

ORGANIZADORES:
EDUARDO CABRAL DA SILVA
LUCIANA DE OMENA GUSMÃO
CÍCERO FELLIPE DINIZ DE SANTANA
WENDELL JOSÉ SOARES DOS SANTOS

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



DIREÇÃO EDITORIAL: Betijane Soares de Barros
REVISÃO ORTOGRÁFICA: Próprios autores
DIAGRAMAÇÃO E DESIGNER DE CAPA: Editora Hawking
IMAGENS DE CAPA: canva.com

O padrão ortográfico, o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas do autor. Da mesma forma, o conteúdo da obra é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu autor.



Todos os livros publicados pela Editora Hawking estão sob os direitos da Creative Commons 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

2020 Editora HAWKING
Avenida Fernandes Lima, 2437, Farol. Maceió/AL.
www.editorahawking.com.br
editorahawking@gmail.com

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Eduardo Cabral; Gusmão, Luciana de Omena; Sanatana, Cícero Fellipe Diniz; Santos, Wendell José Soares.

P923 Precipitação Pluviométrica / Silva, Eduardo Cabral; Gusmão, Luciana de Omena; Sanatana, Cícero Fellipe Diniz; Santos, Wendell José Soares – Maceió/Alagoas: Editora Hawking, 2020, v. 1, 161f. il.; 21,0 cm.

ISBN: 978-65-88220-09-2

DOI:

Disponível em: <https://www.editorahawking.com.br/>

1. Chuva. 2. Estatística. I. Silva, Eduardo Cabral; II. Gusmão, Luciana de Omena; III. Sanatana, Cícero Fellipe Diniz; IV. Santos, Wendell José Soares. V. Precipitação Pluviométrica. v. 1 Maceió/Alagoas: Editora Hawking.

CDD: 620

Índice para catálogo sistemático:

1. Engenharia Hidráulica 627

EDUARDO CABRAL DA SILVA
LUCIANA DE OMENA GUSMÃO
CÍCERO FELLIPE DINIZ DE SANTANA
WENDELL JOSÉ SOARES DOS SANTOS

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Maceió-AL
2020



Direção Editorial

Dra. Betijane Soares de Barros, Instituto Multidisciplinar de Maceió – IMAS (Brasil)

Conselho Editorial

Dra. Adriana de Lima Mendonça/Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil), Universidade Tiradentes - UNIT (Brasil)

Dra. Ana Marlusia Alves Bomfim/ Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil)

Dra. Ana Paula Moraes Carvalho Macedo /Universidade do Minho (Portugal)

Dra. Andrea Marques Vanderlei Fregadolli/Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil)

Dr. Eduardo Cabral da Silva/Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (Brasil)

Dr. Fábio Luiz Fregadolli//Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil)

Dra. Maria de Lourdes Fonseca Vieira/Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil)

Dra. Jamyle Nunes de Souza Ferro/Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil)

Dra. Laís da Costa Agra/Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ (Brasil)

Dra. Lucy Vieira da Silva Lima/Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil)

Dr. Rafael Vital dos Santos/Universidade Federal de Alagoas – UFAL (Brasil), Universidade Tiradentes - UNIT (Brasil)

SUMÁRIO

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS PRECIPITAÇÃO E
EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO
DE RIACHO DAS ALMAS – PE 9**

Aysllandson Carlos da Silva

Wendell José Soares dos Santos

**EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA A
CIDADE DE BUÍQUE-PE29**

Amanda Mayanne Pereira de Almeida

Eduardo Cabral da Silva

Arianny Élide Amorim Simões

Alany Raquel Souza

Sarah Raquel Araújo Mesquita

Clauton de Almeida Silva

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM
– PE ENTRE OS ANOS DE 2002 E 201845**

José Felipe Freire Aragão

Nathalia Danielle da Silva

Myllena Beatriz Alpes da Silva

Sebastião de Souza França

Igor José Lucas Gonzaga e Silva

Matheus Gomes Diniz Paes

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PLUVIOMETRIA E
OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS
NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA-PE.....70**

Rui Patrício Kehrle Medeiros

Edson Alves da Silva

Eduardo Cabral da Silva

Henrique Tavares Lima

Welitania Maria de Melo

Lucas Sivanildo da Silva

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO
MUNICÍPIO DE QUIPAPÁ - PE ENTRE OS ANOS DE
2004 E 2018110**

Abner Pautiel Bezerra da Silva

Eduardo Cabral da Silva

Maria Letícia Carvalho de Santana

Jonas Henrique de Carvalho Oliveira

Sebastião de Souza França

Luciana de Omena Gusmão

**ESTUDO DAS CHUVAS INTENSAS NA MATA SUL
DE PERNAMBUCO: estudo de caso dos eventos
ocorridos em junho de 2010130**

Laíza Bianca da Cunha Torres

Eduardo Cabral da Silva

Sebastião de Souza França

Tácila Mendes Cordeiro

Marcela Camila Brainer Alves

Luciana de Omena Gusmão

APRESENTAÇÃO

Há muito tempo, a sociedade lida com os problemas e conflitos gerados a partir da má gestão da água, diante de sua disponibilidade e distribuição espacial. Por sua importância, os recursos hídricos influenciam a cultura, o desenvolvimento da economia e o destino de diversas civilizações, desde o passado, no presente e no futuro.

O processo de urbanização de forma desordenada dos municípios brasileiros tem provocado impactos significativos na qualidade de vida da população. Com desenvolvimento urbano ocorre gradativamente a substituição da cobertura natural, por pavimentos impermeáveis e isso provoca alterações significativas em alguns componentes do ciclo hidrológico. Entre as alterações destacam-se: o aumento no escoamento superficial e a redução na taxa de infiltração. Na grande maioria das vezes estes dois fenômenos ocorrem simultaneamente, resultando em problemas de alagamento e inundações por conta de um aumento e aceleração do pico de vazão em bacias, comparado ao observado antes da urbanização.

Sabe-se que no Brasil existe uma distribuição irregular dos recursos hídricos ao longo de todo o seu território, sendo o Nordeste brasileiro uma região como característica grande irregularidade na precipitação, sendo seu comportamento decorrente de um conjunto de fatores, como: suas características fisiográficas e influência da vários sistemas atmosféricos, fenômenos estes transientes. Estas características de grande variabilidade espacial e temporal das chuvas na região, torna-se um fator prejudicial às localidades atingidas, pois tanto podem provocar enchentes como também secas.

Quem já trabalhou nas áreas voltadas para a gestão e planejamento dos recursos hídricos sabe que o conhecimento da distribuição espacial e temporal das chuvas é fundamental para a tomada de decisões, tanto no que tange a disponibilidade e acesso à água para as atividades e o bom desenvolvimento socioeconômico, como também para um melhor direcionamento da água em eventos de chuvas intensas de forma segura por meio do dimensionamento dos sistemas de drenagem urbana.

Diante do exposto, o desenvolvimento de pesquisas científicas que proporcionem informações da realidade local de distribuição de chuvas ao longo do ano para os municípios

brasileiros se torna fundamental. E o conhecimento de suas chuvas intensas pode evitar problemas como: erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, mau funcionamento de sistemas de drenagem, dentre outros.

Este livro traz, portanto, uma abordagem muito útil para engenheiros, tecnólogos, arquitetos e técnicos de nível médio, que trabalhem na área de gestão, planejamento dos recursos hídricos e no desenvolvimento de projetos hidráulicos.

Cada capítulo poderá ser visto separadamente, auxiliando a leitura e compreensão dos vários conteúdos abordados. O livro traz tópicos importantes dentro do tema de precipitação e chuvas intensas que pode ser do interesse, principalmente dos profissionais que atualmente aplicam os conhecimentos dentro da gestão de água e de obras hidráulicas. Assim o livro possui o intuito de contribuir para o conhecimento das chuvas e suas implicações em alguns municípios do Nordeste.

Se tratando de conteúdos mais específicos, também buscou-se contribuir com o trabalho de profissionais que atuam na área de drenagem urbana e segurança hídrica, com uma linguagem simples e atualizada, através de uma árdua pesquisa bibliográfica. O material constituinte do livro, são

artigos e trabalhos de conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil, que revelam o interesse comum de estudar e estimular a reflexão sobre os avanços nesta linha de pesquisa como forma de contribuir com as a mitigação dos problemas ambientais no contexto dos recursos hídricos.

Agradecemos a todos os leitores e esperamos que a leitura das linhas que se seguem estimule o crescimento científico prático sobre análise estatística de pluviometria e chuvas intensas, subsidiando possíveis aplicações em estudos e projetos de obras hidráulicas e gestão dos recursos hídricos, contribuindo assim, para o desenvolvimento sustentável.

Wendell José Soares dos Santos

CAPÍTULO 1



ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS PRECIPITAÇÕES E EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO DE RIACHO DAS ALMAS – PE

Aysllandson Carlos da Silva¹
Wendell José Soares dos Santos²

RESUMO

No Brasil o constante aumento da urbanização de forma desordenada nas cidades vem causando grande impacto na qualidade de vida da população. Durante a urbanização ocorre a substituição da cobertura vegetal, natural, por pavimentos impermeáveis e isso gera alterações significativas em alguns componentes do ciclo hidrológico. Entre as alterações destaca-se: redução na taxa de infiltração e aumento no escoamento superficial, conseqüentemente essas alterações no ciclo hidrológico geram um aumento na frequência e proporção das inundações e alagamentos nas cidades. Estes problemas surgem devido à falta de planejamento sustentável durante a urbanização, falta de controle do uso do solo, assim como, ocupações de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados. Sendo assim, este

¹ aysllandon@outlook.com

² wendell.santos@professores.unifavip.edu.br

trabalho tem como objetivo analisar o regime e a tendência das precipitações e suas chuvas intensas no município de Riacho das Almas - PE se utilizando de uma análise estatística usando como base os dados pluviométricos do posto (56) de onde foi analisada uma série histórica de 1993-2019. O regime pluviométrico para essa série caracterizou-se com valor médio anual de 366,9 mm, com uma leve tendência de decréscimo dos totais anuais nos últimos anos. Foi constatado que o período de chuvas ocorre entre os meses de fevereiro a julho, sendo junho o mês mais chuvoso. Em relação a importância das equações de chuvas intensas, elas são essenciais para elaboração de projetos hidráulicos e hidrológicos que necessitam definir a chuva de projeto para poder obter a vazão de projeto. Por conta da pouca quantidade de informações no estado de Pernambuco quanto às equações de chuvas intensas foi determinado às relações intensidade-duração-frequência para o município de Riacho das Almas, a partir da estação 56, por meio da análise estatística dos dados pluviométricos coletados do posto.

Palavras-chave: Precipitação. Chuvas intensas. Drenagem urbana.

INTRODUÇÃO

Quando se inicia a urbanização de uma região antes não ocupada, essa região passa por inúmeras mudanças que podem gerar grandes alterações na topografia do local assim como no seu ciclo hidrológico. Por esse motivo deve-se realizar antes um estudo do local para analisar os impactos dessa urbanização além de estabelecer um planejamento a fim de lidar com eventuais problemas como a drenagem urbana do local.

Diante disso, tem-se o município de Riacho das Almas, localizado no agreste pernambucano, com clima semiárido onde alguns meses concentram a maior parte da precipitação, e o restante do ano sofre com o período de estiagem. Logo, compreender como se comporta a distribuição das chuvas ao longo do ano se faz importante, pois contribuirá para o planejamento das diversas atividades desenvolvidas no município.

Desse modo, esse trabalho tem como objetivo analisar o regime e a tendência das precipitações e suas chuvas intensas no município de Riacho das Almas a partir de uma análise estatística e com isso contribuir para o desenvolvimento do município.

METODOLOGIA

O trabalho teve as referências teóricas adquiridas por meio de uma revisão bibliográfica correspondentes a diversos aspectos relacionados a análise pluviométricas e métodos estatísticos, através dos dados obtidos na revisão bibliográfica foi analisado a tendência e o regime pluviométrico no município de Riacho das Almas – PE.

Área de estudo

Fundado em 27/12/1953 o município de Riacho da Almas (Figura 1) está localizado na região do agreste Pernambucano. Apresentando um clima semiárido onde alguns meses concentram a maior parte da precipitação, e o restante do ano sofre com o período de estiagem.

De acordo com o IBGE (2019), o município se encontra com uma população aproximada de 20.546 habitantes, uma área de 314,003 Km² e uma densidade demográfica de 61,02 hab/Km².

Figura 1 - Localização do município de Riacho das Almas.



Fonte: Santos (2012).

Coleta de dados

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos a partir da estação Riacho das Almas (código 56 da APAC). Dessa estação foi extraída uma série histórica de 26 anos, que conta com dados a partir do ano de 1993 a 2019.

Análise estatística

A partir da análise da precipitação total anual da série histórica será obtido seu índice pluviométrico médio assim como o ano mais seco e chuvoso dessa série.

O período seco e chuvoso do município será caracterizado a partir de um valor de referência médio mensal obtido a partir da precipitação média anual acumulada no período de 1993 a 2019.

Com o intuito de analisar o comportamento global do regime pluviométrico da cidade de Riacho das Almas e determinar os valores discrepantes (*outliers*), será construído um gráfico *box-plot* a partir dessa série histórica.

A partir de uma análise descritiva referente aos dados mensais e anuais da série histórica, foi construído um quadro contendo informações como: a mediana, média, desvio padrão, valor máximo e mínimo, coeficiente de curtose (CK), coeficiente de assimetria (CAS), coeficiente de variância (CV) e limite superior e inferior do intervalo com 95% de confiança para a média.

Para analisar a tendência das precipitações para esse histórico, foram construídos gráficos de média móvel para 2, 5 e 10 anos. Esta análise tem como objetivo, verificar a variabilidade temporal da precipitação no município de Riacho das Almas.

Análise de frequência de chuvas

A estimativa da frequência de chuva, foi realizada a partir da distribuição de Gumbel-Chow, onde foram estimados os valores de chuva para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

Em relação as alturas pluviométricas, foi necessário ajustar os intervalos de tempo de modo a definir para cada ano os valores extremos de precipitação como proposto por Pizarro (2003). Desta forma, foram determinadas as alturas máximas referentes a durações de 5, 10, 20, 30, 60, 360, 480, 600, 720, e 1440 minutos. Consequentemente, foram geradas as séries de máximas precipitações anuais para cada duração e em seguida foi obtida a curva IDF.

De acordo com Tucci (2001), a curva IDF pode ser adaptada a equações genéricas, que fornecem relações matemáticas entre a intensidade, duração e frequência das precipitações. Essas equações são chamadas de equações de chuvas intensas, e são geralmente expressas pela Equação 1:

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

Onde:

i = intensidade da precipitação (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

t = duração (min)

K, a, b, c = parâmetros locais

Para esse estudo foi utilizado uma variação da Equação 1 proposta por Aparicio (1997) onde ele estabelece uma alternativa para obter uma equação que gera as curvas da IDF por meio de um modelo de regressão linear, a fim de extrapolar a equação gerada, para áreas que carecem de registros pluviométricos. Portanto, para análise do comportamento das variáveis envolvidas neste estudo, relacionando simultaneamente as três variáveis em uma família de curvas, sendo expressa pela Equação 2:

$$I = \frac{k.T^m}{D^n} \quad (2)$$

Onde:

I = intensidade da precipitação (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

D = duração (min);

K, m, n = constantes de regressão linear.

Para obter a expressão na forma de um modelo de regressão linear múltipla, os logaritmos que foram aplicados à Equação 2, são expressos pela Equação 3 como:

$$\log I = \log K + m \log T - n \log D \quad (3)$$

A Equação 3 também pode ser expressa de outra forma como mostrado na Equação 4:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 \quad (4)$$

Onde:

$$y = \log I \quad a_0 = \log K$$

$$X_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \log D \quad a_2 = -n$$

A partir disso, calculados os coeficientes a_0 , a_1 e a_2 foi possível encontrar os valores de k , m e n . Substituindo os parâmetros estimados na equação de chuvas intensas (Equação 1), obtém-se a equação IDF específica para o município de Riacho da Almas referente a estação (56).

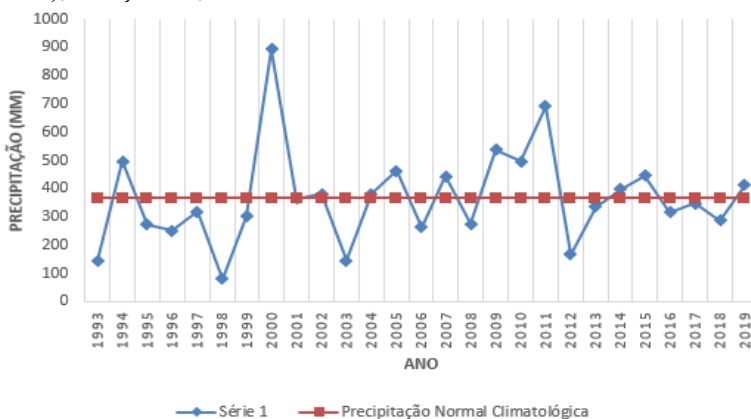
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de dados de pluviometria

O Gráfico 1 a seguir apresenta a distribuição do total anual das precipitações ocorridas no município de Riacho das Almas, entre os anos 1993 a 2019. O município apresenta um índice pluviométrico médio para esse período de 366,9

mm anuais. Segundo o gráfico o ano de 2000 foi o ano mais chuvoso com cerca de 894,4 mm e o ano 1998 foi o menos chuvoso com 79,1 mm.

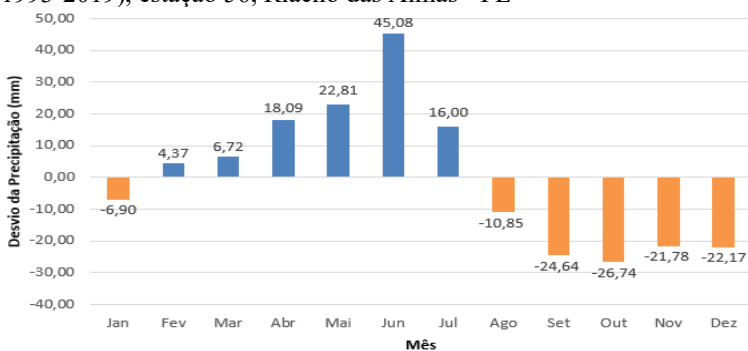
Gráfico 1 - distribuição do total anual das precipitações (1993-2019), estação 56, Riacho das Almas – PE.



Fonte: Autoria própria.

Para determinar o período seco e chuvoso, foi utilizado um valor médio mensal obtido da precipitação média anual acumulada entre os anos de 1993 a 2019, valor esse de 30,58 mm. Adotando esse valor como divisor entre os períodos de seca e chuva foi criado o Gráfico 2. Diante desse gráfico é possível notar que o período de chuvas do município ocorre entre os meses de fevereiro e julho, tendo os meses de junho e outubro sendo respectivamente, o mês mais chuvoso e mais seco do ano.

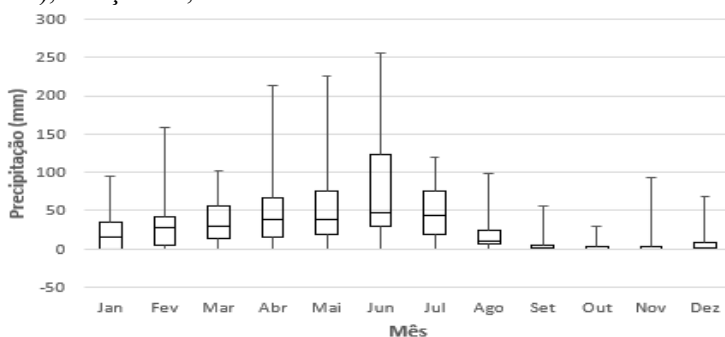
Gráfico 2 - Parâmetros estatísticos da precipitação média mensal (1993-2019), estação 56, Riacho das Almas - PE



Fonte: Autoria própria.

A partir do gráfico *box-plot* (Gráfico 3), é possível notar que o período de chuvas do município ocorrer entre os meses de fevereiro a julho, tendo eles médias maiores que a média anual de 30,58mm. Nesses meses mais chuvosos observou-se uma maior variabilidade em torno da média.

Gráfico 3 - Gráfico Box-plot da precipitação média mensal (1993-2019), estação 56, Riacho da Almas – PE.



Fonte: Autoria própria.

O Quadro 1 apresenta os resultados da estatística descritiva da precipitação acumulada mensal e anual. Pode-se observar que junho teve a maior precipitação média, sendo ela de 75,66 mm e outubro a menor apresentando 3,84 mm.

Todos os meses tiveram uma distribuição assimétrica positiva, indicando que os valores médios são maiores que a mediana de modo que mais da metade dos dados se encontram abaixo da média. Todos os meses tiveram um coeficiente de variação (Cv) acima de 50% e em relação aos coeficientes de curtose (Ck) calculados para cada mês, eles variam entre valores positivos e negativos, indicando uma distribuição de frequência platicúrtica (menor que a distribuição normal) e leptocúrtica (maior que a distribuição normal).

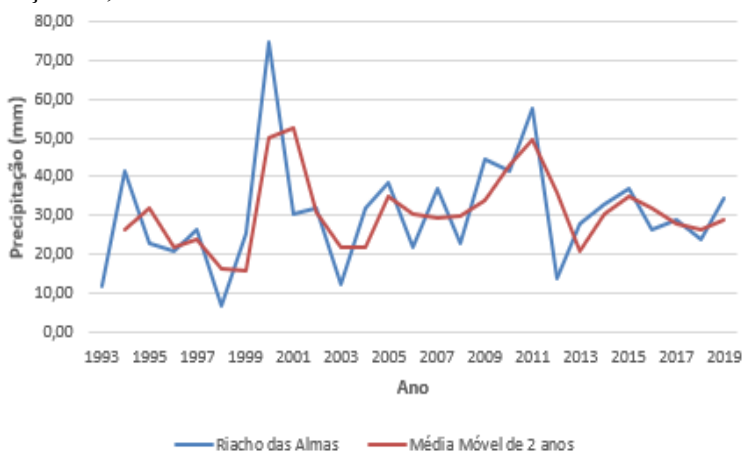
Quadro 1 - Parâmetros estatísticos da precipitação média mensal, estação 56, Riacho das Almas – PE.

