McGraw-Hill, 1964.

Nimer, E. Um modelo metodológico de classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 41, n. 4, p. 59-89, out./dez. 1979. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg\\_1979\\_v41\\_n4.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1979_v41_n4.pdf)>. Acesso em: mai. 2019.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho D. , CORTÊS, Fernando Cardoso, WEHR, Tiago Roberto, BORGES, Lucas Bernardes, SARMENTO, Pedro Henrique Lopes e GRIEBELER, Nori Paulo. Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas Intensas para Localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, Go, v. 1, n. 35, p.13-18, jan. 2005.

OLIVEIRA, Nielmar - Repórter da Agência Brasil. População brasileira passa de 208,4 milhões de pessoas, mostra IBGE. **Agência Brasil**. Rio de Janeiro, p. 1-1. ago. 2018. Disponível em: < [encurtador.com.br/EFJL8](http://encurtador.com.br/EFJL8) >. Acesso em: 16 jan. 2019.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L.g.. Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems. **Journal Of Hydrology**, [s.l.], v. 401, n. 1-2, p.65-76, abr. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.02.009>.

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. 18p.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Rio de Janeiro, DNOS, 1957. 419p.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP. 840 p. 1998.

PINTO, Nelson L. de Sousa, HOLTZ, Antonio Carlos Tatit, MARTINS, José Augusto, GOMIDE, Francisco Luiz Sibut. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976.

RIO GRANDE DO NORTE. – Secretaria Municipal de Obras e Infra Estrutura de Natal. **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO NATAL**. Natal, 2009. 59 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Geografia do Brasil. [S.l: s.n.], 2005.

SANTOS, Glenio G., OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de, FIGUEIREDO, Cícero Célio de. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb., v. 13, n. 1, p.899-905, maio 2009.

SOUZA, Vinicius Alexandre Sikora de, NASCIMENTO, Rhayanna Kalline do, NUNES, Marcos Leandro Alves e ROSA, Ana Lúcia Denardin da. Análise de chuvas intensas por meio da desagregação de precipitações diárias de Jarú e Machadinho d'Oeste – RO, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró/RN, v. 8, n. 1, p.80-85, mar. 2013.

ZUFFO, Antônio; GENOVEZ, Abel. Chuvas Intensas no Estado de São Paulo: Estudos Existentes e Análise Comparativa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 5, n. 3, p.45-58, 2000. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH. 952 p. 1993.

VIOLA, Marcelo R., MELLO, Carlos R. de, PINTO, Daniel B. F., MELLO, José M. de & ÁVILA, Leo F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb, v. 14, n. 9, p.970-978, mar. 2010.

## APÊNDICES

**Tabela 5** - Intensidades Máximas obtidas da IDF e da Desagregação (DG) para análise estatística.

Postos	Método	Tr <sup>i</sup> (Ano)	Duração	I <sup>ii</sup> (mm/h)
AVARE - SP	DG <sup>iii</sup>	5	C <sup>v</sup>	138,251
	IDF <sup>iv</sup>			149,759
	DG	10	L <sup>vi</sup>	45,718
	IDF			57,782
	DG	25	C	158,571
	IDF			167,323
	DG	25	L	52,437
	IDF			64,559
	DG	25	C	184,245
	IDF			193,743
	DG	25	L	60,927
	IDF			74,753
BAGE - RS	DG	5	C	153,723
	IDF			185,618
	DG	10	L	55,985
	IDF			42,826
	DG	25	C	181,799
	IDF			214,702
	DG	25	L	66,210
	IDF			49,536
	DG	25	C	217,274
	IDF			260,258
	DG	25	L	79,130
	IDF			60,046
BARBACENA - MG	DG	5	C	127,114
	IDF			147,831
	DG	10	L	42,035
	IDF			49,803
	DG	25	C	144,772
	IDF			170,757
	DG	25	L	47,874
	IDF			57,526
	DG	25	C	151,711
	IDF			206,610
	DG	25	L	55,252
	IDF			69,605
BARRA DO CORDA-MA	DG	5	C	153,637
	IDF			162,355
	DG	10	L	50,806
	IDF			57,397
	DG	10	C	177,861
	IDF			186,497

	DG IDF	25	L	58,817	
				65,932	
	DG IDF		C	208,470	
				224,006	
	DG IDF		L	68,938	
				79,192	
BELEM - PA	DG IDF	5	C	156,437	
				159,207	
	DG IDF		L	51,732	
				55,301	
	DG IDF		10	C	175,240
					176,651
	DG IDF	L		57,950	
				61,361	
	DG IDF	25		C	198,998
					202,678
	DG IDF		L	65,806	
				70,401	
BELO HORIZONTE - MG	DG IDF		5	C	165,288
					205,304
	DG IDF	L		54,659	
				55,024	
	DG IDF	10		C	192,828
					230,818
	DG IDF		L	63,766	
				61,862	
	DG IDF		25	C	227,625
					269,477
	DG IDF	L		75,273	
				72,223	
CAMPOS - RJ	DG IDF	5		C	124,459
					110,942
	DG IDF		L	41,157	
				44,031	
	DG IDF		10	C	144,205
					125,946
	DG IDF	L		47,687	
				49,986	
	DG IDF	25		C	169,153
					148,939
	DG IDF		L	55,937	
				59,111	
CAMPOS DO JORDAO - SP	DG IDF		5	C	112,499
					123,033
	DG IDF	L		37,202	
				44,447	



	DG IDF	10	C	131,568	
	DG IDF		L	134,355	
	DG IDF	15	C	43,508	
	DG IDF		L	48,537	
	CATALAO - GO	DG IDF	5	C	155,662
		DG IDF		L	150,936
DG IDF		10	C	51,476	
DG IDF			L	54,527	
DG IDF		25	C	123,092	
DG IDF			L	166,937	
CAXIAS DO SUL - RS	DG IDF	5	C	40,705	
	DG IDF		L	51,110	
	DG IDF	10	C	133,061	
	DG IDF		L	186,516	
	DG IDF	25	C	44,002	
	DG IDF		L	57,105	
CORUMBA - MS	DG IDF	5	C	145,657	
	DG IDF		L	215,967	
	DG IDF	10	C	48,167	
	DG IDF		L	66,121	
	DG IDF	25	C	155,813	
	DG IDF		L	147,862	
CRUZ ALTA - RS	DG IDF	5	C	51,525	
	DG IDF		L	45,132	
	DG IDF	10	C	176,682	
	DG IDF		L	174,624	
	DG IDF	25	C	58,427	
	DG IDF		L	53,300	
CORUMBA - MS	DG IDF	5	C	203,051	
	DG IDF		L	217,575	
	DG IDF	10	C	67,146	
	DG IDF		L	66,410	
	DG IDF	25	C	146,810	
	DG IDF		L	202,377	
CORUMBA - MS	DG IDF	5	C	48,548	
	DG IDF		L	66,027	
	DG IDF	10	C	174,029	
	DG IDF		L	252,633	
	DG IDF	25	C	57,549	
	DG IDF		L	82,423	
CRUZ ALTA - RS	DG IDF	5	C	208,420	
	DG IDF		L	338,713	
	DG IDF	5	C	68,922	
	DG IDF		L	110,507	
	DG IDF	5	C	165,693	
	DG IDF		L	239,797	
CRUZ ALTA - RS	DG IDF	5	C	54,793	
	DG IDF		L	59,098	

	DG IDF	10	C	186,959	
	DG IDF		L	264,233	
	DG IDF	25	C	61,825	
	DG IDF		L	65,120	
	CUIABA - MT	DG IDF	5	C	213,829
		DG IDF		L	300,400
DG IDF		10	C	70,711	
DG IDF			L	74,033	
DG IDF		25	C	137,933	
DG IDF			L	141,429	
CURITIBA - PR	DG IDF	5	C	45,613	
	DG IDF		L	48,402	
	DG IDF	10	C	152,152	
	DG IDF		L	162,460	
	DG IDF	25	C	50,315	
	DG IDF		L	55,600	
ENCRUZILHADA DO SUL - RS	DG IDF	5	C	170,117	
	DG IDF		L	195,134	
	DG IDF	10	C	56,256	
	DG IDF		L	66,782	
	DG IDF	25	C	121,715	
	DG IDF		L	162,603	
FORMOSA - GO	DG IDF	5	C	40,250	
	DG IDF		L	50,294	
	DG IDF	10	C	136,718	
	DG IDF		L	188,995	
	DG IDF	25	C	45,211	
	DG IDF		L	58,458	
FORMOSA - GO	DG IDF	5	C	155,674	
	DG IDF		L	230,571	
	DG IDF	10	C	51,480	
	DG IDF		L	71,318	
	DG IDF	25	C	162,950	
	DG IDF		L	146,582	
FORMOSA - GO	DG IDF	5	C	53,886	
	DG IDF		L	40,994	
	DG IDF	10	C	184,996	
	DG IDF		L	167,215	
	DG IDF	25	C	61,176	
	DG IDF		L	46,765	
FORMOSA - GO	DG IDF	5	C	212,850	
	DG IDF		L	199,014	
	DG IDF	10	C	70,387	
	DG IDF		L	55,658	
	DG IDF	25	C	131,381	
	DG IDF		L	179,216	
FORMOSA - GO	DG IDF	5	C	43,446	
	DG IDF		L	50,675	