Mês	n	Média	LI 95%	LS 95%	Mínimo	Máximo	Mediana	Desvio padrão	Coeficientes		
									Cv	Cas	Ck
Jan	27	23,68	12,95	34,41	0	94,8	16,3	28,45	120,14	1,28	0,80
Fev	27	34,95	19,42	50,48	0	158	28,4	41,17	117,80	1,84	3,25
Mar	27	37,30	26,11	48,49	0	101,4	29	29,67	79,56	0,67	-0,47
Abr	27	48,67	31,35	65,99	0	213,5	38,6	45,91	94,34	1,95	5,41
Mai	27	53,39	33,95	72,82	0	225,6	37,9	51,52	96,51	1,80	3,93
Jun	27	75,66	50,68	100,65	0	256	47	66,23	87,54	1,04	0,48
Jul	27	46,57	33,88	59,27	0	119,7	43,2	33,65	72,25	0,38	-0,89
Ago	27	19,73	11,36	28,09	0	98,6	10,3	22,17	112,42	2,08	5,24
Set	27	5,94	1,57	10,31	0	56,6	2,1	11,58	194,95	3,56	14,62
Out	27	3,84	0,91	6,76	0	29	0	7,75	202,00	2,21	4,18
Nov	27	8,80	0,66	16,94	0	93	0	21,57	245,09	3,11	9,86
Dez	27	8,41	2,10	14,72	0	69,2	1	16,73	198,87	2,74	7,47

Fonte: Autoria própria.

No Gráfico da média móvel a cada 2 anos (Gráfico 4), é possível notar que durante todo o histórico ocorre uma grande variação nos valores entre as precipitações totais anuais. Durante grande parte do histórico a precipitação anual se encontra superior à média, indicando anos chuvosos.

Gráfico 4 - Média móvel da precipitação total anual a cada 2 anos, estação 56, Riacho das Almas - PE

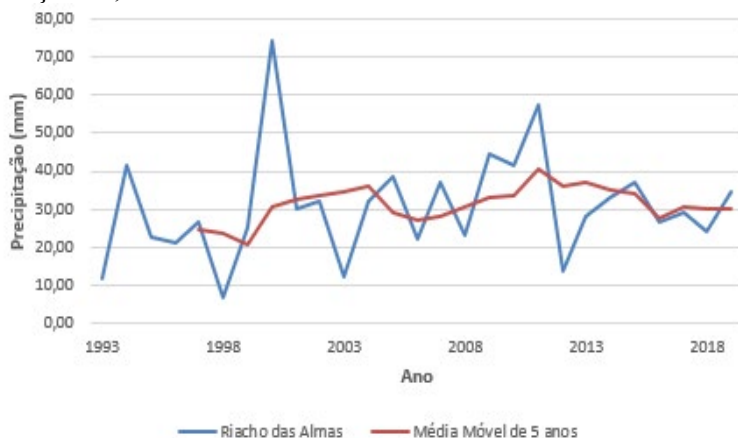


Fonte: Autoria própria.

De acordo com o gráfico da média móvel a cada 5 anos (Gráfico 5), é possível notar uma maior amplitude na precipitação anual se comparado a média móvel a cada 2 anos. A maioria dos valores anuais está abaixo da média,

indicando que para a média móvel a cada 5 anos houveram mais anos secos.

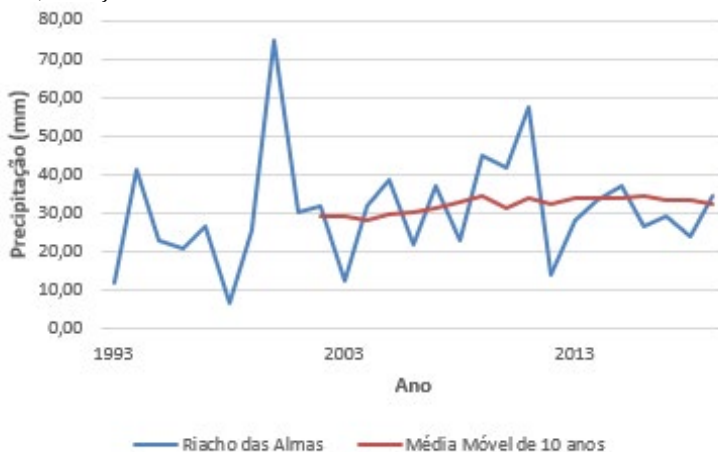
Gráfico 5 - Média móvel da precipitação total anual a cada 5 anos, estação 56, Riacho das Almas - PE



Fonte: Autoria própria.

No caso do gráfico da média móvel a cada 10 anos (Gráfico 6), ao comparar com os gráficos da média móvel cada 2 e 5 anos, é possível notar que quanto mais aumenta o período da média, menor se torna a variação da tendência, a tornando quase linear. A linha de tendência disposta entre os anos 2002 a 2019 permanece estável oscilando entre 28,24 mm e 34,55 mm

Gráfico 6 - Média móvel da precipitação total anual a cada 10 anos, estação Riacho das Almas – PE.



Fonte: Autoria própria.

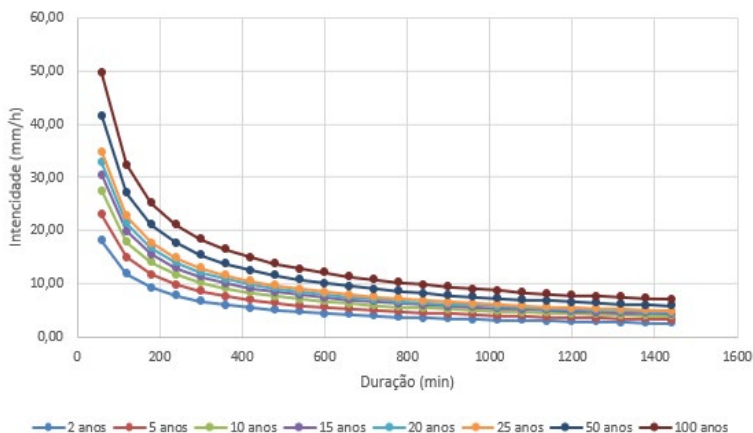
Análise de chuvas intensas

O Gráfico 7 apresenta a curvas IDF, para o período de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, com uma duração de chuva de 1.440 minutos (24 horas) e com a intensidade de chuva sendo expressa em mm/hora.

A partir da análise dos dados pluviométricos da estação 56 do município de Riacho das Almas, foi possível a criação da equação de chuva do município como mostrado na Equação 5 sendo:

$$I = \frac{188,7819.T^{0,257713}}{D^{0,61639}} \quad (5)$$

Gráfico 7 – Curva IDF para o período de 1997 a 2019, estação 56, Riacho da Almas-PE.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados pluviométricos da série histórica para o município de Riacho das Almas, foi constatado que o município apresenta um índice pluviométrico médio de 366,9 mm anuais, tendo seu período de chuvas composto pelos meses de fevereiro a julho e os anos de 1993 e 2000 sendo respectivamente o ano mais seco e chuvoso da série.

Analisando os gráficos da média móvel é possível notar uma tendência crescente entre os anos de 2004 a 2011, de modo que esse período deve ser levado em consideração para elaboração de projetos hidráulicos e hidrológicos, por

apresentar uma precipitação anual com uma variação elevada e distinta.

A partir da análise dos dados também foi possível a elaboração do gráfico da curva IDF, juntamente com a elaboração da equação de chuva do município.

Existem poucos estudos científicos para o município de Riacho das Almas no que diz respeito a área hidrológica, em razão disso, o conteúdo elaborado tem como objetivo contribuir significativamente para a elaboração de futuros projetos hidráulicos e hidrológicos e incentivar o desenvolvimento de mais estudos para o município.

REFERÊNCIAS

APARICIO, F. **Fundamentos de Hidrologia de Superfície**. Belderas: Limusa, 1997. 303 p.

BRACARENSE, P.A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. Curitiba: IESDE Brasil S. A. 2012.

CAZORLA, I. et al. **Estatística para os anos iniciais do ensino fundamental**. 1º. ed., Brasília: Sociedade Brasileira de Educação Matemática - SBEM, p. 121, 2017.

GUEDES, Terezinha Aparecida et al. Estatística descritiva. In: **Projeto de ensino aprender fazendo estatística**. São Paulo: USP, 2005, p. 1-49. Disponível em:<http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_Estatistica_Descritiva.pdf>.

KIST, A.; VIRGENS FILHO, J. S. Análise probabilística da distribuição de dados diários de chuva no estado do Paraná. **Revista Ambiente & Água**. 10.1: p. 172-181, 2015.

LATORRE, M. R. D.; Cardoso, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: Uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. 4: p.145-152, 2001.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 37.1: p.37-44, 2013.

MELLO, C. R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 27.5: p.925-933, 2003.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**. 31.2: p.229-239, 2016.

NAGHETTINI, M. C.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 561 p.

NETO, P. V. **Estatística descritiva: Conceitos básicos**. São Paulo. 2004.

PIZARRO, R., ABARZA, A., FARÍAS, C., & JORDÁN, C. (2003). **Construcción de curvas IDF (Intensidad-Duracion-Frecuencia) em zonas semiáridas de Chile central**. In: XII Congreso Forestal Mundial (p. 11). Québec - Canada.

PORTELA, M. M. et al. Tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas. **Revista Recursos hídricos**. 32: p.43-60, 2011. Disponível em:
<http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/1302/3/artigo_JFS_RRH_2011.pdf>

SANTOS, J. J. **Avaliação do arranjo produtivo local de confecção no município de riacho das almas no estado de Pernambuco**. Recife, PE, 2012. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

SILVA, B. M. et al. Chuvas Intensas em localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 17.3: p.135-147, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. **Provável efeito urbano nas relações IDF das chuvas de Porto Alegre**. 2.2: p.93-107, 1997.


Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Andre_Luiz_Lopes_Da_Silveira/publication/242591438_Provavel_efeito_urban_o_nas_relacoes_IDF_das_chuvas_de_Porto_Alegre/links/540224460cf2bba34c1b7d42.pdf>

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**, 2a ed. Porto Alegre: Editora Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 7.1: p.5-27, 2001.

CAPÍTULO 2



EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA A CIDADE DE BUÍQUE-PE

Amanda Mayanne Pereira de Almeida¹

Eduardo Cabral da Silva²

Arianny Élide Amorim Simões³

Alany Raquel Souza⁴

Sarah Raquel Araújo Mesquita⁵

Clauton de Almeida Silva⁶

RESUMO

Nos últimos anos uma grande parte dos municípios brasileiros vem enfrentando diversos problemas socioambientais, principalmente no que diz respeito as precipitações intensas. O presente estudo foi realizado na cidade de Buíque-PE, local que apresenta diversos eventos de precipitações intensas, que acabam ocasionando enchentes. Para que possam ser realizadas propostas de intervenção é necessário conhecer o regime hidrológico da região e a sua equação de chuvas intensas (IDF), tendo em vista que para o dimensionamento de obras hidráulicas esses

¹ amanda.mayanne22@hotmail.com

² eduardo.csilva@professores.unifavip.edu.br

³ ariannyamrim@gmail.com

⁴ arsars17@hotmail.com

⁵ sarah.raquel.mesquita@gmail.com

⁶ eng.clautonalmeida@hotmail.com

parâmetros são imprescindíveis. Os dados de precipitações utilizados no estudo, foram obtidos através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e corresponde aos anos de 1921 a 2018, os mesmos possuem algumas discrepâncias, totalizando um período de 61 anos. Como os valores de precipitações são obtidos para uma discretização temporal de 24 horas, foi necessário realizar a desagregação de chuvas, pelo método estabelecido pelo DAEE/CETESB (1980) em períodos fracionados. Posteriormente, com os dados desagregados foi possível obter os parâmetros a serem substituídos na equação geral de chuvas intensas, determinando a IDF para o município de Buíque-PE de acordo com o seu regime pluviométrico.

Palavras-chave: Chuvas intensas. Intensidade. Duração. Frequência.

INTRODUÇÃO

Como uma consequência do êxodo rural, em decorrência da Revolução Industrial, houve uma grande expansão do território urbano. Fato que possibilitou o surgimento de diversos impactos na infraestrutura dos municípios brasileiros, relacionados a deficiência no planejamento e gerenciamento dessas áreas por meio dos governantes. Em decorrência desses problemas, algumas mudanças ambientais também foram desencadeadas, gerando uma variação climática e pluviométrica (MIGUEZ, VERÓL E REZENDE, 2015).

De acordo com Cecílio et. al. (2009, p. 82-92), as variações são marcadas por chuvas intensas em pequenos intervalos de tempo e mudanças bruscas no clima. Estas acabam resultando em grandes escoamentos superficiais, causando danos e prejuízos, devido a ocorrência de enchentes, alagamentos, ilhas de calor, erosões no solo e assoreamento nos corpos hídricos.

Para que sejam realizadas propostas de intervenção e para que seja possível realizar o dimensionamento das obras de caráter hidráulico, um dos principais elementos que deve ser levado em consideração são os dados hidrológicos, ou

seja, as precipitações. Tendo em vista que a mesma será utilizada para determinar a intensidade de chuvas, através das equações de chuvas intensas ou curva de Intensidade – Duração – Frequência (IDF), no qual por meio de estatísticas é possível analisar os eventos extremos (ALMEIDA, 2019).

Dias (2010) afirma que as equações de chuvas intensas são obtidas por meio de dados hidrológicos, monitorados em um determinado intervalo de tempo, com o uso de instrumentação de quantificação de precipitação, sendo os pluviômetros um dos mais conhecidos e aplicados. Permitindo assim estabelecer os parâmetros k , m , d e n que compõe essa equação (IDF).

Silva (2018), afirma que para ser realizada uma análise hidrológica e o desenvolvimento de uma IDF, é necessário uma série de dados de no mínimo 30 anos, com as precipitações máximas. Contudo, a realidade brasileira de monitoramento é bastante deficiente. Os dados pluviométricos são encontrados com mais frequência na escala diária, o que exige para fins de elaboração da equação de chuvas intensas, o processo de desagregação de chuvas que implica no fracionamento das chuvas diárias. Esse processo de desagregação de chuvas apresenta resultados satisfatórios e tem a vantagem de ser de simples utilização.

São empregados com muita frequência, os coeficientes de desagregação disponibilizados e desenvolvidos pelo DAEE/CETESB (1980).

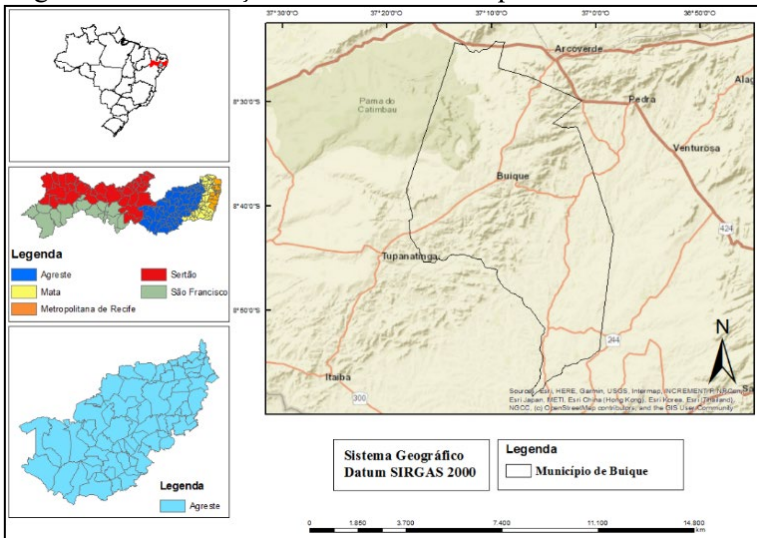
Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar uma análise hidrológica e a determinação da equação de chuvas intensas (IDF) da cidade de Buíque-PE.

METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O município de Buíque está localizado no Agreste pernambucano, entre a latitude 08°37'23'' sul e longitude 37°09'21'' oeste, pertencente ao semiárido brasileiro e sendo inserido na região do Vale do Ipanema. Pertencente a bacia hidrográfica do Rio Ipanema e tendo o reservatório do Mulungu como principal fonte de abastecimento, com uma capacidade de 1.281 m³. A Figura 1 apresenta a localização da cidade.

Figura 1 – Localização da Cidade de Buíque-PE



Fonte: Elaboração própria.

Análise Hidrológica e Equação de Chuvas Intensas

Para a realização da análise hidrológica foi necessário obter os dados de precipitação do município de Buíque-PE, através do site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Os dados pluviométricos disponibilizados correspondem aos anos de 1921 a 2018, com algumas descontinuidades, totalizando um período de 61 anos. Esses valores de precipitação estão disponibilizados em uma discretização temporal de 24 horas, portanto foi necessário realizar o processo de desagregação, com os valores

máximos anuais, através dos coeficientes disponibilizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficientes de Desagregação de Chuvas Propostos Pelo DAAE/CETESB (1980).

Relação entre durações	CETESB (1980)
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
20min/30min	0,81
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
2h/24h	-
3h/24h	-
6h/24h	0,72
12h/24h	0,85
24h/1dia	1,14

Fonte: Silva, 2018.

Após esse processo foi possível obter os parâmetros k , m , d e n que compõem a equação de chuvas intensas (KRULL, 2016) para o município, os quais foram substituídos na equação geral de chuvas intensas, conforme a Equação 1.

$$i = \frac{k \cdot TR^m}{(t+d)^n} \quad (1)$$

Onde:

i = intensidade pluviométrica (mm/h);

TR = tempo de retorno (anos);

t = duração da chuva (min);

k , m , d e n = parâmetros obtidos por meio dos dados pluviométricos.

Para o cálculo das intensidades pluviométricas e posterior elaboração da curva IDF, foram utilizadas as seguintes durações de chuvas 5, 10, 20, 25, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos e os tempos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

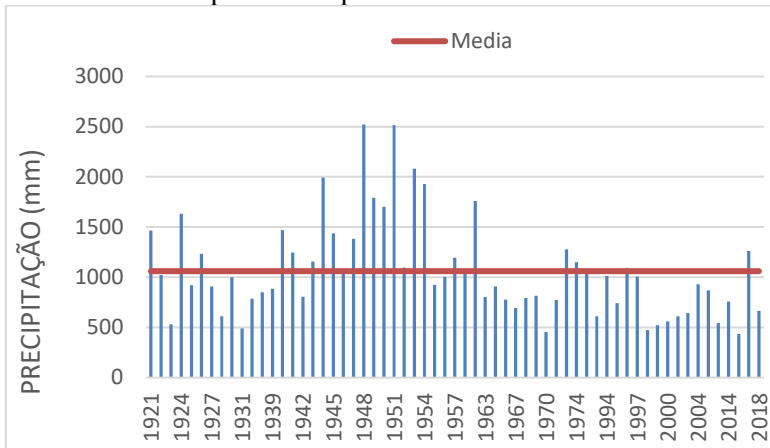
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise Hidrológica e Equação de Chuvas Intensas

O Gráfico 1 apresenta os totais pluviométricos anuais do período de 61 anos, da cidade Buíque-PE, o qual retrata uma média anual de precipitação de 1.060,47 mm. Através do mesmo, é observado uma grande variação da pluviometria com a maioria dos anos apontando-se abaixo da média anual. Alguns anos apresentam destaques de precipitação máximas e mínimas, assim como o ano de 1948 com a maior precipitação desse período, 2.519,9mm e o ano de 2016, com

a menor correspondendo a 437,2mm. É notável que a partir do ano de 1965 ocorreu uma redução da precipitação, sem grandes alterações até o ano de 2018.

Gráfico 2 – Acumulado anual de precipitação do período de 1921 a 2018 no município de Buíque-PE.

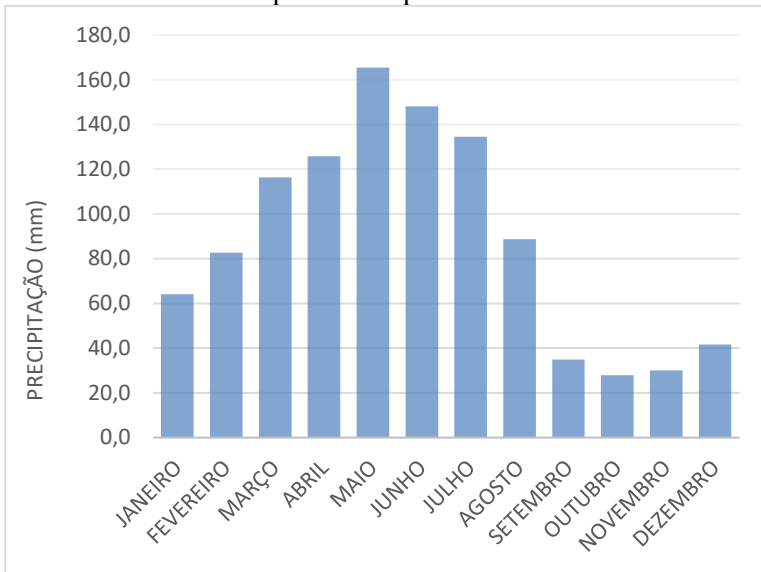


Fonte: Elaboração própria.

No entanto, o Gráfico 2 mostra a variabilidade sazonal da precipitação média durante os meses do ano, para o período de 1921 a 2018 no município de Buíque. Analisa-se que com a chegada do inverno, no trimestre de maio (165,5 mm), junho (148,1 mm) e julho (134,6 mm), o município apresenta um período mais chuvoso, por consequência aumenta a ocorrência do período de chuvas intensas. Por outro lado, nos meses de setembro (34,9 mm),

outubro (27,9 mm) e novembro (30,1 mm), há um acúmulo menor de precipitação. Os meses com o maior e menor acúmulo mensal de precipitação, correspondem, respectivamente, a maio (165,5 mm) e outubro (27,9 mm).

Gráfico 3 – Variabilidade sazonal da precipitação do período de 1921 a 2018 no município de Buíque-PE



Fonte: Elaboração Própria.

De acordo com os dados de precipitação, foi determinado os parâmetros que compõem as equações de chuvas intensas (IDF), através das séries de máximos anuais do período de 1921 a 2018. Devido a disponibilidade dos dados pluviométricos serem com discretização temporal de

24 horas, houve a necessidade do processo de desagregação das chuvas com os coeficientes estabelecidos pelo DAEE/CETESB (1980).

Posterior ao processo de desagregação de chuvas foi possível estabelecer os parâmetros da equação de chuvas intensas, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Buíque-PE

k	693,45
m	0,1387
d	7
n	0,7364

Fonte: Elaboração própria.

Esses parâmetros foram substituídos na equação geral de chuvas intensas expressa pela Equação 1, resultando na equação de chuvas intensas para a cidade de Buíque-PE, expressa na Equação 2.

$$i = \frac{693,45 * TR^{0,1387}}{(t+7)^{0,7364}} \quad (2)$$

Por meio da equação de chuvas intensas do município (Equação 2), foi possível determinar as intensidades

pluviométricas em função das durações de chuvas de 5, 10, 20, 25, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos e tempo de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos. Sendo obtidos os seguintes resultados expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Intensidades de precipitações (mm/h) da cidade de Buíque-PE

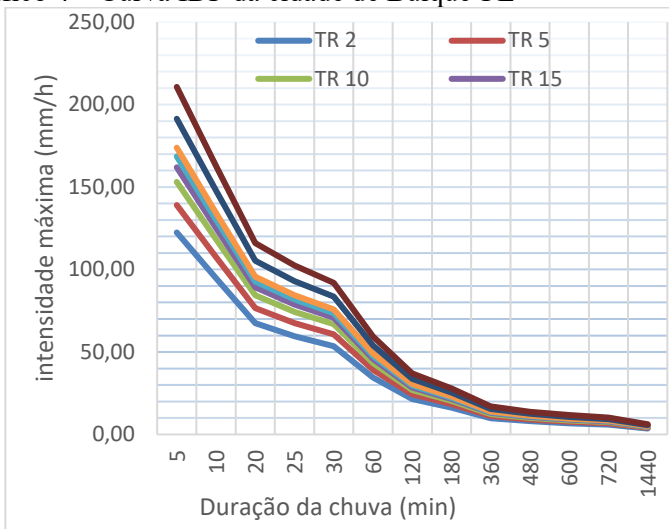
Duração (minutos)	Tempo de Retorno (anos)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	122,48	139,08	153,11	161,97	168,56	173,86	191,40	210,72
10	94,77	107,61	118,47	125,32	130,43	134,53	148,10	163,05
20	67,41	76,54	84,27	89,14	92,77	95,69	105,34	115,97
25	59,48	67,54	74,36	78,66	81,86	84,43	92,95	102,33
30	53,45	60,69	66,82	70,68	73,56	75,87	83,53	91,96
60	34,52	39,20	43,15	45,65	47,51	49,00	53,94	59,39
120	21,55	24,47	26,94	28,50	29,66	30,60	33,68	37,08
180	16,21	18,41	20,26	21,44	22,31	23,01	25,33	27,89
360	9,87	11,20	12,33	13,05	13,58	14,01	15,42	16,97
480	8,01	9,10	10,01	10,59	11,02	11,37	12,52	13,78
600	6,81	7,73	8,51	9,01	9,37	9,67	10,64	11,72

720	5,96	6,77	7,46	7,89	8,21	8,47	9,32	10,26
1440	3,59	4,08	4,49	4,75	4,94	5,10	5,61	6,18

Fonte: Elaboração própria.

Com base nos dados dispostos na Tabela 3, foi possível elaborar a curva IDF do município de Buíque-PE, disposta no Gráfico 3.

Gráfico 4 – Curva IDF da cidade de Buíque-PE



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 3, pode-se afirmar que as chuvas de maiores intensidades possuem pequenas durações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise hidrológica e a elaboração da equação de chuvas intensas para o município de Buíque-PE, no qual é de suma importância para o dimensionamento de obras hidráulicas. Para a realização da IDF destaca-se os trabalhos realizados por Silva (2018) e Almeida (2019), que serviram como base para este estudo.

Pode-se concluir que o município de Buíque-PE, apresenta um regime hidrológico bastante heterogêneo durante o período em questão (1921 a 2018). Ainda foi possível estabelecer a equação de chuvas intensas, que servirá como base para o dimensionamento de obras hidráulicas no município e até mesmo para municípios que apresentem as mesmas características geográficas e climáticas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. P. **Proposta de Implantação de uma Bacia de Detenção para Mitigação de Enchentes no Centro da Cidade de Buíque – PE.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – UNIFAVIP|WYDEN.

APAC, Agência Pernambucana de Água e Clima. **Monitoramento Pluviométrico.** <Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>> Acesso em: 21 out. 2019.

CECÍLIO, R. A. *et. al.* **Avaliação de Interpoladores para os Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas no Espírito Santo.** *Amби-Água*, Taubaté, v.4, n.3, p.82-92, 2009.

DIAS, F. S. ANTUNES, P. T. S. C. **Estudo Comparativo de Projetos de Drenagem Convencional e Sustentável para Controle de Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica.

KRULL, G. L. **Dimensionamento de Bacia de Detenção em Sistemas de Drenagem Adequados para Controle de Inundações Urbanas.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Roraima.

MIGUEZ, M. G. VERÓL, A. P. REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à**

Sustentabilidade. 2015.1º ed. – Rio de Janeiro – **Elsevier Editora Ltda.**

SILVA, E. C. Viabilidade Espaço – Temporal da Pluviosidade da Região Metropolitana de Recife. 2018.
Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Pernambuco.

CAPÍTULO 3



ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM – PE ENTRE OS ANOS DE 2002 E 2018

José Felipe Freire Aragão¹

Nathalia Danielle da Silva²

Myllena Beatriz Alpes da Silva³

Sebastião de Souza França⁴

Igor José Lucas Gonzaga e Silva⁵

Matheus Gomes Diniz Paes⁶

RESUMO

O conhecimento das características hidrológicas de um local é de suma importância para o dimensionamento de projetos hidráulicos, principalmente, no que diz respeito a drenagem urbana. Nessa perspectiva, esse trabalho teve por intenção realizar a análise estatística do regime pluviométrico do município de Belo Jardim - PE no período compreendido entre os anos de 2002 a 2018. Para isso, foi realizada a aquisição dos dados pluviométricos no portal da Agência

¹ jfelipe_aragao@hotmail.com

² nathaliadanielledasilva@gmail.com

³ myllenaalpes@hotmail.com

⁴ sebastiaosf13@gmail.com

⁵ igor.lucas.gonzaga@gmail.com

⁶ matheusgomesdp@hotmail.com

Pernambucana de Águas e Clima. Os dados adquiridos foram analisados através da análise estatística descritiva, verificando-se que há grande variabilidade entre as médias sazonais e interanuais do período estudado. Notou-se também que a média anual de 52,33 mm, inferior à média anual da mesorregião Agreste, sendo o período chuvoso corresponde ao primeiro semestre do ano. Dessa forma, conclui-se que a pesquisa foi capaz de produzir conteúdo acerca da precipitação pluviométrica do município, podendo ser utilizado pela comunidade acadêmica e por todos que se interessarem pela temática.

Palavras-chave: Características hidrológicas. Drenagem urbana. Regime pluviométrico.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o planejamento urbano iniciou-se a partir de 1950, assim como na Europa, teve como determinante o período da Revolução Industrial e suas consequências para o meio urbano. O aumento da população urbana de maneira abrupta e desenfreada foi motivador de diversos problemas nas cidades, principalmente aqueles voltados aos elementos de saneamento básico e salubridade. A partir destes problemas, surgiu a necessidade de desenvolver atividades que tornassem possível a melhoria da qualidade das cidades e, conseqüentemente, trouxesse ordenação (DUARTE, 2012). O planejamento urbanístico é um processo consciente onde são propostas ações organizadas, baseadas em metas previamente definidas, cujo objetivo é solucionar problemas atuais e prevenir os futuros. O desenvolvimento do planejamento urbano abrange desde a necessidade de instituir leis até mesmo aspectos de infraestrutura, sua construção se dá de maneira contínua e envolve a coleta e análise de dados e informações (SCOPEL et al., 2018). Os sistemas físicos de infraestrutura urbana refletem diretamente na dinâmica das cidades e esses são definidos a partir da análise de fatores e necessidades de variadas dimensões e abrangências considerados para o planejamento

urbano. O saneamento básico de uma cidade é composto por um conjunto desses sistemas, e seus indicadores abrangem, dentre outros sistemas físicos, o manejo das águas pluviais (RIGHETTO, 2009). Segundo Ross (2007), o desenvolvimento de estruturas passíveis da interferência de águas pluviais deve partir do levantamento do conhecimento prévio sobre o regime de precipitação de um local, através do qual se obtém informações imprescindíveis à definição da construção do espaço urbano, possibilitando, por exemplo, prever a capacidade de uma cidade de suportar precipitações pluviométricas, sendo importante também para o planejamento das demais atividades como as do setor agrícola e industrial. Diante as declarações mencionadas acima aliada ao reconhecimento da relevância da água em relação ao cotidiano humano, surge a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre como configurar o regime pluviométrico de um local mediante a análise estatística da precipitação pluviométrica e sua importância como instrumento de apoio para o planejamento da infraestrutura urbana de um local. Sendo para isso considerado como objeto de estudo as referências hidrológicas da cidade de Belo Jardim - PE.

grandes indústrias e apresentando maior potencialidade no segmento da agroindústria, destacando-se pelo desenvolvimento de produtos alimentícios e avicultura (BRASIL, 2019). O Produto Interno Bruto (PIB) de Belo Jardim - PE é de R\$20.703,79, alcançando a 10ª posição no estado de Pernambuco (IBGE, 2019).

O clima da cidade se enquadra em semiárido e sua precipitação média anual é estimada em até 890,2mm, com temperaturas médias de 23°C. O município faz parte das bacias hidrográficas do Rio Ipojuca e do Rio Capibaribe, e seu relevo insere-se na unidade Planalto da Borborema contendo montanhas que atingem cerca de até 1.000 metros de altura (BRASIL, 2019).

Aquisição e tratamento de dados

Os dados foram obtidos junto ao sistema da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) onde foram consultadas as informações do banco de dados sobre precipitação pluviométrica mensal, referente ao município de Belo Jardim - PE. Foram selecionados dois postos pluviométricos da mesorregião Agreste Pernambucano para consulta, codificados sob os números 20 e 374 (APAC, 2019). O período selecionado se deu a partir da

disponibilidade de dados encontrados e sua integridade, sendo tomado para esse estudo o período de 2002 a 2018, totalizando 17 anos. Os dados foram organizados e editados em um software de planilha eletrônica.

No processo de preenchimento de falhas foi utilizado do método de Regressão Linear, através da obtenção do valor da precipitação estimada do posto com falhas fazendo uso da Equação 1.

$$Px = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i + e_i \quad (1)$$

Onde: Px = precipitação a ser estimada do posto com falhas; a_0 e a_i são os coeficientes de ajuste do modelo linear e e_i é o erro de medida.

Os coeficientes a_0 e a_i foram obtidos através da aplicação do método dos mínimos quadrados em um software de planilha eletrônica (LAPONNI, 1997), onde foram minimizados a soma dos quadrados da diferença entre o valor estimado e os dados observados, obtendo-se através da minimização da soma dos quadrados do erro, ou seja, minimização de $\sum_{i=1}^n e_i^2$, os valores de a_0 e a_i .

Análise estatística

No editor de planilhas, para a análise descritiva dos dados de precipitação mensal e anual, foram obtidos:

- Média pluviométrica anual, que diz respeito ao quociente da soma dos valores de precipitação mensal em relação aos meses do ano e expressa pela Equação 2.

$$x = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (2)$$

Em que: x é a média aritmética simples n é número total de meses.

A Mediana, que compreende a variável central dentre um espectro de n dados ordenados, através da Equação 3.

$$MD = \frac{n+1}{n} \quad (3)$$

Onde:

MD é a mediana;

n é o número de observações;

E para indicar o grau de variação do conjunto de elementos, o desvio padrão (S) (Equação 4).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2 \cdot fi}{\sum fi-1}} \quad (4)$$

Sendo:

S o desvio padrão;

xi o valor observado;

x a média aritmética simples;

$\sum fi$ frequência;

Sendo também definido o número de meses em que houve precipitação, a porcentagem referente aos meses de chuva e os valores máximos e mínimos de precipitação anual. Os dados de precipitação média mensal acumulada entre os anos de 2002 e 2018 serão inseridos em gráficos, assim como também será feito para o valor total anual acumulado. Por fim, após as estimativas das informações quantitativas, os resultados foram interpretados e descritos para o município de Belo Jardim - PE.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tratamento dos dados

Após a coleta dos dados pluviométricos nos postos da APAC de códigos 20 e 374, no município de Belo Jardim – PE, foi realizado o processo de organização e tratamento dos

dados através do uso de software de planilha eletrônica. Em alguns meses da série houve a identificação da ausência dos dados mensais. Para o posto 20, identificaram-se falhas nos meses que se encontram representados no Quadro 1.

Quadro 1- Identificação dos meses com falha para o posto 20.

Posto 20												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002										x		
2003											x	
2004										x	x	
2005										x	x	
2006	x	x										
2007												
2008										x	x	
2009										x		
2010	x											x
2011												
2012	x											
2013		x	x									
2014												x
2015											x	
2016											x	
2017												
2018												

Fonte: Autor 2019

Para o posto de número 374, os meses com ausência de dados foram (Quadro 2):

Quadro 2 - Identificação dos meses com falhas para o posto 374.

Posto 374												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002												
2003												
2004										x	x	
2005		x							x	x		
2006	x	x								x	x	
2007												
2008												
2009											x	
2010											x	
2011												x
2012											x	x
2013		x										
2014												x
2015	x								x	x	x	x
2016											x	
2017											x	
2018										x		

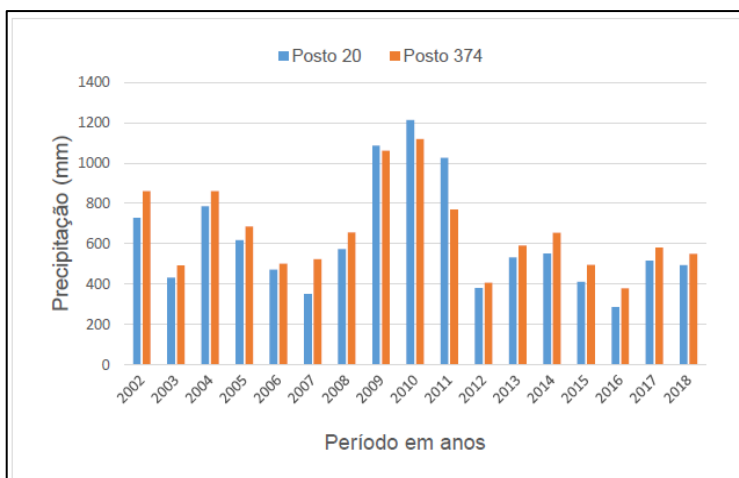
Fonte: Autor 2019

Para correção dessas lacunas, foi realizado o preenchimento de falhas pelo método da Regressão Linear (MELO et al. (2017), dessa maneira, as planilhas obtidas a partir dos dados da APAC e agora tratadas, encontram-se no Apêndice A. No que concerne ao acumulado anual de precipitação da série, nota-se que há variações entre os valores dos postos 20 e 374 ao longo do período (Figura 2).

Isso se dá pela variabilidade espacial da chuva, assim, percebe-se que, apesar dos postos estarem situados na mesma região, há diferença dos totais anuais de chuva. Por meio da Figura 2, pode-se observar que os anos de 2009, 2010 e 2011 destacam-se como aqueles com maiores acumulados anuais de precipitação. Segundo Silva (2015), nos anos de 2010 e 2011 houveram muitos episódios de cheias ao longo do estado de Pernambuco, sendo esse tópico objeto de estudo para o desenvolvimento de mapeamento de cheias no Estado.

Para a Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco, essas cheias são fruto de mudanças climáticas que vem ocasionando chuvas mais intensas, além das características do relevo das bacias hidrográficas e ocupação indevida de áreas de leito do rio para construção (SRH, 2011).

Figura 2- Acumulado anual de precipitação registrado nas estações pluviométricas de código 20 e 374 no município de Belo Jardim-PE entre os anos 2002 a 2018.



Fonte: Autoria própria.

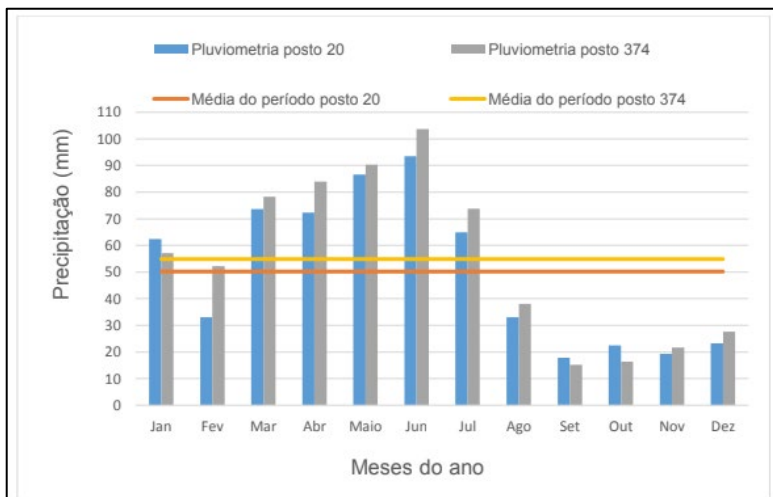
O gráfico também permite a observação de que na maior parte da série, os acumulados anuais não foram maiores que 600 mm de chuva ao ano. Esse valor é indicador de um baixo índice pluviométrico anual para o município de Belo Jardim – PE e reflete de uma das maiores problemáticas relacionadas a água na região Nordeste, a seca. Com precipitações tão baixas, os reservatórios que abastecem as cidades tendem a diminuir, de 2016 a 2019 a Barragem de Pedro Moura Jr localizada no município de Belo Jardim apresentava sinais de colapso mediante a falta de chuvas na

região. Somente a partir de 2019 a Barragem voltou a acumular água, ainda assim atingindo somente 10% da sua capacidade (G1 CARUARU, 2019).

O problema da seca reflete na funcionalidade do abastecimento público, ainda no ano de 2019, a COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) empresa responsável pelo serviço de abastecimento de água da região realiza liberação de calendários de abastecimento onde há disponibilização do fornecimento de água durante 5 dias por mês, indicando a utilização de técnicas de racionamento de água (COMPESA, 2019).

A Figura 3 mostra a variabilidade sazonal da precipitação média da precipitação do período de 2002 a 2018 no município de Belo Jardim. Pela análise da Figura percebe-se que os meses mais chuvosos vão de março a julho para ambos os postos analisados.

Figura 3- Precipitação mensal para os pontos 20 e 274 de Belo Jardim-PE.



Fonte: Autor, 2019.

Para o posto 20, os valores pluviométricos mensais do período se mantêm acima da média do período na maior parte do ano, enquanto no posto 374 os valores pluviométricos distam da média do período em cerca de 6 meses do ano, estando mais distante no período de setembro a dezembro. A média de 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 Jan Fev Mar Abr Maio Jun Jul Ago Set Out Nov Dez Precipitação (mm) Meses do ano Pluviometria posto 20 Pluviometria posto 374 Média do período posto 20 Média do período posto 374 32 precipitação mensal entre os dois postos é de 52,53 mm, sendo considerado muito inferior ao

valor médio de precipitação anual da Mesorregião Agreste (185,00 mm). A observação sobre o período chuvoso compreendido entre os meses de março a julho é conivente com o estudo realizado por Silva et al. (2015), a respeito da análise estatística da precipitação pluviométrica do município de Caruaru – PE, que se localiza na mesma mesorregião que o município alvo deste estudo.

De acordo com análise da série histórica, tem-se a informação de que o período de março a julho possui médias acumuladas superiores ao restante do ano, sendo junho o mês com maior média registrada. Para o mês de setembro há a designação de período de menor média registrada, correspondendo a um valor médio cerca de 6 vezes menor que a média de junho.

A partir das médias mensais obtidas do posto 20 (Figura 4), é possível averiguar que o mês com maior média de precipitação acumulada é o mês de junho (98,38 mm), já o mês com menor média de precipitação acumulada é o mês de setembro, com média máxima de 13,07 mm.

Figura 4- Aplicação da estatística descritiva da precipitação mensal e anual acumulada do posto 20 (2002-2018).