	DG IDF	10	C	148,336	
	DG IDF		L	200,235	
	DG IDF	25	C	49,053	
	DG IDF		L	56,618	
	FORTALEZA - CE	DG IDF	5	C	169,759
		DG IDF		L	231,852
DG IDF		10	C	56,137	
DG IDF			L	65,558	
DG IDF		25	C	180,045	
DG IDF			L	157,963	
GOIANIA - GO	DG IDF	5	C	59,539	
	DG IDF		L	47,675	
	DG IDF	10	C	212,376	
	DG IDF		L	182,714	
	DG IDF	25	C	70,230	
	DG IDF		L	55,145	
JOAO PESSOA - PB	DG IDF	5	C	253,226	
	DG IDF		L	221,482	
	DG IDF	10	C	83,739	
	DG IDF		L	66,846	
	DG IDF	25	C	140,082	
	DG IDF		L	176,177	
MANAUS - AM	DG IDF	5	C	46,323	
	DG IDF		L	64,812	
	DG IDF	10	C	157,182	
	DG IDF		L	203,781	
	DG IDF	25	C	51,978	
	DG IDF		L	74,968	
MANAUS - AM	DG IDF	5	C	178,788	
	DG IDF		L	247,020	
	DG IDF	10	C	59,123	
	DG IDF		L	90,874	
	DG IDF	25	C	203,262	
	DG IDF		L	177,913	
MANAUS - AM	DG IDF	5	C	67,216	
	DG IDF		L	52,653	
	DG IDF	10	C	237,742	
	DG IDF		L	205,790	
	DG IDF	25	C	78,619	
	DG IDF		L	60,903	
MANAUS - AM	DG IDF	5	C	281,308	
	DG IDF		L	249,455	
	DG IDF	10	C	93,025	
	DG IDF		L	73,825	
	DG IDF	25	C	189,279	
	DG IDF		L	178,867	
MANAUS - AM	DG IDF	5	C	189,279	
	DG		L	62,592	

	IDF			58,018	
	DG IDF	10	C	215,486	
	DG IDF		L	71,259	
	DG IDF	25	C	248,598	
	DG IDF		L	82,208	
	DG IDF	5	C	232,098	
	DG IDF		L	76,752	
NATAL - RN	DG IDF	10	C	273,986	
	DG IDF		L	90,604	
	DG IDF	25	C	326,911	
	DG IDF		L	108,106	
	DG IDF	5	C	147,863	
	DG IDF		L	48,897	
PARACATU - MG	DG IDF	10	C	162,378	
	DG IDF		L	53,697	
	DG IDF	25	C	180,718	
	DG IDF		L	59,761	
	DG IDF	5	C	194,757	
	DG IDF		L	64,404	
PARANAGUA - PR	DG IDF	10	C	224,704	
	DG IDF		L	74,307	
	DG IDF	25	C	262,543	
	DG IDF		L	86,820	
					70,704

PARINTINS - AM	DG IDF	5	C	196,136
				205,339
	DG IDF	10	L	64,860
				78,360
	DG IDF	25	C	216,655
				232,626
		L	71,645	
			88,773	
PASSO FUNDO - RS	DG IDF	5	C	242,581
				274,338
	DG IDF	10	L	80,219
				104,691
	DG IDF	25	C	176,113
				141,743
		L	58,238	
			41,472	
PORTO ALEGRE - RS	DG IDF	10	C	193,804
				163,952
	DG IDF	25	L	64,089
				47,970
	DG IDF	5	C	216,157
				198,740
		L	71,481	
			58,148	
QUIXERAMOBIM - CE	DG IDF	5	C	134,501
				155,771
	DG IDF	10	L	44,478
				45,576
	DG IDF	25	C	150,453
				193,110
		L	49,753	
			56,501	
QUIXERAMOBIM - CE	DG IDF	5	C	170,610
				256,547
	DG IDF	10	L	56,419
				75,062
	DG IDF	25	C	106,831
				107,971
		L	35,328	
			51,483	
QUIXERAMOBIM - CE	DG IDF	10	C	122,713
				132,928
	DG IDF	25	L	40,580
				63,382
	DG IDF	5	C	142,781
				174,984
		L	47,216	