Mês	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes	
						Cv	Cs
Jan	60,08	37,40	0,70	235,60	75,06	1,25	1,43
Fev	57,13	30,00	0,00	117,60	34,01	0,60	1,34
Mar	75,13	71,00	7,36	247,30	65,93	0,88	1,15
Abr	81,76	65,50	3,10	204,80	51,53	0,63	1,17
Mai	94,47	64,70	9,50	375,50	98,36	1,04	2,15
Jun	98,38	80,10	17,70	298,40	71,67	0,73	1,73
Jul	66,54	48,50	8,50	157,80	46,80	0,70	0,75
Ago	34,35	35,40	7,80	73,90	21,60	0,63	0,84
Set	13,07	14,50	3,00	48,70	15,88	1,22	0,84
Out	17,93	11,01	0,00	165,90	40,26	2,25	3,19
Nov	16,43	7,70	0,00	98,60	24,80	1,51	2,16
Dez	28,46	27,00	0,30	68,00	21,08	0,74	0,89

Fonte: Autoria própria.

No posto 20, todos os valores mensais apresentaram assimetria > 0 , ou seja, a distribuição é assimétrica e positiva. Para o mesmo posto, observa-se que o desvio padrão relacionado a média mensal é inferior a 50 mm para os meses de julho a dezembro, enquanto para os meses de janeiro a junho, ultrapassa essa média. Tal observação por si só não é suficiente para delimitação da fidelidade da representatividade das médias, sendo assim, é incluído na análise a consideração do coeficiente de variação (Cv). O Cv encontrado para as respectivas médias acumuladas é superior a 50%, demonstrando assim que não há confiabilidade na representatividade das médias acumuladas para os meses ao longo do período (2002-2018). O quadro se mostra o mesmo

para o desvio padrão e Cv do posto 374, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5- Aplicação da estatística da precipitação mensal e anual acumulada do posto 347 (2002-2018).

Mês	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes	
						Cv	Cs
Jan	63,80	32,55	1,00	180,30	56,92	0,89	1,09
Fev	55,10	30,10	0,00	145,40	44,62	0,81	0,80
Mar	80,70	70,50	2,40	199,60	58,44	0,72	0,75
Abr	74,58	62,30	1,60	189,00	59,30	0,80	0,48
Mai	82,45	64,50	13,50	323,20	85,59	1,04	1,79
Jun	98,74	80,10	32,80	306,30	66,01	0,67	1,85
Jul	72,20	48,80	7,20	170,10	47,89	0,66	0,61
Ago	36,80	32,35	4,60	81,00	24,14	0,66	0,67
Set	19,85	11,03	2,30	44,80	13,10	0,66	1,31
Out	20,91	9,10	0,00	112,70	28,24	1,35	2,87
Nov	24,45	7,75	0,10	126,40	30,01	1,23	2,91
Dez	22,52	28,00	3,30	83,80	22,12	0,98	1,01

Fonte: Autoria própria.

No posto 374, assim como no posto 20, o mês com maior média pluviométrica foi o mês de junho (98,74mm) e o mês com menor média foi o mês de setembro (19,95 mm). Da mesma forma, a assimetria se manteve > 0 para todo o período estudado, indicando a existência de uma distribuição assimétrica a e positiva.

CONCLUSÃO

De acordo com a análise estatística da precipitação no município de Belo Jardim – PE, foi possível verificar que há grande variabilidade sazonal e interanual nos índices pluviométricos analisados para o período estudado (2002-2008).

Através das medidas de dispersão constatou-se que as médias mensais acumuladas da série não representam de maneira fidedigna os valores de precipitação mensal do período, isso se dá pela grande variabilidade entre os valores médios dos meses ao longo do período.

Dentre os resultados obtidos, o delineamento do regime hidrológico do município estudado é um importante instrumento de planejamento. A identificação e caracterização do período chuvoso (primeiro semestre do ano) é uma informação de caráter essencial para a realização de gerenciamento hídrico, também podendo ser utilizadas para norteamento de projetos que necessitem de dimensionamento hidráulico. Além disso, por localizar-se em uma região que há baixo índice de precipitação anual (53,32 mm) e longo período seca, o conhecimento sobre o regime pluviométrico do município possibilita o desenvolvimento de sistemas alternativos que possibilitem a

captação da água da chuva, otimizando o ciclo de vida útil dessa água. Diante disso, conclui-se que essa pesquisa promoveu conhecimento acerca do comportamento pluviométrico do município de Belo Jardim – PE, cabendo a comunidade acadêmica dar prosseguimento a investigações sobre a temática a fim de desenvolver conteúdo para aqueles que necessitam de material de apoio para compreensão dos estudos que envolvem precipitação e urbanização.

Sugestões para trabalhos futuros

- Realização de estudos acerca da influência do regime pluviométrico de Belo Jardim – PE no setor de abastecimento;
- Análise de da distribuição espacial da chuva no município de Belo Jardim – PE;
- Análise da viabilidade de implantação de sistemas de captação de armazenamento de água da chuva em domicílios como sistema de solução 35 alternativas individual de abastecimento de água para residências do município de Belo Jardim – PE.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. **Análise de dados pluviométricos na região do município de Alfredo Wagner/SC**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

ALMEIDA, M. S. **Ativação de núcleos de Condensação de Nuvens**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Física), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Água no Mundo**. 2019. Disponível em Acessado em 2019

_____. Agência Nacional de Águas. **Monitor de Secas**. 2019. Disponível em Acessado em 2019.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramentopluvio.php#>> Acessado em 2019.

BRASIL. Prefeitura de Belo Jardim <https://belojardim.pe.gov.br/a-cidade/historia/>> Acessado em 2019.

CHAGAS, V. B. P. **Análise nas mudanças dos regimes de precipitação e vazão no Sul do Brasil entre 1975 e 2010**. Florianópolis, 2016.

COLLISCHON, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.

DEVORE, J.L. **Probabilidade e estatística para a engenharia e ciências**. Trad. Solange Vicente, 9 ed. São Paulo: Cengage, 2018. DUARTE, F. Planejamento Urbano. Curitiba: InterSaber 2012.

G1 CARUARU. **Barragem de Belo Jardim volta a acumular água depois de três anos em colapso**. 2019. Disponível <
<https://g1.globo.com/pe/caruaruregiao/noticia/2019/04/04/barragem-de-belo-jardim-volta-a-acumular-agua-depois-de-tres-anos-em-colapso.ghtml>>. Acesso 02/12/2019.

GAMA, R. G. **Estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. Dissertação de Mestrado em Estudos populacionais e pesquisas Sociais), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca IBGE: Agreste Pernambucano. 2019. Disponível em <
https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=4112_01>Acessado em 2019

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades: Belo Jardim. Disponível em Acessado em 2019. 37

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Instrumentos meteorológicos**. 2019. Disponível em Acessado em 02/11/2019.

JÚNIOR, M. J. S. **Análise da precipitação pluviométrica do município de Caruaru – PE para aplicação no**

gerenciamento dos recursos hídricos da região. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia ambiental) Faculdade ASCES, Caruaru, 2016.

KÜCHLER, O. A.; SILVA, A. C. T.; MODRO, N. R.; MARTINS, J. E. M. P. **Sistema para aquisição de dados pluviométricos.** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Paulo, 2010.

LAPPONI, J. C.. **Estatística: Usando excel 5 e 7**, São Paulo: Laponi, 1997 MASATO, K. Recursos Hídricos e saneamento. Curitiba: ed. Organic Trading, 2008.

MELLO, Y. R.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. **Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas.** Bol. geo. v 35., Maringá, 2017.

MENDONÇA, E. A. **Análise de precipitação nas mesorregiões do Estado de Pernambuco.** Tese de Doutorado (Curso de pós-graduação em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA, D. F. **Ciclo Hidrológico Planetário: abordagens e conceitos.** Geo UERJ - Ano 12, v.1, 2010

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Água.** 2019. Disponível em <<https://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>>

POMPEU, C.T. **Águas Doces no Direito Brasileiro. Águas Doces no Brasil.** São Paulo, 2ª edição, Instituto de Estudos

Avançados da USP/Academia Brasiliense de Ciências e Escrituras Editora, 2002.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABES, 2009 ROSS, J. L. S. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. 8ª ed. São Paulo: Contexto, 2007.

SALES, M. A. L.; SANCHEZ-ROMÁN, R. M.; MONTEIRO, R. N. F.; SOUSA, J. V. R. S.; SOARES. C. A.; SINOBRAS, L. R. **Estudo da precipitação média mensal na bacia hidrográfica do boi branco – SP. XXV CONRID**, São Cristóvão, UFS, 2015.

SRH. Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco. **Controle de Cheias**. 2011. Disponível em <http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=327:barragens-de-contencao-de-cheias> acesso em 02/12/2019.

SCOPEL. V. G.; ARAÚJO, D.; GUERINI, E. E. S.; WAGNER, J.; MACHADO, V. S. **Planejamento Urbano**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 38 SESC. Sesc ler, 2019. Disponível em Acessado em 03/11/2019.

SILVA, E. R. **Modelagem integrada para controle de cheias, previsão e alerta de inundações: estudo de caso da bacia do rio Una em Pernambuco**. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, E. C. **Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica da região Metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado (Curso Pós-Graduação em

Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.

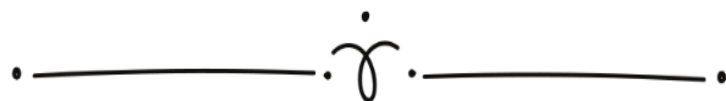
SILVA, T. F.; PAIVA, A. L. R; SANTOS, S. M. **Análise estatística e tendência das precipitações no município de Caruaru – PE.** XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, 2015.

SOUSA, L. C. O. **Gestão de demanda de água no Agreste Pernambucano.** Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Eds. da UFRGS e da USP, 1993

TUCCI, C.E.M. e BELTRAME, L.F. **Infiltração e armazenamento no solo. Hidrologia: ciência e aplicação,** 2ª Ed., Porto Alegre: Editora Universidade, 2000.

CAPÍTULO 4



ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PLUVIOMETRIA E OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA-PE

Rui Patrício Kehrlé Medeiros¹

Edson Alves da Silva²

Eduardo Cabral da Silva³

Henrique Tavares Lima⁴

Welitania Maria de Melo⁵

Lucas Sivanildo da Silva⁶

RESUMO

Em regiões onde há baixo índice pluviométrico anual, fomenta-se um planejamento que garanta a segurança hídrica para o município em períodos de seca e assim potencialize o ciclo de vida útil da água. O estudo de precipitações é de suma importância para o dimensionamento de obras hídricas, como o sistema de drenagem urbana, o qual tem como objetivo minimizar os riscos e transtornos que esses eventos podem causar a população, eventos estes, originado por mudanças climáticas e efeitos antrópicos. O presente trabalho tem como objetivo adquirir e analisar dados de

¹ rpkehrle@hotmail.com

² edsonalves-2126@hotmail.com

³ edcs.cabral@gmail.com

⁴ hencivil@hotmail.com

⁵ melowelitania@gmail.com

⁶ lucas.sivanildo@hotmail.com.

precipitação pluviométrica, obter um panorama de precipitação e elaborar uma curva de intensidade-duração-frequência (IDF) para o município de Serra Talhada-PE. A metodologia incluiu a obtenção de duas séries de dados pluviométricos, o tratamento estatístico dos dados e análise dos resultados. O período utilizado para análise estatística dos dados pluviométricos foi de 27 anos, entre os anos de 1993 e 2019, contendo uma série mensal de precipitações acumuladas, sendo esta contínua e sem falhas. Para os estudos de chuvas intensas foi utilizada uma série histórica de valores máximos anuais, com o período de 106 anos, entre os anos de 1912 e 2019. De acordo com análise estatística os resultados obtidos expressam uma grande variabilidade entre as médias sazonais e interanuais dos totais pluviométricos do período, a vista disso definiu-se a quadra chuvosa da região, entre os meses de janeiro a abril, e identificou-se o período mais seco da região, entre os meses de julho a setembro. Os resultados encontrados a respeito dos fenômenos de chuvas intensas possibilitaram constatar que na ocorrência de altos índices de totais pluviométricos, há uma maior tendência a eventos extremos, contudo a intensidade das chuvas independe da variabilidade interanual, mostrando que mesmo em anos de baixos totais pluviométricos anuais podem ocorrer eventos extremos. A equação de chuvas intensas obtida para o município de Serra Talhada subsidia o dimensionamento preciso de obras hidráulicas. O estudo da pluviometria auxilia na garantia de segurança hídrica, servindo também de material para a comunidade técnica e acadêmica, em estudos futuros e na tomada de decisão a respeito do planejamento de recursos hídricos para o município de Serra Talhada-PE.

Palavras-chave: Curva IDF. Planejamento de recursos hídricos. Estatística descritiva. Sertão pernambucano.

INTRODUÇÃO

As transformações urbanísticas no cenário brasileiro vêm acontecendo, principalmente, desde a década de 1970, fruto do crescimento econômico e populacional (BARGOS e MATHIAS, 2011). A urbanização brasileira se deu de maneira rápida e desordenada. Em poucas décadas, o Brasil passou de um país predominante agrário para um país urbanizado. O descompasso entre o planejamento urbano e os altos índices do êxodo rural trouxeram consequências graves para as cidades e para a qualidade de vida de seus habitantes que reverberam até os dias de hoje (MARTINS, 2019).

E devido a estes problemas, surge a necessidade do desenvolvimento de atividades que possam melhorar a qualidade de vida nas cidades, como por exemplo, acompanhar o padrão de precipitação, para que seja realizada a gestão eficiente dos reservatórios, fazendo com que eles armazenem água nos períodos úmidos e garanta disponibilidade de recursos hídricos em épocas de seca (ANA, 2020).

O índice de chuvas vem sendo constantemente estudado, por sua grande importância para o entendimento dos ecossistemas e clima do planeta. No Brasil, devido a sua

grande extensão territorial se tem grandes variações nos regimes de precipitação e temperatura entre as regiões. No entanto, a maior parte dessas regiões apresentam estações de seca e chuvas bem definidas. E torna-se assim necessário acompanhar o padrão de precipitação (JORGE, 2015).

Esse monitoramento das chuvas é fundamental para analisar casos de exceção, como os casos em que na média anual, o período de estiagem não foi extremamente seco, mas a chuva foi insuficiente e resultou em uma menor vazão de uma bacia. Ou para analisar o evento de um período muito chuvoso em um ano, que acabou causando grandes danos a um determinado local (ANA, 2020).

A fixação de um valor para se estabelecer chuvas intensas é difícil, uma vez que o impacto pode ser diferente, dependendo do local de incidência, seja em áreas rurais ou urbanas (PINTO, 1999).

O estado de Pernambuco apresenta condições climáticas diversificadas. É caracterizado pelo clima tropical, e as maiores pluviosidades são concentradas nos meses de março a julho, já o período de janeiro a março é considerado o mais quente. Caracteriza-se também pela presença de chuvas frontais de outono a inverno mais concentradas, e chuvas de convecção no período mais quente do ano. Numa

classificação geral, pode-se dizer que o Sertão do estado de Pernambuco é caracterizado por baixos índices pluviométricos anuais (SILVA, 2016).

Serra Talhada, a segunda cidade mais importante do sertão do estado de Pernambuco, Cidade polo em saúde, educação e comércio, possui uma população superior a 80 mil habitantes. Caracteriza-se como sendo uma região de clima tropical semiárido, com chuvas de verão (SOUZA, 2017).

O município de Serra Talhada sofre com escassez hídrica por uma falha de gestão de oferta e demanda, ou seja, por possuir uma certa relevância socioeconômica está inserido em um cenário com uma grande demanda de água, a qual não é suprida pelo regime pluviométrico. Mesmo sendo uma região de baixa pluviometria, quando há ocorrência de chuvas intensas o sistema de drenagem não comporta o volume de água que necessita ser escoado, gerando assim alagamentos e enchentes no município.

Na presença disso, um regime pluviométrico local é um viés de estudo de extrema importância, dessa forma pode-se estudar e realizar uma análise estatística detalhada das precipitações, e assim identificar a probabilidade de ocorrências de chuvas, determinando o período chuvoso e o

período seco da região, e com isso gerar uma boa segurança hídrica para o município. Para gerar melhorias no gerenciamento dos recursos hídricos, realizar também estudos de IDF, para dessa forma criar parâmetros técnicos mais eficientes para as obras de drenagem urbana.

Diante desse estudo, objetiva-se validar e analisar uma série histórica de precipitações, desenvolver uma curva de intensidade-duração-frequência (IDF), com isso obter um melhor entendimento do regime de chuvas e considerar sua importância para atividades de planejamento urbano para o município de Serra Talhada–PE.

MÉTODOLOGIA

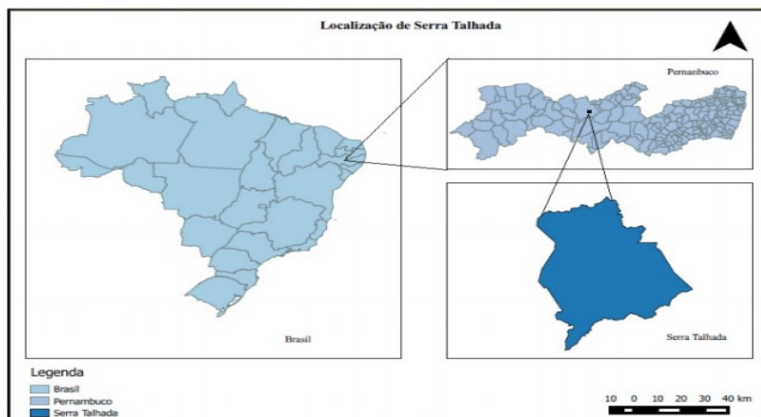
Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende o município de Serra Talhada (Figura 11), o qual está localizado no Estado de Pernambuco. O município se encontra na Mesorregião do Sertão Pernambucano tendo como característica o bioma de caatinga. A cidade está localizada nas coordenadas de 7° 59' 7" Sul e 38° 17' 34" Oeste, abrangendo uma área total de 2.980,01 m² e com altitude de 436,86 metros (IBGE, 2020).

De acordo com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em

2010 a população somava 79.232 pessoas, sendo a estimativa mais recente para o ano de 2019 de 86.350 pessoas (IBGE, 2020).

Figura 1 - Localização do município de Serra Talhada-PE.



Fonte: Medeiros et al., 2016.

A cidade de Serra Talhada faz parte da Microrregião do Pajeú e apresenta clima tropical semiárido quente, com chuvas de verão. A precipitação média anual é de 431,8mm. O período chuvoso se inicia em novembro e termina em abril, sendo a temperatura média anual de 25,2 °C. O acesso ao município é efetuado através da rodovia federal BR-232 que interliga Recife à Parnamirim. Partindo-se do Recife

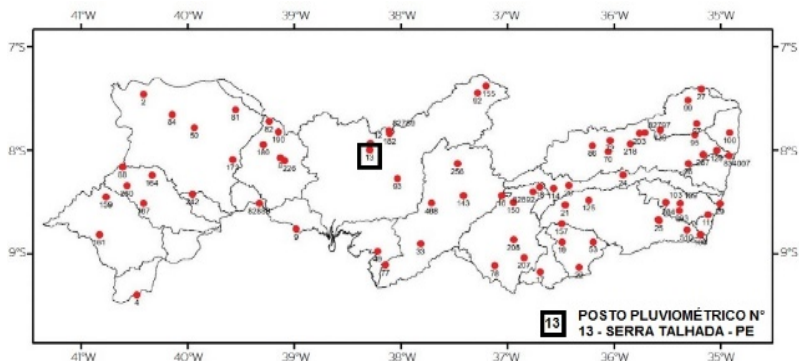
percorre-se cerca de 420 km nesta estrada até atingir a cidade de Serra Talhada (CPRM, 2005).

Segundo o CPRM (2005), 60% das vias urbanas se encontram pavimentadas e 95% estão com iluminação pública. As atividades econômicas predominantes são: silvicultura, pecuária, agricultura, sendo suas principais atividades a indústria, o comércio e a prestação de serviços. Se encontra inserido na unidade geoambiental da depressão sertaneja, representando assim a paisagem típica do semiárido nordestino. Geologicamente Serra Talhada se encontra na província Borborema.

Aquisição dos dados

Os dados pluviométricos foram coletados na internet através do site da Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC (2020) nas escalas diária e mensal para o posto pluviométrico de código 13, representado da Figura 12.

Figura 2 - Distribuição espacial do posto pluviométrico de código 13 no Estado de Pernambuco.



Fonte: Adaptado de Silva, 2017.

Análise estatística dos dados pluviométricos

Para análise estatística dos dados, foi utilizada uma série histórica mensal de precipitações acumuladas de 27 anos, contínua e sem falhas, de janeiro de 1993 a dezembro de 2019, na escala mensal (Apêndice A). Dentre os parâmetros estatísticos, utilizou-se os descritos abaixo.

Foi utilizada a Equação 4 para encontrar a média aritmética simples.

$$X = \frac{\sum xi}{n} \quad (4)$$

Onde:

X é a média aritmética simples;

X_i é uma amostra de elementos;

n é o somatório do número de amostras;

Foi utilizada a Equação 5 para encontrar o valor de mediana.

$$MD = x_{\frac{n+1}{2}} \quad (5)$$

Onde:

MD é a mediana;

X corresponde a variável;

n é o tamanho da amostra;

Foi determinado o desvio padrão para o cálculo de medida de dispersão, pela Equação 6.

$$DP = \sqrt{\frac{\sum(xn-X)^2}{n}} \quad .. \quad (6)$$

Onde:

DP é o desvio padrão;

xn é o valor individual da série;

X é a média aritmética;

n é o número da amostra;

O coeficiente de curtose foi calculado a partir da Equação 7, para obtenção da proporcionalidade de dados.

$$C = \frac{Q_3 - Q_1}{2(D_9 - D_1)} \quad (7)$$

Onde:

C é o Índice percentílico de curtose;

Q_1 é o primeiro quartil;

Q_3 é o terceiro quartil;

D_1 é o primeiro decil;

D_9 é o nono decil;

Equação de chuvas intensas - IDF

Para determinar a equação de chuvas intensas para o município de Serra Talhada – PE foi utilizada uma série histórica de dados na escala diária (Apêndice B), a qual gerou uma análise de frequência da série anual de precipitação máxima entre os anos de 1912 e 2019 (1284 meses), considerou-se a série com 106 anos, pois dentro do intervalo supracitado, observou-se períodos com ausência de dados, onde foram desconsiderados totais ou parciais meses nos anos de 1916, 1933, 1934, 1938, 1961, 1962, 1964, 1968,

1978, 1986, 1987, 1988, 1989 e 1992, totalizando 70 meses (5,45 %).

Após a etapa de aquisição de dados diários no período acima descrito, foi obtida a série dos máximos anuais para a obtenção dos parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Serra Talhada.

Posteriormente, foram aplicados os coeficientes de desagregação de chuva os quais foram propostos pelo CETESB (1980), para assim estabelecer as alturas precipitadas máximas anuais para as durações do posto pluviométrico de: 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 360, 480, 600, 720, 1440 minutos, relacionando diferentes tempos de retorno. Tomando como base a tabela de altura pluviométrica-duração-frequência apresentada por a Companhia de tecnologia de saneamento ambiental (1986), pode-se ajustar para cada posto pluviométrico em particular.

A análise da Tabela 2 deu início a relação para se obter as alturas precipitadas para durações e tempos de recorrências diferentes.

Tabela 1 - Valores precipitados mínimos adotados para serem consideradas como chuvas intensas para cada duração.

Duração (min)	Precipitação Adotada (mm)
5	8
10	12
20	15
30	20
60	25
120	30
180	33
240	35
360	40
720	47
1440	55

Fonte: Adaptado da CETESB, 1980.

A obtenção das precipitações máximas possíveis de serem igualadas ou superadas a cada 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, a partir das séries anuais, foi ajustada ao modelo de distribuição estatística de valores extremos de Gumbel para máximos, método probabilístico de Gumbel ou simplesmente distribuição de Gumbel (Equação 8). Este modelo foi escolhido em função da sua aplicabilidade em outros trabalhos referentes a chuvas intensas realizados em todo o território nacional, e na maioria desses estudos o modelo foi o que melhor se ajustou aos dados das séries obtidas, quando comparado com outras distribuições.

$$P_t = \bar{x} + (Y - Y_n) \frac{S}{S_n} \quad (8)$$

Onde:

P_t é a precipitação máxima (mm) com período de retorno T (anos);

\bar{x} é a média da série de máximas anuais (mm);

S é o desvio padrão da série de máximas anuais (mm);

Y_n é a média da variável reduzida;

S_n é o desvio padrão da variável reduzida;

Y é a variável reduzida, que é dada pela Equação 9.

$$Y = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (9)$$

Onde:

T é o período de retorno (anos).

A intensidade de uma precipitação é a relação entre a altura precipitada e a sua duração. Para estimarmos a vazão máxima a intensidade máxima da precipitação é a variável de interesse, sendo esta referida ao tempo de concentração da bacia e associada a um período de retorno. Pode ser obtida mediante as relações de intensidade-duração-frequência (IDF) da Equação 10, estabelecidas a partir de registros de chuva e duração de acordo com os dados pluviográficos (SILVA et al., 2002).

$$i = \frac{K.Tr^a}{(t+B)^c} \quad (10)$$

Onde:

i - intensidade da chuva (mm / h);

Tr - período de retorno (anos);

t - Duração da chuva (minutos);

a, B, c, K - parâmetros relativos à localidade;

Depois de obtidos os valores das máximas precipitações para cada duração (t) e período de retorno (Tr), realizou-se o ajuste dos parâmetros (K, a, B e c) de acordo com o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, que é usado para avaliar as distâncias máximas entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os valores associados à distribuição hipoteticamente verdadeira. Para realizar o ajuste dos parâmetros empíricos da intensidade-duração-frequência (IDF), optou-se pela substituição do numerador da Equação 10 pelo coeficiente C , assim $C = K.Tr^a$, a fórmula foi reescrita da seguinte forma (Equação 11):

$$i = \frac{C}{(t+B)^c} \quad (11)$$

Onde:

i - intensidade da chuva (mm / h);

Tr - período de retorno (anos);

t - Duração da chuva (minutos);

K e a – parâmetros empíricos da equação de IDF;

B e c - parâmetros empíricos ajustados;

Tendo determinado os parâmetros K , a , B e c , conseguiu-se obter a equação de chuvas intensas para o município de Serra Talhada – PE. Para avaliar a qualidade dos ajustes foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2) da Equação 12, comparando assim os valores das intensidades máximas de precipitação que foram calculados pela distribuição de Gumbel e os determinados pelas equações de IDF recém obtidas.

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{t=1} N \cdot (T_f - T) \cdot (M_f - M)}{\sum_{t=1} N \cdot (T_i - \bar{T})^2 \cdot \sum_{t=1} N (M_i - \bar{M})^2} \right]^2 \quad (12)$$

Onde:

M_i são os valores calculados pela Equação de Chuvas Intensas;

T_i são os valores calculados pela distribuição de Gumbel;

N é o número de pares de variáveis calculadas (pela distribuição e pela equação);

\bar{M} é a média do resultado calculado pela Equação de chuvas Intensas;

\bar{T} é a média do resultado calculado pela distribuição de Gumbel;

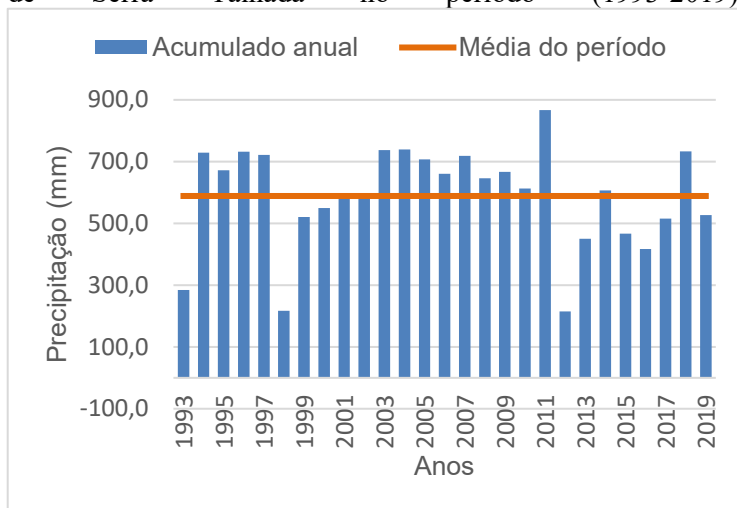
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise pluviométrica

De acordo com a análise estatística da série de dados foram obtidos os acumulados anuais de cada ano e a partir desses foi obtida a média do período (Figura 13). Observa-se que para a maior parte do período, o acumulado anual se manteve superior à média do período que foi de 581,8 mm, nota-se que o ano de 2001 foi o que mais se aproximou da média do período, com precipitação volumétrica acumulada de 582,2 mm.

Na série anual de precipitações acumuladas de 1993 a 2019 observa-se que o ano de 2011 apresentou o maior índice pluviométrico, com acumulado anual de 866,4 mm, sendo assim o ano mais chuvoso do período e o ano de 2012 apresentou o menor índice pluviométrico, com acumulado anual de 215,1 mm, sendo assim o ano mais seco do período.

Figura 3 - Acumulado anual de precipitação para o município de Serra Talhada no período (1993-2019).



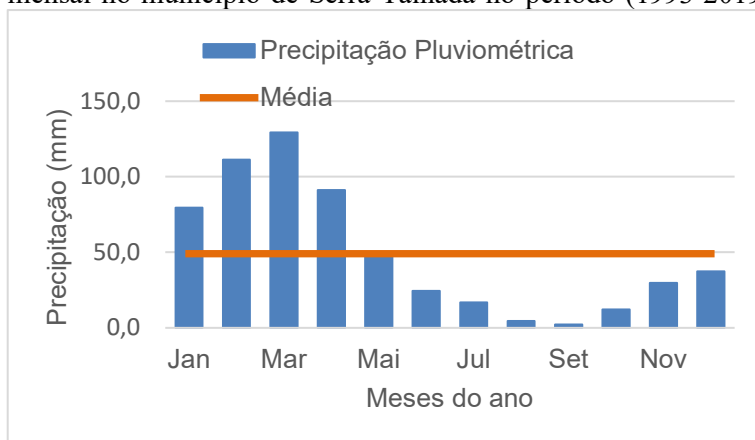
Fonte: Autor, 2020.

Em relação à distribuição mensal para todo o período (Figura 14), nota-se que o mês mais chuvoso foi o mês de março, com uma precipitação média acumulada de 129,4 mm e que o mês menos chuvoso foi setembro, com uma precipitação média acumulada de 2,3 mm, verificou-se também que a média mensal foi de 49,1 mm.

De acordo com o gráfico gerado na Figura 14 para todo o período estudado (1993-2019), corroborando com os estudos de Silva (2009) e CPRM (2005), a quadra chuvosa da região é destacada entre os meses de janeiro a abril, considerando que esses meses estão bem acima da média do período, com os valores variando entre 79,5 mm e 129,4 mm,

correspondendo assim, a quase 70% da precipitação total anual. Os meses de maio, junho, novembro e dezembro constituem um período de precipitações intermediárias, com valores variando entre 24,5 mm e 50,1 mm. Os meses de julho a setembro foram os mais secos da região no período, nos quais o valor máximo foi inferior a 17,0 mm, e cuja soma desses não ultrapassou 24,0 mm. A Figura 14 mostra a variação sazonal das médias dos acumulados mensais do município de Serra Talhada para todo o período analisado (1993-2019).

Figura 4 - Variabilidade sazonal da precipitação acumulada mensal no município de Serra Talhada no período (1993-2019).



Fonte: Autor, 2020.

De acordo com a Tabela 3 o desvio padrão médio foi de 44,92 mm, sendo os meses de janeiro (95,7 mm), fevereiro (101,0 mm) e março (76,2 mm) aqueles cujo desvio padrão está em maior proporção em relação ao valor médio do período. O alto valor de variação do desvio padrão dos meses observados é o resultado da grande diferença dos valores em relação à média do período, nota-se como exemplo o mês de fevereiro, onde os valores que compõem a precipitação média acumulada variam entre 1,4 mm e 491,9 mm.

Para a estatística descritiva o coeficiente de curtose tem a função de referenciar uma distribuição de frequências, normalmente unimodal, em relação a uma distribuição normal, que é tomada como curva padrão por possuir o coeficiente para curva de 0,263.

Para dois meses o coeficiente percentílico de curtose teve resultados negativos, destacando-se os meses de abril e dezembro, o que indicou que houve uma distribuição de frequência com curvas leptocúrticas, ou seja, menos achatadas que a curva padrão. Enquanto para os demais meses, o coeficiente percentílico de curtose teve resultados positivos e maiores que o coeficiente para curva padrão, o que indicou que houve uma distribuição de frequências com

curvas platicúrticas, ou seja, mais achatadas que a curva padrão.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos da precipitação mensal acumulada, em mm, no período (1993-2019).

Mês	Média	Mediana	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Curtose
Jan	79,5	47	452,5	95,7	8,4
Fev	111,3	94,5	491,9	101,0	6,9
Mar	129,4	117,4	329,8	76,2	0,6
Abr	91,2	83,8	177,6	57,4	-1,5
Mai	50,1	40,0	194,0	44,4	4,2
Jun	24,5	16,6	102,8	25,0	2,5
Jul	16,8	12,0	53,8	16,0	0,8
Ago	4,5	0,7	39,7	8,5	11,2
Set	2,3	0,0	16,0	4,3	3,7
Out	12,3	1,5	111,6	27,5	9,1
Nov	29,8	6,0	144,2	45,8	1,3
Dez	37,3	24,1	121,8	37,2	-0,7

Fonte: Autor, 2020.

Em relação à análise descritiva presente na Tabela 3, o valor máximo mensal acumulado diz respeito ao mês de fevereiro com o valor de 491,9 mm e o menor valor de desvio padrão foi no mês de setembro com valor de 4,3 mm.

Equação de chuvas intensas

Para obtenção da equação de chuvas intensas, realizou-se a desagregação da série histórica de valores

máximos anuais obtendo assim todos os parâmetros para a distribuição de Gumbel apresentadas no Apêndice C. Para o período de retorno (T_r) sendo o inverso da frequência pode-se dizer que foram encontrados valores de alturas de precipitação relacionados a duração.

Posteriormente o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para assim avaliar o ajuste da distribuição. De acordo com a confirmação da aderência dos valores extremos de Gumbel para máximos através do teste estatístico, foi realizada a obtenção dos seguintes parâmetros da equação de chuvas intensas (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros da equação de chuvas intensas.

Parâmetros da Equação de IDF	
K	803,23
a	0,13
B	8
c	0,76

Fonte: Autor, 2020.

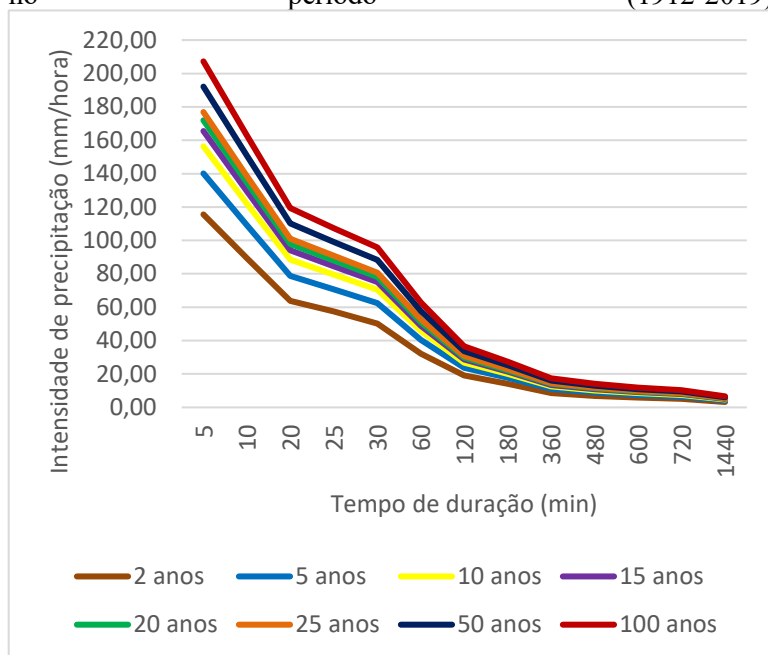
Em seguida os parâmetros foram substituídos na Equação 10, de acordo com os valores correspondentes aos coeficientes K , a , B e c . Pode-se observar a Equação final (Equação 13) a seguir:

$$i = \frac{803,23 \cdot Tr^{0,13}}{(t+8)^{0,76}} \quad (13)$$

Com a Equação 13 pode-se substituir os valores que correspondem à duração desejada (t), e ao tempo de retorno (Tr), para assim gerar sua respectiva intensidade. Como resultado foi gerado o gráfico contendo as curvas de IDF, onde a intensidade da precipitação está associada ao tempo de duração do evento para os períodos de retorno (Figura 15). Foram utilizados os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos e as durações de 5, 10, 20, 25, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos.

Considerou-se o parâmetro do coeficiente de determinação R^2 para a avaliação do ajuste da equação, o qual se admite sempre um valor positivo e com variação entre 0 e 1. O coeficiente R^2 teve o valor de 0,9845, expressando uma boa qualidade no ajuste da equação.

Figura 5 - Curvas de intensidade de chuvas obtidas através da equação de chuvas intensas para o município de Serra Talhada-PE no período (1912-2019).



Fonte: Autor, 2020.

A quadra chuvosa da região que abrange os meses de janeiro a abril, apresentou mais incidência de valores máximos anuais (69,8%), porém nos meses fora da época chuvosa também ocorreram valores máximos anuais (30,2%), ocasionando transtornos e grandes impactos sociais e econômicos.

Pode-se observar que na série histórica o mês de março se destaca por conter o maior quantitativo de

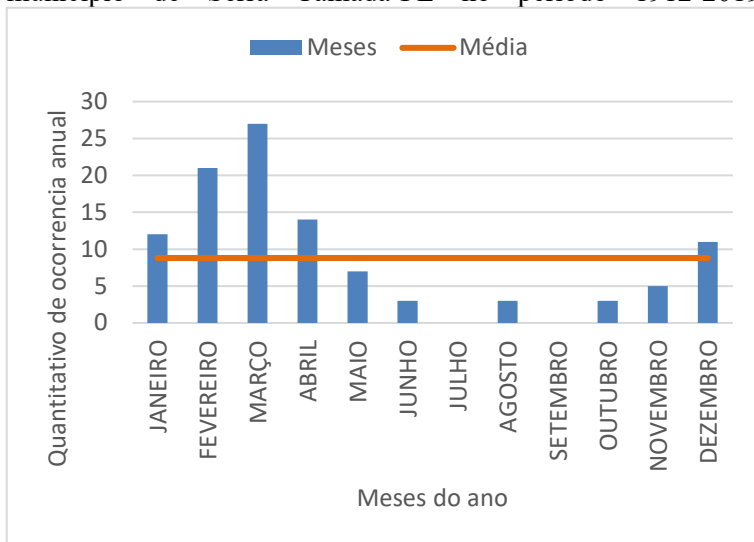
ocorrência de valores máximos anuais (27 anos) para todo o período, correspondendo a quase 26%. Nota-se que nos meses de julho e setembro não ocorreram valores máximos anuais, e que a média para todo o período foi de 8,8.

O ano hidrológico de 1985 foi o mais chuvoso da série, com acumulado anual de 907,4 mm, em contrapartida o ano hidrológico com menor índice pluviométrico foi 1958, com acumulado anual de 101,4 mm, o qual gerou uma escassez de recursos hídricos para a região. O evento do dia 18 de fevereiro de 2007 se destaca como o maior acumulado de chuvas em 24 horas, com o valor total pluviométrico de 151 mm, causando uma série de perdas e transtornos para o município de Serra Talhada-PE.

Os meses da distribuição de ocorrência dos valores máximos anuais de todo o período da série estão quantificados mensalmente na Figura 16.

De acordo com os resultados obtidos pode-se notar que mesmo em períodos considerados climatologicamente secos, pode ocorrer a incidência de eventos extremos, com potencial grande de alagamentos e enchentes. O estudo abordado consiste em entender melhor o regime de chuvas e os eventos extremos, para assim direcionar futuros planejamentos de drenagem urbana.

Figura 6 - Distribuição mensal dos valores máximos anuais do município de Serra Talhada-PE no período 1912-2019).



Fonte: Autor, 2020.

CONCLUSÕES

Diante da análise estatística de dados pluviométricos do município de Serra Talhada-PE, observou-se que há uma grande variabilidade sazonal e interanual nos índices das precipitações analisadas para todo o período estudado da série histórica mensal acumulada, entre os anos de 1993 a 2019.

Analisando o desvio padrão de acordo com a amplitude dos valores com relação à média mensal acumulada da série, constatou-se que algumas precipitações

do período apresentam alta dispersão em relação a média, dessa forma a média não representa de maneira segura os valores precipitados no período.

Nos anos com maiores totais pluviométricos anuais observa-se uma maior tendência a eventos extremos, contudo a intensidade das chuvas independe da variabilidade interanual, mostrando que mesmo em anos de baixos totais pluviométricos anuais podem ocorrer eventos extremos.

O fato do município se localizar no Sertão de Pernambuco em uma região de baixo índice de precipitação anual e longos períodos de seca, o estudo do regime pluviométrico possibilita um melhor planejamento de sistemas alternativos para captação de água das chuvas, e assim potencializar o ciclo de vida útil dessa água.

De acordo com os resultados analisados, pode-se delinear o regime hidrológico do município estudado, como importante instrumento de planejamento.

O estudo identificou e caracterizou a quadra chuvosa da região, a qual ocorre de janeiro a abril e identificou o mês de março como o mais chuvoso, sendo esta uma importante informação para realização do planejamento e gerenciamento hídrico.

Os coeficientes de IDF foram determinados com a série pluviométrica disponível e gerou-se a equação de chuvas intensas para região.

Assim conclui-se essa pesquisa sobre o comportamento pluviométrico do município de Serra Talhada-PE, a fim de servir como base acadêmica e técnica para auxiliar estudos futuros, acerca de chuvas intensas, recursos hídricos e planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **A Gestão de Recursos Hídricos em Pernambuco**. 2019. Disponível em: <<http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panoramados-estados/pe>>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Chuvas**. 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/chuvas#wrapper>>. Acesso em: 27 de março de 2020.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/atlantico-ne-oriental>>. Acesso em: 09 de abril de 2020.

ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **O que é Singreh?**. 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh>>. Acesso em: 19 de maio de 2020.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias Hidrográficas**. 2020. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5>. Acesso em: 11 de abril de 2020.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento pluviométrico**. 2020. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

AZEVEDO, P. S.; PEREIRA, F. W. L.; PAIVA, S. A. R. **Água, Hidratação e Saúde**. Água, São Paulo, 2016.

Disponível em:

<http://sban.cloudpainel.com.br/source/Agua-HidrataAAo-e-SaAde_Nestle_.pdf>. Acesso em: 09 de abril de 2020.

BACK, A. J. **Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, p.170–175, 2009.

BASSO, R. E.; ALLASIA, D. G.; TASSI, R. **Vazão de projeto na microdrenagem em locais sem dados de precipitação: estudo para o Rio Grande do Sul**.

Ambiente Construído, Porto Alegre. 2019.

BELL, F.C. **Generalized rainfall-duration-frequency relationships**. Journal of the Hydraulics Division, New York, v. 95, n.1, p. 311-327, 1969.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4ª. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2007.