	IDF			83,436
RESENDE - RJ	DG IDF	5	C	150,132
	DG IDF		L	49,647
	DG IDF	10	C	171,075
	DG IDF		L	204,065
	DG IDF	25	C	56,572
	DG IDF		L	86,055
	DG IDF		C	197,537
RIO BRANCO - AC	DG IDF	5	C	241,098
	DG IDF		L	65,323
	DG IDF	10	C	101,672
	DG IDF		L	148,025
	DG IDF	25	C	158,958
	DG IDF		L	48,950
	DG IDF		L	59,822
SALVADOR ONDINA - BA	DG IDF	5	C	158,972
	DG IDF		L	183,865
	DG IDF	10	C	52,570
	DG IDF		L	69,196
	DG IDF	25	C	172,804
	DG IDF		L	222,878
	DG IDF		L	57,144
SANTA MARIA - RS	DG IDF	5	C	83,878
	DG IDF		L	194,378
	DG IDF	10	C	123,161
	DG IDF		L	64,279
	DG IDF	25	C	50,083
	DG IDF		L	220,469
	DG IDF		L	141,475
	DG IDF	5	C	72,907
	DG IDF		L	57,530
	DG IDF	10	C	253,436
	DG IDF		L	169,929
	DG IDF	25	C	83,808
	DG IDF		L	69,101
	DG IDF		C	175,189
	DG IDF	5	L	142,743
	DG IDF		L	57,933
	DG IDF	10	C	54,679
	DG IDF		L	202,204
	DG IDF	25	C	168,579
	DG IDF		L	66,866
	DG IDF		L	64,576
	DG IDF	25	C	236,338
	DG IDF		C	210,043

	DG IDF		L	78,154 80,459
SANTA VITORIA DO PALMAR - RS	DG IDF	5	C	182,083 125,709
	DG IDF			L
	DG IDF	10	C	
	DG IDF			L
	DG IDF	25	C	
	DG IDF			L
	SAO CARLOS - SP	DG IDF	5	
DG IDF		L		46,154 70,203
DG IDF			10	C
DG IDF		L		
DG IDF			25	C
DG IDF		L		
SAO LUIS - MA	DG IDF		5	C
	DG IDF	L		
	DG IDF		10	C
	DG IDF	L		
	DG IDF		25	C
	DG IDF	L		
SAO LUIZ GONZAGA - RS	DG IDF		5	C
	DG IDF	L		
	DG IDF		10	C
	DG IDF	L		

	DG IDF	25	C	251,055
	DG IDF		L	272,047
SAO SIMAO - SP	DG IDF	5	C	83,021
	DG IDF		L	69,702
	DG IDF	10	C	122,663
	DG IDF		L	139,930
	DG IDF	25	C	40,563
	DG IDF		L	58,486
SETE LAGOAS - MG	DG IDF	5	C	133,303
	DG IDF		L	151,331
	DG IDF	10	C	44,082
	DG IDF		L	63,251
	DG IDF	25	C	146,747
	DG IDF		L	167,839
TAUBATE - SP	DG IDF	5	C	48,527
	DG IDF		L	70,151
	DG IDF	10	C	160,549
	DG IDF		L	132,978
	DG IDF	25	C	53,091
	DG IDF		L	53,994
TERESINA - PI	DG IDF	5	C	181,680
	DG IDF		L	148,678
	DG IDF	10	C	60,079
	DG IDF		L	60,369
	DG IDF	25	C	208,379
	DG IDF		L	172,312
	DG IDF	5	C	68,908
	DG IDF		L	69,965
	DG IDF	10	C	119,602
	DG IDF		L	199,179
	DG IDF	25	C	39,551
	DG IDF		L	46,954
	DG IDF	5	C	136,453
	DG IDF		L	222,232
	DG IDF	10	C	45,123
	DG IDF		L	52,389
	DG IDF	25	C	157,743
	DG IDF		L	256,851
	DG IDF	5	C	52,164
	DG IDF		L	60,550
	DG IDF	10	C	142,989
	DG IDF		L	191,242
	DG IDF	10	C	47,285
	DG IDF		L	74,585
	DG IDF	5	C	161,617
	DG IDF		L	219,680
	DG IDF	10	C	53,445
	DG IDF		L	85,676



	DG	25	C	185,153
	IDF			263,863
	DG		L	61,228
	IDF			102,908
TURIACU - MA	DG	5	C	199,342
	IDF			164,108
	DG		L	65,920
	IDF			54,296
	DG	10	C	231,245
	IDF			187,208
	DG		L	76,470
	IDF			61,939
	DG	25	C	271,555
	IDF			222,809
	DG		L	89,800
	IDF			73,718
VITORIA - ES	DG	5	C	199,663
	IDF			133,072
	DG		L	66,026
	IDF			69,794
	DG	10	C	233,513
	IDF			153,178
	DG		L	77,220
	IDF			80,339
	DG	25	C	276,281
	IDF			184,492
	DG		L	91,363
	IDF			96,763

Fonte: Autor (2019).

<sup>i</sup> Tempo de Retorno

<sup>ii</sup> Intensidade máxima de 1 dia

<sup>iii</sup> Desagregação

<sup>iv</sup> Curva Intensidade Duração e Frequência

<sup>v</sup> Curta duração

<sup>vi</sup> Longa duração