BRASIL. INMET – Instituto Nacional de Tecnologia. **Nota Técnica nº 001**. 2011. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos. 1997. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 19 de março de 2020.

BRASIL. Marinha do Brasil. Ministério da Defesa. **MB instala novo pluviógrafo em Ladário (MS) e reforça estudos na região.** 2017. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/noticias/mb-instala-novo-pluviografo-em-ladario-ms-e-reforca-estudos-na-regiao>>. Acesso em: 09 de abril de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água.** 2020 Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/agua.html>>. Acesso em: 19 de março de 2020.

BRASIL. Senado Federal. **Demanda por água será cada vez maior em todo mundo.** 2020. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassez-de-agua/contexto/demanda-sera-cada-vez-maior-em-todo-o-mundo#:~:text=Entretanto%2C%20apesar%20de%20a%20situa%C3%A7%C3%A3o,baixa%20demanda%20de%20atividade%20produtiva.>>. Acesso em: 02 de maio de 2020.

CAMARGO, A. P. **A água no solo para agricultura.** V.57. Campinas. São Paulo. 2005.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia.** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>>. Acesso em: 16 de abril de 2020.

CHAGAS, V. B. P. **Análise nas mudanças dos regimes de precipitação e vazão no Sul do Brasil entre 1975 e 2010.** 103 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia - Universidade Federal de Santa Catarina), Florianópolis-SC, 2016. Disponível em:

<<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/TCC-Vinicius.pdf>>.
Acesso em: 01 de abril de 2020.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **PROGRAMA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA REGIÃO NORDESTE**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2001.

Disponível em:

<https://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/programa_agua_subterranea_nordeste.pdf>.
Acesso em: 20 de maio de 2020.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Serra Talhada, Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DAEE/CETESB - Departamento de Águas e Energia Elétrica e Companhia de Tecnologia de Saneamento. **Drenagem Urbana: Manual de Projeto**, São Paulo. 1980.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. **Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-freqüência para Pelotas - RS**. Engenharia Agrícola. Jaboticabal. v. 28, n. 2, p. 245-255, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000200005>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

Farol de Noticias. **Chuva de apenas 20 minutos alaga bairros em Serra Talhada**. Disponível em:

<<https://faroldenoticias.com.br/chuva-de-apenas-20-minutos-alaga-bairros-de-serra-talhada-neste-sabado-10-veja-imagens-exclusivas/>>. Acesso em: 13 de abril de 2020.

FERNANDES, J. G.; FREIRE, M. B. G. dos S.; CUNHA, J. C.; GALVÍNCIO, J. D.; CORREIA, M. M.; SANTOS, P. R. dos. **Qualidade físico-química das águas utilizadas no perímetro irrigado cachoeira II**. Serra Talhada, Pernambuco. Revista Brasileira de Ciências Agrárias Vol.4, n.1, Recife, Jan./Mar. 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Pernambuco**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe.html>>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Monografias municipais: Nordeste/Pernambuco, Serra Talhada**. 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2980/momun_ne_pe_serratalhada.pdf>. Acesso em: 21 de abril de 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pernambuco – Panorama**. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pernambuco**. 2020. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/produtos_educacionais/atlas_educacionais/atlas_geografico_escolar/mapas_do_brasil/mapas_estaduais/fisico/pernambuco.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Serra Talhada – Panorama**. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/serra-talhada/panorama>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Instrumentos meteorológicos**. 2020. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>>. Acesso em: 09 de abril de 2020.

JORGE, F. V. **A dinâmica pluvial do clima subtropical: variabilidade e tendência no sul do Brasil**. 181 p. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Paraná), Curitiba – PR, 2015. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/45152/R%20-%20T%20-%20FELIPE%20VANHONI%20JORGE.pdf>>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

LAMANA, C. X. **Ciclo hidrológico**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. 2010. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Ciclo-Hidrologico-1376.html?tpl=printerview>>. Acesso em: 16 de abril de 2020.

MARTINS, B. C. **Planejamento Urbano e Regional** [recurso eletrônico] / Organizadora Bianca Camargo Martins. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/06/E-book-Planejamento-Urbano-e-Regional.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2020.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2012. Disponível em: <https://www.bariri.sp.gov.br/arquivos/28_gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2020.

MAY, S.; PRADO, R.T.A., **Estudo de Viabilidade de Aproveitamento de Água de Chuva para o consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2004.

MEDEIROS. M. C. de.; LUZ. E. L. P. de.; MEDEIROS. R. M.; KOZMHINSKY. M. et al. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação no município de Serra Talhada – PE**. UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil. 2016.

Mello. C. R. de.; Silva. A. M.; Lima. J. M.; Ferreira. D. F.; Oliveira. M. S. **Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.7, p.121-128, 2003.

MENDONÇA, E. A. **Análise de precipitação nas mesorregiões do Estado de Pernambuco**. Tese de Doutorado (Curso de pós-graduação em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA. D. F. **Ciclo Hidrológico Planetário: abordagens e conceitos**. Instituto de Geografia - Departamento de Geografia Física - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Ano 12,

v.1, 2010. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/download/1461/1226>>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

NETA, A. P. F. **Gestão de recursos hídricos na bacia do rio gramame**. 2018. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).

PICKBRENNER, K. WESCHENFELDER, A. B.; PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição de equações intensidade-duração-frequência (IDF) e exemplo de aplicação para o município de Cristal, Rio Grande do Sul**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 22 de nov. Bento Gonçalves/RS. 2013.

PINTO, F.R.L. **Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo: estimativa e espacialização**. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

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

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. **Manejo de águas pluviais urbanas**. In: Righetto, A. M. (coordenador). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RODRIGUES, R. de A.; CASTRO, S. S. de. **Contribuição ao estudo da gênese das chuvas na cidade de Araguari (MG) durante a estação chuvosa 2001 - 2005**. Caminhos da Geografia, 2007.

SANCHES, R. G.; SILVA, M. S, D.; SANTOS, B. C.; PEREIRA, D. N. B. **Proposta de pluviômetro de baixo custo utilizando a plataforma de prototipagem Arduino.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas, 2017. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2416/1652>>. Acesso em: 09 de abril de 2020.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada.** 371 p. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SHUBO, T. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana.** 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na área da saúde pública), Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ, 2003. Disponível em: <<https://teses.icict.fiocruz.br/pdf/shubotcm.pdf>>. Acesso em: 09 de abril de 2020.

SILVA, B. M. **Chuvas intensas em localidades do Estado de Pernambuco.** 116 p. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5222/1/arquivo2398_1.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

SILVA, C. C. S. **Análise da Complexidade da Precipitação Mensal no estado de Pernambuco utilizando o Sapply Entropy.** Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

Silva, D. D.; Gomes Filho, R. R.; Pruski, F. F.; Pereira, S. B.; Novaes, L. F. **Chuvas intensas no Estado da Bahia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, 2002.

SILVA, E. C. **Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica da região Metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado (Curso Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.

SILVA. R. O. B. da.; MONTENEGRO. S. M. G. L.; SOUZA. W. M. de. **Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco**. Pernambuco. Brasil. 2017.

SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia urbana no Brasil**. In: Braga, B.; Tucci, C. e Tozzi, M. Drenagem Urbana – Gerenciamento, Simulação, Controle, Porto Alegre: ABRH. 1998.

SMDUSP - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos**. São Paulo: SMDU, vol.2, 2012.

SOUZA, R. M. S. **Sazonalidade da chuva e dos fluxos de energia, água e carbono em áreas de caatinga e pastagem no semiárido pernambucano**. Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, 2017.

TISCHER, L. P. **Equações de chuvas intensas no Estado de Roraima**. 76 p. Trabalho de conclusão de curso

(Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Roraima. Boa Vista – RR, 2015. Disponível em: <http://ufr.br/engcivil/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=112:tcc-luis-tischer-2015&id=25:tcc-2015&Itemid=336>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

TORRICO, J. J. T. **Práticas hidrológicas**. Rio de Janeiro: Transcom, 1974.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Ministério das cidades, Global Water Partnership, World Bank, Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 4ª ed. 2009.

VERSYPLE. M. I.; MACHADO. J.; ANDRADE. J. S. C. O.; WANDERLEY. R. A. **Microrregião Pajeú: economia, clima e desenvolvimento da agricultura através de modelo digital do terreno**. Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. 2015. Disponível em: <<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/478/1238>>. Acesso em: 14 de abril de 2020.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1975.

WIKIPÉDIA. **Lista de mesorregiões e microrregiões de Pernambuco**. 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregi%C3%B

5es_e_microrregi%C3%B5es_de_Pernambuco>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

CAPÍTULO 5



ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE QUIPAPÁ - PE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2018

Abner Pautiel Bezerra da Silva¹

Eduardo Cabral da Silva²

Maria Letícia Carvalho de Santana³

Jonas Henrique de Carvalho Oliveira⁴

Sebastião de Souza França⁵

Luciana de Omena Gusmão⁶

RESUMO

A ocorrência de problemas urbanos, como inundações, tem sido verificada com frequências cada vez maiores no Brasil. Esses eventos são consequentes dos efeitos antrópicos e de variações climáticas. No intuito de lidar com esses eventos, seja para mitigá-los ou preveni-los, surge o conceito de planejamento urbano. Também denominadas de medidas estruturais, as obras de infraestrutura hídrica são importantes dentro da concepção do planejamento urbano. Para que haja devida elaboração de projetos hidráulicos, bem como para

¹ abnerpautiel@outlook.com

² edcs.cabral@gmail.com

³ leticiaengcivil12@hotmail.com

⁴ jonashco@hotmail.com

⁵ sebastiaosf13@gmail.com

⁶ log.gusmao2010@gmail.com

demais atividades comuns a vivência humana, é de suma importância que haja conhecimento sobre as características hidrológicas de um local, sendo esse estudo característico fruto da necessidade de desenvolver uma análise sobre a precipitação pluviométrica da cidade de Quipapá-PE. Foi realizado um estudo estatístico descritivo dos dados diários contínuos do período compreendido entre 2004 e 2018. Utilizou-se também a série histórica de precipitação (1923 – 2018) descontínua, para o mesmo posto pluviométrico para elaboração da equação de chuvas intensas. Com a análise dos dados, conclui-se que a precipitação tem grande variabilidade e sazonal e interanual. A Equação de chuvas intensas foi gerada de forma satisfatória, com coeficiente de determinação de 0,99.

Palavras-chave: Curva IDF. Estatística descritiva. Planejamento urbano.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano é um dos precursores da alteração da cobertura vegetal natural do solo, tal alteração tem como consequência efeitos relacionados ao ciclo hidrológico natural. A intervenção antrópica em bacias hidrográficas, ocasiona mudanças no regime de infiltração e escoamento da água das chuvas, isso geralmente se dá através de processos que causam impermeabilização do solo e na instalação de mecanismos de manejo pluvial. Diante disso, é necessário acentuar a preocupação com a realização de um planejamento urbano eficaz, para que sejam reduzidos os impactos ambientais negativos de origem antropogênica e, para que sejam evitados eventos como as cheias urbanas (SILVA et al., 2015).

O número de alagamentos e inundações aumentam com a incidência de chuvas intensas, em determinadas situações é comum a ocorrência de perdas socioeconômicas e de vida ocasionadas pelas cheias em âmbito urbano, estas cheias são provocadas especialmente pela falha ou falta de manutenção de sistemas de drenagem urbana, ocupação indevida de áreas de comum alagamento natural e pela superação da capacidade limite de escoamento superficial do

dispositivo de drenagem em períodos de precipitação intensa (RABELO et al., 2017).

Nesse contexto, o material de apoio utilizado para embasar um bom planejamento urbano deve conter informações que auxiliem o reconhecimento do panorama de precipitação pluvial de uma região, possibilitando assim que os profissionais do setor urbanista tenham condições de prever e prevenir situações relacionadas às problemáticas que envolvem urbanização e precipitação pluviométrica. A capacidade de conhecer bem o comportamento pluvial de uma bacia permite, ainda, o desenvolvimento de projeto de cunho sustentável, como acontece em diversos países do mundo que optaram por fazer o manejo das águas pluviais visando aproveitamento da água das chuvas e o prolongamento de seu ciclo de vida (RABELO et al., 2017).

Na região Nordeste do Brasil, pode-se destacar a presença da irregularidade espaço-temporal das chuvas, portanto, no que diz respeito ao conhecimento das variações de precipitação é incorreto fazer uso de aparatos matemáticos baseados em dados referidos a grandes metrópoles para dimensionar projetos urbanos nas mais variadas localidades (RABELO et al. 2017). Este problema é comum ao estado de Pernambuco, que costuma utilizar uma única equação de

chuvas intensas para subdimensionamento dos sistemas urbanos em municípios com regimes pluviométricos distintos, dando margem para ocorrência de superdimensionamento de projetos, já que são localidades com características pluviométricas diferentes.

Diante disso, é importante um melhor conhecimento do regime pluviométrico local, podendo através de análise estatística observar os períodos de chuvas intensas. A necessidade de desenvolver este conhecimento para a cidade de Quipapá-PE é o que subsidia a intenção desta pesquisa, utilizando-se da análise estatística do histórico de precipitação e tendências para auxiliar urbanistas na construção do planejamento urbano.

O presente trabalho teve como objetivo central realizar a análise estatística descritiva do histórico de precipitação pluviométrica de chuvas do município de Quipapá – PE desenvolvendo uma curva de intensidade-duração-frequência (IDF).

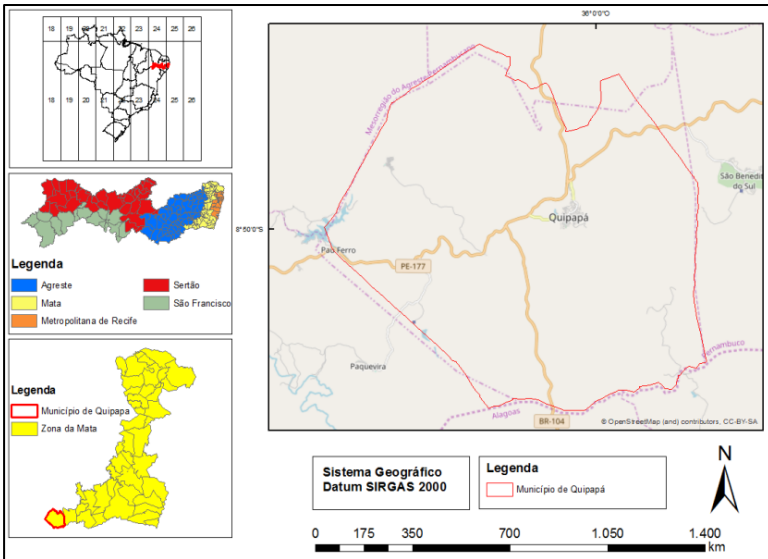
METODOLOGIA

Caracterização do local

Quipapá é uma cidade localizada no Estado de Pernambuco na Mesorregião da Mata Pernambucana (Figura

1), situada com coordenadas $8^{\circ}48'52''$ Sul de latitude, $36^{\circ}1'15''$ Oeste de longitude e uma altitude de 476 metros. No último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010 a população quipapaense somava 24.186 habitantes, sendo a estimativa para o ano de 2019 o valor de 26.037 pessoas (IBGE, 2019).

Figura 7- Localização de Quipapá, na Zona da Mata de Pernambuco.



Fonte: Autoria própria.

O município de Quipapá - PE faz parte da Zona da Mata Pernambucana e apresenta clima tropical, quente, úmido e chuvoso com máximas de precipitação anual de

1532 mm e mínimo de 666,70mm. O período de chuva compreende o período de meados de janeiro até setembro e média anual de temperatura está em torno de 26.6°C (CPRM, 2005).

Aquisição de dados e análise estatísticas

A aquisição de dados se dará através do site da Agência Pernambucana de Águas e clima com a utilização de uma série de precipitação de 10 anos de observações diárias para o município de Quipapá - PE, pelo posto pluviométrico codificado sob o número 525 entre os anos de 2004 e 2018. Os dados obtidos serão adicionados a trabalhados em um software de planilha eletrônica, onde serão separados os valores dos máximos das precipitações diárias e ajustados a partir de 4análise estatística sendo determinada a médias mensais e anuais da série histórica, bem como o a mediana, desvio padrão e a curtose.

Para a média, foi utilizada a média aritmética simples, obtida através da equação (1).

$$X = \frac{\sum xi}{n} \quad (1)$$

Em que X é a média aritmética simples;

X_i é uma amostra de elementos;

n é o somatório do número de amostras.

Para verificar a mediana, foi utilizada a Equação (2).

$$MD = x \frac{n+1}{2} \quad (2)$$

Onde:

MD é a mediana;

X corresponde a variável

n é o tamanho da amostra.

Para cálculo de medida de dispersão, foi determinado o desvio padrão através da Equação (3).

$$DP = \sqrt{\frac{\sum(x_n - X)^2}{n}} \quad (3)$$

Onde:

DP é o desvio padrão;

x_n é o valor individual da série;

X é a média aritmética;

n é o número da amostra.

Para observar a proporcionalidade dos dados, a curtose foi calculada a partir da Equação (4).

$$C = \frac{Q_3 - Q_1}{2(D_9 - D_1)} \quad (4)$$

Onde:

C é o Índice percentílico de curtose

Q_3 é o terceiro quartil;

Q_1 é o primeiro quartil;

D_9 é o nono decil;

D_1 é o primeiro decil;

Equação de chuvas intensas - IDF

No tocante da aquisição de dados, inicialmente obtiveram-se os valores das precipitações diárias para as séries pluviométricas do posto 525 através da plataforma da APAC na Internet.

Inicialmente houve a aquisição de dados das séries pluviométricas de 95 anos (1923-2018), dentre os quais foram desconsiderados os anos em que houve ausência de dados (1959-1962 e 1989-1993). A partir disso foi elaborada a série de precipitações diárias máximas anuais, utilizando

para tanto, as alturas pluviométricas máximas de um dia de duração para cada ano da série.

Em seguida, foram aplicados os coeficientes de desagregação de chuva propostos pelo DAEE/CETESB para assim estabelecer as alturas precipitadas máximas anuais para as durações em cada posto pluviométrico de: 5, 10, 20, 25, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600, 720, 1440 minutos.

A seleção das precipitações máximas com relação a um valor mínimo para cada duração foi realizada com base nos valores utilizados por Silva (2014) (Tabela 1).

Tabela 4 - Valores adotados como precipitações mínimas a serem consideradas como chuvas intensas para cada duração.

Duração	P (mm)
5	8
10	10
30	20
60	25
120	30
180	33
360	40
720	47
1440	55

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

A obtenção das precipitações máximas possíveis de serem igualadas ou superadas a cada 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, a partir das séries anuais, foi ajustada ao modelo de distribuição estatística de valores extremos de Gumbel para máximos, ou simplesmente distribuição de Gumbel (Eq. 5).

$$P_t = \bar{x} + (y - y_n) \frac{S}{S_n} \quad (5)$$

Onde:

P_t é a precipitação máxima em mm com período de retorno T anos

\bar{x} é a média da série de máximas anuais (mm)

S é o desvio padrão da série de máximas anuais (mm)

Y_n é a média da variável reduzida

S_n é o desvio padrão da variável reduzida

Y é a variável reduzida, calculada pela Equação 6.

$$Y = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (6)$$

Onde T é o período de retorno em anos.

No objetivo de verificar se a distribuição de Gumbel se deu de maneira correta, aplicou-se o teste Kolmogorov-Smirnov, o qual Naghettini e Pinto (2007) descrevem em detalhes. A determinação dos parâmetros de ajuste da equação chuvas intensas se deu a partir da substituição do numerador da Eq. 7 pelo coeficiente C, originando assim a Eq. 8. Desta forma, $C = aT^b$, tornando possível a aplicação das propriedades dos números logarítmicos, sendo por fim realizado o processo de linearização a fim de obter-se a estimativa da intensidade da chuva.

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (7)$$

em que:

$$i = \frac{c}{(t+c)^d} \quad (8)$$

onde: i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o período de retorno (anos)

t é a duração (minutos)

a, b, c, d são parâmetros relativos à localidade.

Com a determinação dos parâmetros a, b, c e d, foram obtidas a equação de chuvas intensas para o município de Quipapá - PE. Para efeitos de comparação entre os valores das intensidades máximas de precipitação calculados pela distribuição de Gumbel e os determinados pelas equações IDF recém geradas, foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2) (Eq. 9).

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{t=1} N \cdot (T_f - \bar{T}) \cdot (M_f - \bar{M})}{\sum_{t=1} N \cdot (T_i - \bar{T})^2 \cdot \sum_{t=1} N (M_i - \bar{M})^2} \right]^2 \quad (9)$$

onde: M_i são os valores calculados pela Equação de Chuvas Intensas, T_i são os valores calculados pela distribuição de Gumbel, N são os números de pares de variáveis calculadas (pela distribuição e pela equação), \bar{M} , \bar{T} são as médias dos calculados pela Equação de chuvas Intensas e pela distribuição de Gumbel, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise pluviométrica

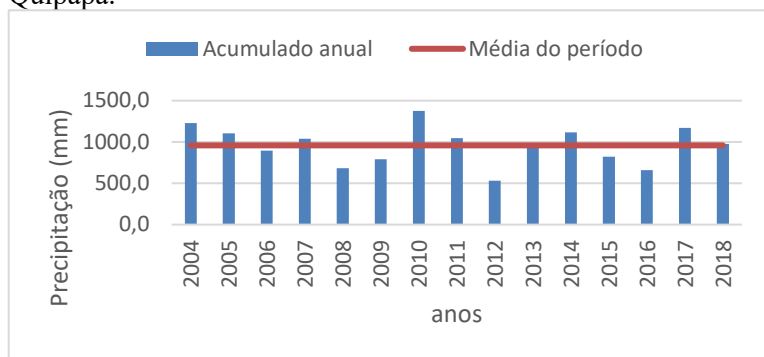
A partir da análise dos valores de precipitação diária dos anos de 2004 a 2018, foram separados os acumulados anuais de cada ano e a partir desses foi obtida a média do

período. Nota-se que para a maior parte do período, o acumulado anual se manteve inferior à média que foi de 958,7 mm, sendo o ano de 2013 aquele que mais se aproximou do valor médio com precipitação de 942,3 mm (Figura 3).

Na série (2004-2018) o ano de 2012 representou o mais seco do período, enquanto o ano de 2010 representou o ano de maior índice pluviométrico, com acumulado anual de 1375,1 mm na estação observada.

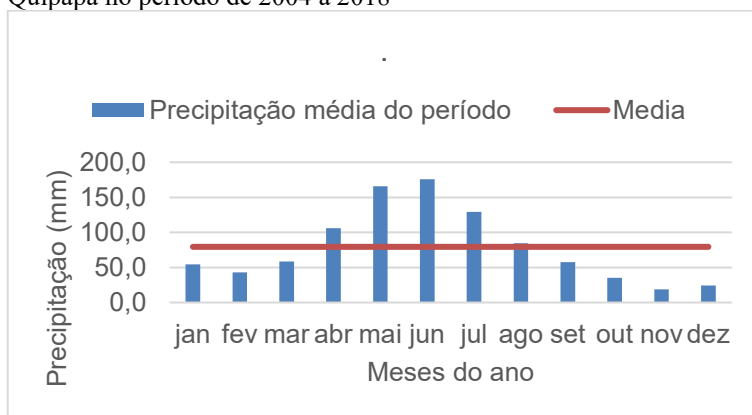
Quanto a distribuição mensal, observou-se que o mês mais chuvoso é o mês de junho (176,1mm), e o mês menos chuvoso foi o mês de novembro (18,6mm), como mostra a Figura 4.

Figura 3 - Acumulado anual de precipitação para o município de Quipapá.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 4 - Variabilidade sazonal da precipitação no município de Quipapá no período de 2004 a 2018



Fonte: Autor, 2019.

O gráfico gerado (Figura 13) permite notar que o período chuvoso se destaca entre os meses de abril e agosto, considerando que esses encontram-se em destaque acima da média dos meses do período.

No que diz respeito a análise estatística descritiva (Tabela 3), obteve-se que o valor máximo mensal diz respeito ao mês de junho de 2010 (497,90 mm) e o mínimo para a série foi de 25,51 mm referente ao mês de novembro.

O desvio padrão médio foi de 55,57 mm, sendo os meses de junho (115,51 mm) e maio (95,38 mm) aqueles cujo o desvio padrão dista em maior proporção do valor médio. A grande variabilidade do desvio padrão dos meses avaliados ocorre principalmente devido a existência de

valores mensais que possuem grande diferença entre si na média, como no caso do mês de junho, em que valores que fazem parte da média variam de 57,7 mm até 497,9 mm.

Tabela 5 - Parâmetros estatísticos da precipitação mensal em mm

Mês	Média	Mediana	Máximo	Desvio Padrão	Curtose
Jan	54,20	24,40	232,10	61,50	4,36
Fev	43,09	28,60	122,60	38,78	-0,38
Mar	58,51	47,50	186,10	52,23	1,32
Abr	105,77	101,50	247,80	56,51	1,98
Mai	165,96	155,40	347,40	95,38	-0,01
Jun	176,05	150,70	497,90	115,51	3,37
Jul	129,21	115,80	235,20	48,74	0,48
Ago	84,61	74,10	260,20	56,85	6,66
Set	57,50	40,80	150,60	43,29	-0,34
Out	35,09	20,40	170,30	43,11	7,23
Nov	18,58	10,20	92,90	25,51	4,49
Dez	24,27	9,00	78,00	29,40	-0,76

Fonte: Autor, 2019.

Quanto ao coeficiente de curtose, sua função é referenciar a distribuição de frequência unimodal em relação a distribuição normal. Em alguns meses o coeficiente surge com resultados negativos, destacando-se os meses de fevereiro, maio, setembro e dezembro, indicando para esses períodos uma distribuição de frequência com curva leptocúrtica. Enquanto para os demais meses, a distribuição

de frequência possui coeficiente positivo, originando assim uma curva com características platicúrtica.

Equação de chuvas intensas

Para formação da curva de IDF, foi necessário inicialmente obter-se a equação de IDF que represente o município de Quipapá-PE. Como item primordial para obtenção da equação, foram separados os valores das máximas diárias que compreende os dados entre os anos de 1923 até 2018, esses estão representados no Apêndice A.

A partir da distribuição de Gumbel (Apêndice B), foi possível a utilização dos valores ajustados para obtenção dos seguintes parâmetros da equação de IDF (Tabela 4):

Tabela 6 – Parâmetros da Equação de chuvas intensas desenvolvida para o município de Quipapá-PE.

Parâmetros da Equação	
a	912,74
b	0,1
c	10
d	0,77

Fonte: Autoria própria.

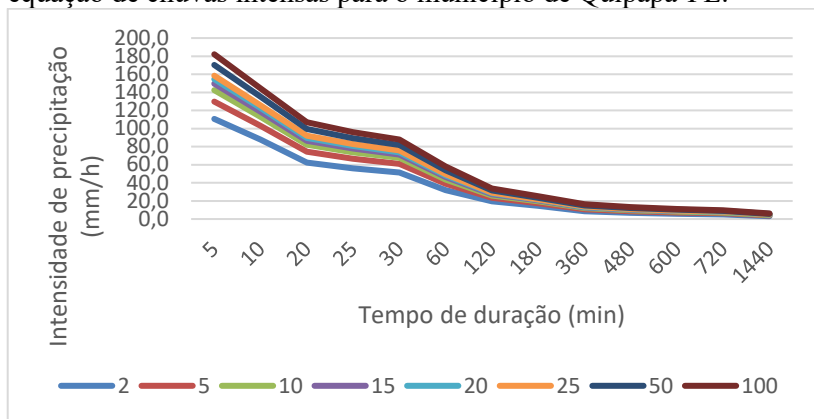
Em seguida os parâmetros adicionados a equação 12 ocupando o valor correspondente aos coeficientes a, b, c, d. A equação final (Eq. 18) pode ser observada abaixo:

$$i = \frac{972,74T^{0,1}}{(t+10)^{0,77}} \quad (18)$$

Dessa forma, pode-se substituir os valores correspondentes a tempos de retorno e duração desejado, obtendo-se as respectivas intensidades. Por fim, foi gerado o gráfico contendo a curva de IDF onde a intensidade da precipitação está relacionada ao tempo de duração do evento para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos (Figura 5).

Para fins de avaliação do ajuste da equação foi considerado o resultado do Parâmetro o coeficiente de determinação R^2 que admite sempre um valor positivo, com variação ente 0 e 1. O coeficiente obtido teve valor de 0,99985, indicando boa qualidade no ajuste da equação.

Figura 5 – Curvas de intensidade de chuva obtidas por meio da equação de chuvas intensas para o município de Quipapá-PE.



Fonte: Autor, 2019.

CONCLUSÃO

Através da análise estatística descritiva foi possível concluir que o município possui grande variabilidade acerca da precipitação sazonal e interanual, possuindo grandes desvios quanto as médias acumuladas do período observado.

No que diz respeito a equação de chuvas intensas, foi possível realizar a definição dos parâmetros de ajuste para o município de Quipapá e realizar a obtenção de uma curva de IDF confiável e verificada a partir do Coeficiente de determinação, possibilitando àqueles a que interessar, fazer uso desta pesquisa como instrumento acadêmico ou de planejamento.

REFERÊNCIAS

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Quipapá, estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Panorama das Cidades.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/quipapa>> Acesso em: 12/09/2019.

RABELO, A. E. C.G. C.; RIBAS, L. V. S.; COUTINHO, A. P.; NETO, A. R.; ANTONINO, A. C. D. Espacialização dos parâmetros de equações de chuvas intensas para a Região Metropolitana do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Vol 11, (2017).

SILVA, T. F.; PAIVA, A. L. R.; SANTOS, S. M.; Análise Estatística e tendência das precipitações no município de Caruaru – Pe. **In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Brasília, 2015.

CAPÍTULO 6



ESTUDO DAS CHUVAS INTENSAS NA MATA SUL DE PERNAMBUCO: estudo de caso dos eventos ocorridos em junho de 2010

Laiza Bianca da Cunha Torres¹
Eduardo Cabral da Silva²
Sebastião de Souza França³
Tácila Mendes Cordeiro⁴
Marcela Camila Brainer Alves⁵
Luciana de Omena Gusmão⁶

RESUMO

A Zona da Mata Sul (ZMS) é composta por 26 municípios, com população estimada de 774.870 habitantes de acordo com o censo 2010, do IBGE dos quais 75% residem em áreas urbanas. Devido às suas características climáticas e geomorfológicas, aliado aos problemas decorrentes da urbanização desordenada, a região está suscetível a vulnerabilidades como processos erosivos, queda de blocos, deslizamentos e enchentes. Diante disso, fica evidente a necessidade de estudos climatológicos dos eventos extremos

¹ laisa-bianca@hotmail.com

² edcs.cabral@gmail.com

³ sebastiaof13@gmail.com

⁴ tacilamendes35@gmail.com

⁵ camila_jb@hotmail.com

⁶ log.gusmao2010@gmail.com

assim como sua frequência e impactos provocados por estes em determinadas localidades consideradas de risco a fim de minimizar possíveis desastres devido ao fenômeno das chuvas intensas. O presente trabalho objetiva estudar a variabilidade espaço temporal da precipitação pluviométrica e os impactos locais e socioeconômicos ocasionados pelas chuvas intensas. A metodologia incluiu a coleta de dados pluviométricos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). O período avaliado no estudo da variabilidade espacial da chuva foi de 15 a 20 de junho de 2010, nessa etapa foram analisados 6 postos da ZMS. Através dos resultados foi possível analisar a grande variabilidade espaço temporal da precipitação pluviométrica na ZMS, que registrou os maiores valores acumulados de precipitação.

Palavras-chave: Urbanização. Precipitação pluviométrica. Danos populacionais.

INTRODUÇÃO

A urbanização e a procura por lugares que, na sociedade atual representem o ideal de bem estar tem ligação direta proporcional ao desenvolvimento, onde o processo de buscar o urbano se dá em virtude, de estar no urbano, uma oportunidade de melhoria de vida (AGRA, 2016).

Desta forma, os impactos ambientais se voltam justamente para as populações atraídas para servir ao sistema produtivo. Para Guimarães (2016), é evidente que esse crescimento populacional descontrolado acarreta impactos indesejados ao ambiente e sinaliza a necessidade de reflexão sobre os seus processos históricos de expansão, que por sua vez acarretam crescente impermeabilização do solo, alteração na distribuição do ar devido às construções, supressão da vegetação e ainda incidências de inundações pela ocupação de áreas alagáveis uma vez que as intensas transformações provenientes das ações humanas potencializam ainda mais as vulnerabilidades às mudanças do clima e do solo (GUIMARÃES, 2016).

Por estar localizado próximo a portos litorâneos, e isto facilitar a logística de transporte de produção, a faixa litorânea do estado de Pernambuco sofre com demasiados

processos de transformações do uso e ocupação do solo desde os tempos coloniais. Inicialmente, esse processo se deu pela extração de pau-brasil e, em seguida, deu lugar ao monocultivo da cana-de-açúcar (RAMOS, 2019).

Esse processo de exploração propiciou uma perda considerável da vegetação nativa e elucidou um cenário com propensão crescente para o aumento da vulnerabilidade ambiental (ROCHA; SANTOS, 2018).

De acordo com Ramos (2019), houve uma redução de mais de 80% da área de cobertura vegetal da região entre os anos de 1989 e 2017. Tendo em vista que a impermeabilização do solo e a retirada da cobertura vegetal causam efeitos diretos e por vezes, indesejáveis sobre o ciclo hidrológico do ecossistema, fica implícita a necessidade que a região apresenta de maiores estudos quanto a sua distribuição espaço-temporal direcionada para a modificação da paisagem, principalmente em relação à fragilidade da região causada pelo seu histórico de exploração e esgotamento do solo.

Sabe-se que, o conjunto desses fatores intensifica a ocorrência das chamadas chuvas intensas. Para Bertoni e Tucci (2015), a precipitação máxima é entendida como uma ocorrência extrema, e que apresenta grande lâmina

precipitada, superando o valor mínimo esperado para determinado intervalo de tempo. Uma vez que são responsáveis pela erosão do solo, as chuvas intensas agem provocando transtornos como deslizamentos e inundações que culminam em mortes e dezenas de desabrigados, além de causar estragos em infraestruturas, por exemplo.

Segundo Duarte; Nóbrega e Coutinho (2015), os cientistas costumam associar a ocorrência desses eventos extremos ao aquecimento global. Nesse sentido, eventos de chuvas intensas, temporais e enchentes podem tornar-se mais frequentes e aumentar a incidência de desastres quando a atmosfera se encontrar mais aquecida. Somado a isso, a Zona da Mata Sul de Pernambuco agrega um conjunto de fatores que a torna vulnerável a ocorrência desses fenômenos, sendo as mudanças climáticas um fator agravante.

Diante desse contexto, estudar a climatologia dos eventos extremos, assim como sua frequência e impactos provocados por estes em determinadas localidades consideradas de risco, seria uma forma de prevenção e mitigação desses desastres? Segundo Raviel (2016), o conhecimento sobre a intensidade e distribuição dessas chuvas é de suma importância para proteção contra cheia, tanto quanto para projetos de engenharia, obras de controle

de erosão, vertedores, entre outros. Além disso, o entendimento da precipitação pluviométrica também é relevante no âmbito dos estudos hidrológicos uma vez que visa reduzir os impactos das chuvas intensas e proporcionar um uso racional dos recursos hídricos.

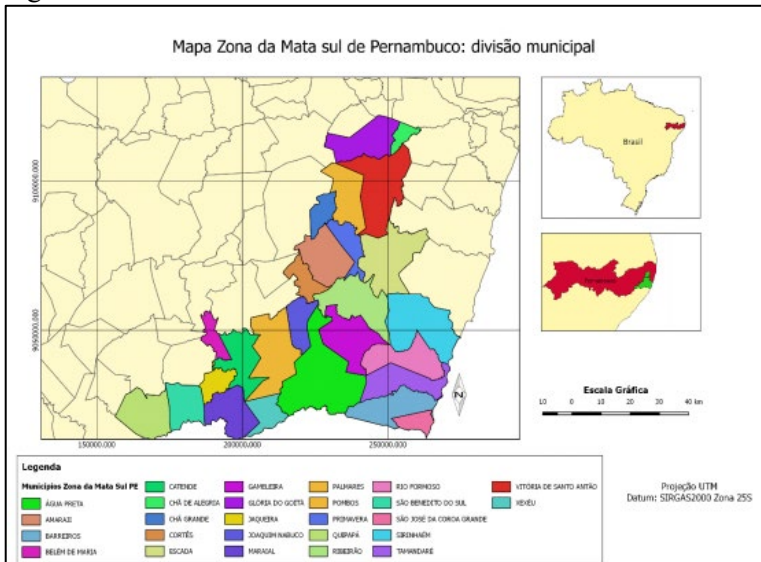
O presente trabalho busca estudar a distribuição espaço-temporal das chuvas intensas que ocorreram no ano de 2010 na Mata Sul de Pernambuco, buscando ações efetivas que reduzam os impactos negativos ocasionados pelas mesmas.

METODOLOGIA

Área de estudo

Região litorânea, localizada entre a mesorregião metropolitana do Recife e o Agreste pernambucano (Figura 1), a Zona da Mata Sul (ZMS) é composta por 26 municípios, ocupando uma área de 8.432,40 Km², o que corresponde a 8,6% do território do Estado de Pernambuco.

Figura 1 - Área de estudo: Mata Sul de Pernambuco.



Fonte: Adaptado de EMPRAPA (2020).

De acordo com o censo 2010 do IBGE, a população residente total da Mata Sul de Pernambuco é de 774.870 habitantes, sendo 585.162 (75%) em áreas urbanas e 189.708 (25%) em áreas rurais.

A dinâmica populacional apresentada nos últimos censos evidencia o aumento do processo migratório populacional de áreas rurais para urbanas, fazendo com que a densidade demográfica desses espaços se eleve. Tal fato não tem relação com as condições de trabalho nas áreas urbanas, e sim com a expulsão do homem do campo dando espaço ao monocultivo da cana-de-açúcar (RAMOS, 2019).

Aspectos climatológicos

Segundo o entendimento do autor Barros (2020), o clima da região é definido como tropical quente e úmido marcado pelo verão seco e pelas chuvas de inverno/outono.

Ainda de acordo com Barros (2020), os meses que compreendem o período chuvoso vão de março a agosto, sendo que junho e julho apresentam um elevado acúmulo de precipitação, enquanto que a temporada “seca” se estende de setembro a fevereiro.

Devido a sua faixa de precipitação ser mais larga, a Zona da Mata Sul possui percentual de chuvas maior em comparação com a área norte da região (EMBRAPA, 2020).

A umidade da região é mantida devido ao volume de chuvas e as precipitações orográficas somado ao Planalto do Borborema, popularmente conhecido por Serra das russas, com índices pluviométricos acima de $1200\text{mm}^3/\text{ano}$ (BARROS, 2020).

A temperatura média da região varia entre $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, devido a carência de características sazonais decorrentes da baixa latitude e da sua proximidade equatorial que faz com que a região apresente baixas oscilações de temperatura, mesmo no inverno (RIBEIRO FILHO et. al., 2005).

Vegetação

1. De acordo com Lima (2007), na região ZMS prevalecem dois tipos de vegetação:
2. Floresta tipo ombrófila densa: Caracteriza-se por possuir espécies altas (20 a 30 m).
3. Florestas estacionais semidecíduais: Formam-se na transição entre a zona costeira úmida e o semiárido, em ambientes com baixa umidade. O nome se dá pelo fato de perder parte das suas folhas no verão e aparentar aspecto ombrófilo denso nos períodos chuvosos.

Geomorfologia

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2010) diz que a geomorfologia da Mata Sul de Pernambuco é caracterizada por colinas que separam a região litoral do Agreste. Devido a sua localização, os ventos litorâneos influenciam diretamente, contribuindo para a ocorrência de processos erosivos (RAMOS, 2019).

Por esse motivo, e pelas características climáticas e geomorfológicas, a região está vulnerável não só a processos

erosivos como também a deslizamentos e enxurradas (CPRM, 2010).

Aquisição dos dados

Método de coleta de dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos por meio do site eletrônico da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC com discretização temporal diária dos postos pluviométricos contidos na Tabela 1. O intervalo escolhido para análise foi o de 15 a 20 de junho de 2010, devido a seus maiores acumulados pluviométricos do período chuvoso. Os dias 17, 18 e 19 foram os dias que acumularam os maiores totais, contudo, para um estudo mais detalhado do evento de chuvas intensas, foi considerado um período mais amplo, buscando avaliar as chuvas antecedentes e caracterizar o fim do evento.

Tabela 1 - Postos pluviométricos e seus respectivos dados no período de 15 a 20 de maio de 2010 para municípios da Mata Sul de Pernambuco.

Posto	Código	Latitude	Longitude	15	16	17	18	19	20	Acumulado
Barreiros - PCD	314	-8,824	35,194	1,0	38,5	82,0	79,3	42,0	1,3	244,1
Joaquim Nabuco	285	-8,642	35,417	1,2	18,6	70,8	110,0	93,4	5,5	299,5

Palmares	25	-8,678	35,580	0,0	15,3	55,3	143,2	156,0	0,0	369,8
Ribeirão	543	-8,518	35,376	1,2	15,9	96,5	132,1	30,0	19,6	295,3
Ribeirão (Fazenda)	109	-8,443	35,346	0,0	32,0	104,0	180,0	67,0	0,0	383,0

Sirinhaém	111	-8,619	35,119	72,9	100,7	133,0	56,2	19,0	1,8	152,0
-----------	-----	--------	--------	------	-------	-------	------	------	-----	-------

Fonte: Adaptado da APAC, 2020

Análise e processamento dos dados

Os dados adquiridos foram trabalhados em software de planilha eletrônica afim de gerar dados pluviométricos em escala diária e gráficos que representem a variabilidade temporal. Os dados oriundos do software de planilha eletrônica, foram plotados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, utilizando o software QGIS versão 3.10.10, para análise da variabilidade espacial dos eventos de chuvas intensas

Para a geração do mapa de variabilidade espacial da precipitação pluviométrica foi utilizado a ferramenta de processamento do QGIS IDW – Ponderação pelo Inverso da Distância.

Base de dados cartográficos

Os dados cartográficos foram obtidos no portal da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco – CPRH, por meio do Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco –CABURÉ. O sistema de referência adotado foi o SIRGAS 2000 com projeção UTM 24 sul. As mudanças de coordenadas necessárias foram realizadas por meio do software QGIS, versão 3.10.10.

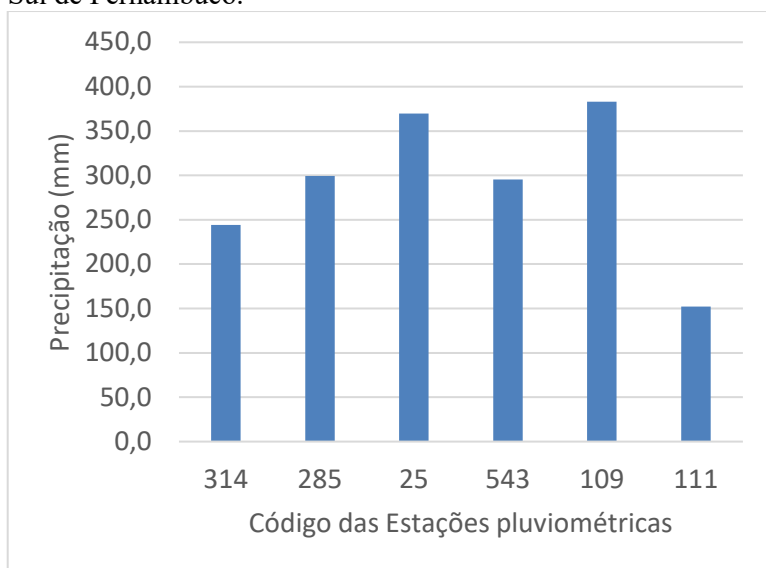
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os eventos de chuvas intensas ocorridos no período chuvoso (março a agosto) do ano de 2010 no estado de Pernambuco trouxeram diversos prejuízos socioeconômicos e perdas de vidas. A Figura 2 mostra a variação do acumulado de precipitação de 6 postos pluviométricos da Mata Sul de Pernambuco para o período analisado na presente pesquisa, que compreende os dias 15 a 20 de junho de 2010. Nesse período, no evento de chuvas intensas, a região teve acumulados que superaram 350,0mm. Os valores máximos se deram nos postos da cidade de Ribeirão (código 109) e Palmares (código 25) registrando acumulados de 383,0mm e 369,8mm, respectivamente. Enquanto que o posto de Sirinhaém (111) apresentou o menor acumulado do período, registrando 152,0mm.

Os acumulados diários para o período (Figura 3), considerando as 6 estações pertencentes a Mata Sul de Pernambuco, comprovam que o dia 18 de junho foi o mais chuvoso (valores superiores a 700,0mm), caracterizando o pico do evento. Contudo, é importante destacar os eventos de chuvas antecedentes, principalmente, o do dia 17 (541,6mm). As chuvas antecedentes ocasionam a saturação do solo e potencializam a ocorrência do escoamento

superficial. Em bacias urbanizadas esses efeitos são ainda mais críticos, haja vista que a impermeabilização é um fator propulsor para as enchentes (REZENDE, 2012); (SILVA, Jr et al. 2011).

Figura 2 - Acumulado de precipitação do período compreendido entre 15 a 20 de junho de 2020 dos postos pluviométricos da Mata Sul de Pernambuco.

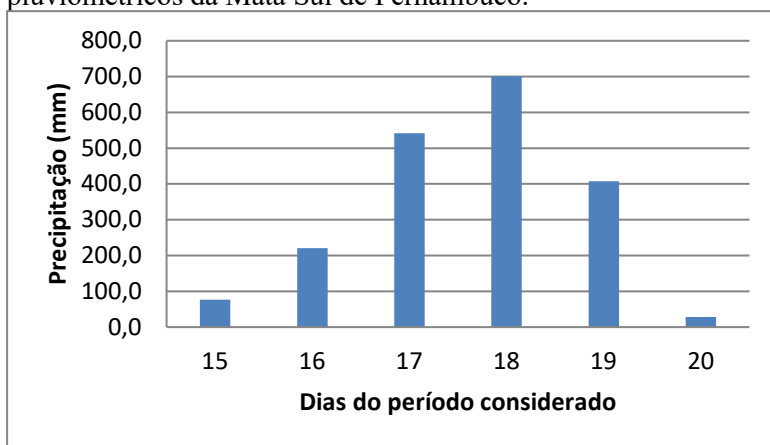


Fonte: Autoria Própria

A variabilidade temporal da precipitação nos postos utilizados no presente estudo, para o período compreendido entre 15 e 20 de junho de 2010 na Mata Sul de Pernambuco, está disposta na Figura 4. O evento de pico varia de acordo

com o posto pluviométrico, caracterizando bem a variabilidade espacial da chuva. No dia 17, por exemplo, o posto pluviométrico com maior acumulado foi o de Sirinhaém (código 111), seguido pelo posto de Ribeirão (código 109); já no dia 18, dia da chuva de pico, o posto com maior acumulado foi o de Ribeirão (código 109), seguido pelo de Palmares (código 25).

Figura 3 - Acumulado diário de precipitação do período compreendido entre 15 a 20 de junho de 2020 dos postos pluviométricos da Mata Sul de Pernambuco.

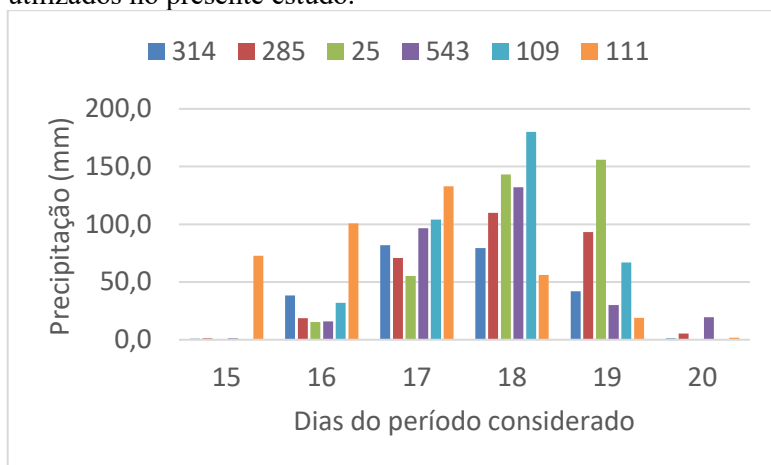


Fonte: Autoria própria.

A distribuição espacial do acumulado de precipitação para o período analisado (Figura 6) mostra que os maiores valores se encontram na porção nordeste, limite entre os municípios de Ribeirão e Escada, com valores em torno de

380,0mm, assim como também, no município de Palmares apresentando registros de 350,0mm em média, o que seria mais do que o esperado para o mês inteiro (APAC, 2016).

Figura 4 - Variabilidade temporal da precipitação diária dos postos utilizados no presente estudo.

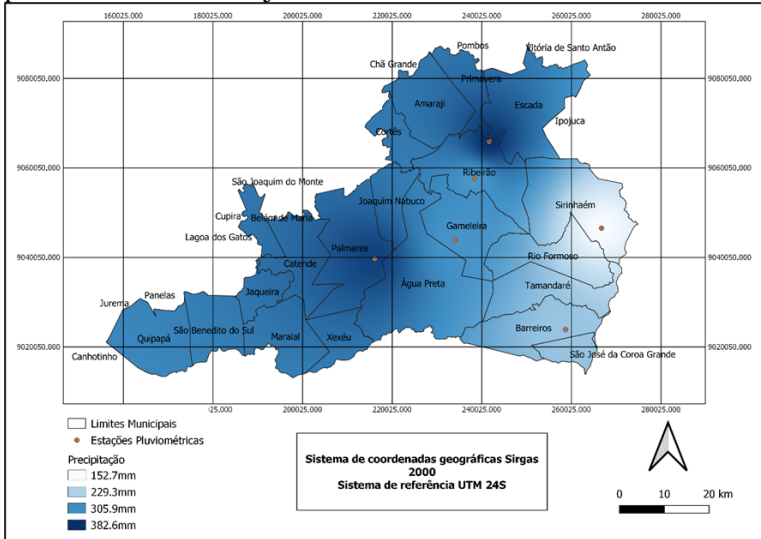


Fonte: Autoria própria.

No que diz respeito a cidade de Palmares, observa-se que no ano de 2010 o mês de junho apresentou grande precipitação pluviométrica (Figura 6), destoando consideravelmente a média histórica do município. No entanto, a grande problemática não diz respeito apenas a quantidade de chuvas e sim a intensidade das mesmas em um curto espaço de tempo. Essa intensidade elevou o nível do

rio, causando uma enorme enxurrada que atingiu cidades ribeirinhas do estado de Pernambuco.

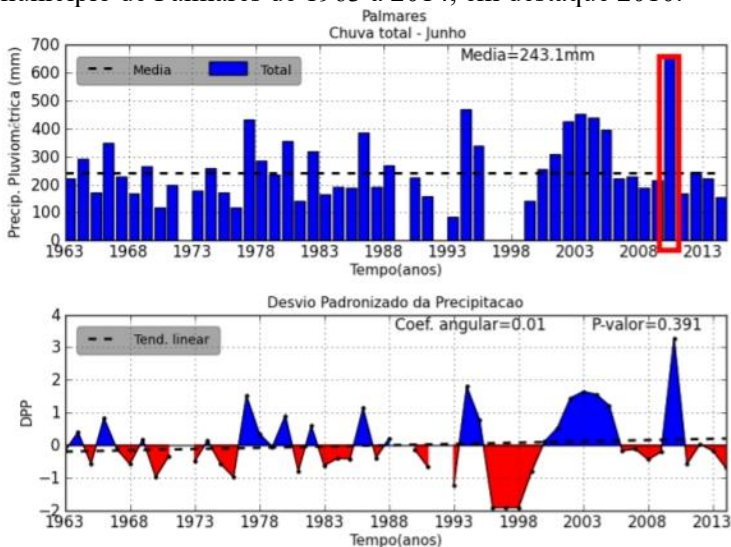
Figura 5 - Distribuição espacial do acumulado de precipitação no período de 15 a 20 de junho.



Fonte: Autoria Própria

Sabe-se que, historicamente o mês que apresenta maior índice pluviométrico é o de junho, contudo, contrariando todo o estudo climatológico, não se esperava algo tão extremo.

Figura 6 - Média histórica de chuvas no mês de junho no município de Palmares de 1963 a 2014, em destaque 2010.



Fonte: APAC (2016)

A previsão de eventos extremos é algo difícil de diagnosticar seja em razão de recursos materiais ou pela intensa dinâmica natural do meio ambiente. Através dos gráficos foi possível verificar a grande variação ocorrida em 5 dias, mais especificamente em 2, que foram os dias 17 e 18 de junho. Constatou-se que realmente foi algo extraordinário e que através de estudos climatológicos não seria possível prever. Não obstante tal cenário, a principal medida de enfrentamento é a prevenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que a precipitação pluviométrica ocorrida no período analisado foi um evento extremo que se diferenciou totalmente dos registros históricos já observados. As mudanças climáticas surgem como um dos principais desafios a serem enfrentados na atualidade seja em razão das suas consequências físicas seja pelos impactos sociais que delas advém. Não obstante tal problemática, a imprevisibilidade dos eventos extremos traz consigo a ideia de prevenção amplamente discutida pelas ciências ambientais, pois através dessa prática as perdas podem ser minimizadas na chamada sociedade do risco.

Em toda a ZMS, principalmente nos municípios de Palmares e Ribeirão, levando em consideração os resultados obtidos nesta pesquisa, sugere-se investir em aprimoramento de projetos e estudos climatológicos que lidem com os totais pluviométricos e chuvas intensas que atingem a região, a fim de auxiliar na identificação de eventos extremos e minimizar possíveis consequências para a sociedade.

REFERÊNCIAS

APAC. **Climatologia da precipitação anual de pernambuco**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/climatologia/519-climatologia>. Acesso em: 22 nov. 2020.

ABREU, Marcel Carvalho. **DESEMPENHO DE MÉTODOS DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS**. 2018. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

ALMEIDA, Tamiris Aparecida de. **IMPACTOS DECORRENTES DAS MUDANÇAS OCASIONADAS PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DA UFJF - CAMPUS JF SOBRE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL**. 2016. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitarista, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016

ANA, Agência Nacional de Águas. **Relatório Pleno: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília – DF, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Hp/Downloads/Conj2017_rel.pdf. Acesso: 05 outubro 2020

ARAÚJO, Lincoln Eloi de *et al.* **BACIAS HIDROGRÁFICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS**. 2013. 18 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2013.
Back, A. J.; Oliveira. J. L. R.; Henn, A. Duration-Frequency relationships of heavy rainfall in Santa Catarina,

Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, p.1015-1022, 2012.

Banco de dados do Estado. **Caracterização**

Geomorfológica. Disponível em:

[http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_forma to2.aspx?CodInformacao=308&Cod=1](http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_forma%20to2.aspx?CodInformacao=308&Cod=1). Acesso em: nov. 2020.

BARBOSA, Wellyne Carla de Sousa.

CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS DA EXPANSÃO URBANA DESORDENADA: UM ESTUDO DE CASO DA VILA ALTO DA RESSURREIÇÃO, EM TERESINA – PI. **Revista Equador (UFPI)**, Teresina, v. 5, n. 3, p. 162-180, jun. 2016.

BARROS, Alexandre Hugo César. **ÁRVORE DO**

CONHECIMENTO Território Mata Sul

Pernambucana. Disponível em:

[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0 sawqe3h6815n4.html#:~:text=De%20acordo%20com%20a %20classifica%C3%A7%C3%A3o,s%C3%A3o%20outubr o%20e%20dezembro..](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h6815n4.html#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20classifica%C3%A7%C3%A3o,s%C3%A3o%20outubro%20e%20dezembro..) Acesso em: 22 nov. 2020

BASSO, Leandreia *et al.* GERENCIAMENTO DA

DRENAGEM URBANA: Um Desafio Multidisciplinar e Multissetorial. **Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 15, n. 1, p. 456-469, maio 2018.

BASSO, Raviel Eurico *et al.* Revisão das isozonas de chuvas intensas do Brasil. **Revista Brasileira de**

Climatologia, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 1-14, dez. 2016.

BLANK, Dionis Mauri Penning. O CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS SUAS VÍTIMAS. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, jun. 2015.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Precipitação**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: ABRH; UFRS, 2015. p.177-241

BOBADILHO, Rosani Sola. **A PROBLEMÁTICA DOS RIOS URBANOS COSTEIROS: ENTRAVES E POSSIBILIDADES PARA A QUALIDADE AMBIENTAL E SOCIAL**. 2014. 210 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014. .

BONIS, Alexandre de. **GESTÃO AMBIENTAL DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DO RIO DEJANEIRO: APRESENTAÇÃO DO CASO DO RIO DOS MACACOS**. 2005. 164 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015

BRITTO, Marcela; BAPTISTA, Gustavo M. de Mello; LIMA, Erondina Azevedo de. O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. **Paranoá**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 127-146, jun. 2019.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira *et al.* A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias

urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. **Revista Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 29-49, jun. 2010

COSTA, Everaldo Batista da; FERREIRA, Tatiane Araújo. PLANEJAMENTO URBANO E GESTÃO DE RISCOS VIDA E MORTE NAS CIDADES BRASILEIRAS. **Olam – Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, v. 10, n. 2, p. 171-195, dez. 2010.

CPRM. Mapa de Geodiversidade do Estado de Pernambuco. 2010. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_pernambuco.pdf. Acesso em: 6 nov. 2020.

DECINA, T. G. T. **Análise de medidas de controle de inundações a partir da avaliação de cenários de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Gregório.** Dissertação de mestrado, EESC/USP. São Carlos – SP, 2012.

DUARTE, Cristiana Coutinho; NÓBREGA, Ranyére Silva; COUTINHO, Roberto Quental. ANÁLISE CLIMATOLÓGICA E DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DO IPOJUCA, PERNAMBUCO. **Revista de Geografia (Ufpe)**, Pernambuco, v. 32, n. 2, p. 158-176, nov. 2015.

EMBRAPA. Território Mata Sul Pernambucana. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/Abertura.html. Acesso em: 21 nov. 2020.

EMBRAPA. Território Mata Sul Pernambucana.

Disponível em:

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdo02wx5eo0sawqe3sgio0t02.html. Acesso em: 21 nov. 2020.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "Microclima urbano"; *Brasil Escola*. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/microclima-urbano.htm>. Acesso em 22 de novembro de 2020.

GEO Brasil: **recursos hídricos: resumo executivo.** / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

GLOBO. **Enchentes que atingiram Palmares completam 10 anos com uma barragem entregue; cinco foram prometidas em 2010.** Disponível em:

<https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2020/06/19/enchentes-que-atingiram-palmares-completam-10-anos-com-uma-barragem-entregue-cinco-foram-prometidas-em-2010.ghtml>. Acesso em: 22 nov. 2020.

GUIMARÃES, Leandro da Silva. O modelo de urbanização brasileiro: notas gerais. **Geotextos**, Fluminense, v. 12, n. 1, p. 13-35, jun. 2016.

Instituto Água Sustentável. **Ciclo da Água.** Disponível em: <<https://www.aguasustentavel.org.br/blog/45-ciclo-da-agua#:~:text=Este%20%C3%A9%20o%20fen%C3%B4meno%20denominado,ocorre%20o%20processo%20de%20CONDENSA%C3%87%C3%83O>>. Acesso em: 11 out. 2020.

KLINK, Jeroen; SOUZA, Marcos Barcellos de. Financeirização: conceitos, experiências e a relevância para o campo do planejamento urbano brasileiro. **Caderno Metropolitano de São Paulo**, São Paulo, v. 19, n. 39, p. 379-406, maio 2017.

LIMA, D. A. **Estudos Fitogeográficos de Pernambuco**. Anais da Academia de Ciência Agrônômica. v. 4, p. 243-274, 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34635/1/AAPCA-V4-Artigo01.pdf>> Acesso em: 02 de novembro de 2020.

Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**. Disponível em:

<<https://www.mma.gov.br/informma/item/420-ciclo-hidrol%C3%B3gico.html>>. Acesso em: 02 set. 2020.

NASCIMENTO, Guilherme Aguiar. **OCUPAÇÃO DE ÁREAS RIBEIRINHAS E DRENAGEM URBANA, O CICLO DE IMPACTOS NA UNIDADE DE ESGOTAMENTO**. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Centro de Artes e Comunicação – Cac, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

PETRUCCI, Eduardo; OLIVEIRA, Luiz Antônio. **RELAÇÕES ENTRE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24 HORAS E EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA A CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG**. **Revista Brasileira de Climatologia**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 337-354, dez. 2019.

RAMOS, Jéssica de Jesus. **VULNERABILIDADE AMBIENTAL ÀS MUDANÇAS DO CLIMA NA ZONA**

DA MATA SUL DE PERNAMBUCO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE. 2019. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2019.

ROCHA, Paulo Cesar; SANTOS, Aline Aparecida dos. **ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.** *Mercator, Fortaleza*, Fortaleza, v. 17, n. 1, p. 1-18, dez. 2018.

RIBEIRO FILHO, M. R et al. **Guia de Excursão Pedagógica do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: solos da zona da mata de Pernambuco.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.

ROCHA, Mariana Arrabal da. **PAISAGEM URBANA INTEGRADA ÀS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM: SOLUÇÃO PARA OS ALAGAMENTOS EM BRASÍLIA.** 2019. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

RODRIGUES, Rodrigo Silvano Silva; BITTENCOURT, Germana Menescal; FERNANDES, Lindemberg Lima. **Escoamento superficial em uma pequena bacia hidrográfica rural da Amazônia.** *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 70, n. 2, p. 605-628, 2018.

ROSA, Larissa Alves da Silva. **SEGURANÇA HÍDRICA: UM OLHAR SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO.** 2019. 190 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável,
Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess,
S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M.
Rahimi, M. Reichstein, A.

SIDUOSKI, Cassiano Ricardo; NEGRI, Robison.
MODELAGEM DE EQUAÇÃO DE CHUVAS (I.D.F)
PARA O MUNICÍPIO DE JARAGUÁ DO SUL - SC. In:
SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS,
22., 2017, Florianópolis. **Abrh**. Jaraguá do Sul: Abrh, 2017.
p. 1-8.

SILVA, Camila Bittencourt; OLIVEIRA, Luiz Fernando
Coutinho. RELAÇÃO INTENSIDADE-DURAÇÃO-
FREQUÊNCIA DE CHUVAS EXTREMAS NA REGIÃO
NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de
Climatologia**, Minas Gerais, v. 20, n. 4, p. 267-283, jan.
2017.

SILVA, Rodolfo Dias da. **A DINÂMICA DO USO DA
TERRA E SEU EFEITO NAS ENCHENTES NA
BACIA DO CÓRREGO DO PARQUE, AMERICANA
(SP)**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de
Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual
Paulista, Rio Claro, 2016.

SOBRAL, Maria do Carmo *et al.* GESTÃO DE
DESASTRES NATURAIS PROVOCADOS POR
CHUVAS INTENSAS NA ZONA DA MATA SUL DE
PERNAMBUCO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015,
Rio de Janeiro. **ABES**. Recife: Abes, 2016. p. 1-11.

SOBRAL, Maria do Carmo *et al.* **IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS NO SUBMÉDIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – BRASIL.** *Revista Eletrônica do Prodemá*, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 95-106, nov. 2018.

SOUZA, M. L. **Planejamento urbano e ativismos sociais.** São Paulo: EDUNESP, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Inundações Urbanas.** Ministério das Cidades – Global WaterPartnership – World Bank – Unesco, 2005.

TUCCI, C.E.M; SILVEIRA, A. L. L (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4º edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. Cap11, p.391-394. Cap 21, p.805-808

TUCCI, Carlos E. M.. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Rio Grande do Su: Global Water Partnership, 2005.

WENDEL, Magno. **Enchentes que atingiram Palmares completam 10 anos com uma barragem entregue; cinco foram prometidas em 2010.** 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2020/06/19/enchentes-que-atingiram-palmares-completam-10-anos-com-uma-barragem-entregue-cinco-foram-prometidas-em-2010.ghtml>. Acesso em: 05 out. 2020.

ZANIRATO, S. H. et al. **Sentidos do risco: interpretações teóricas.** *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Barcelona, v.XIII, n.785, p. 1-16, maio. 2008.

Disponível em:

<<http://www.raco.cat/index.php/biblio3w/article/view/90337/115531>>. Acesso em: 22 de out. de 2020.

