

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).

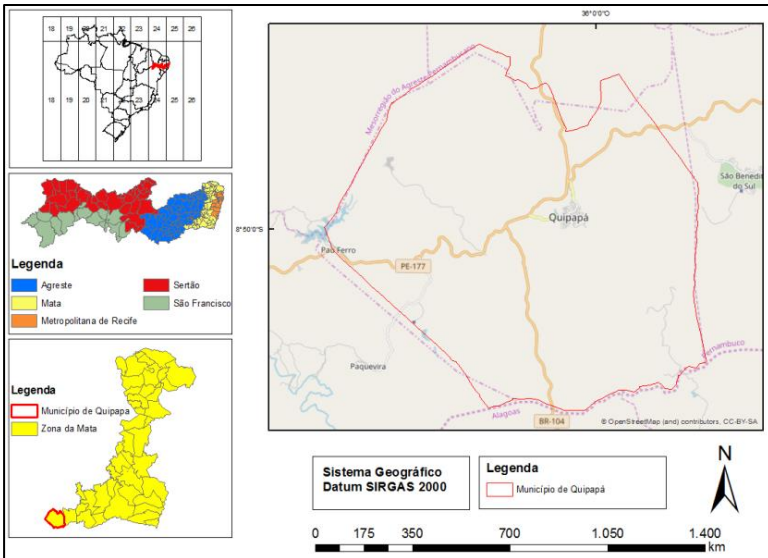
METODOLOGIA

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

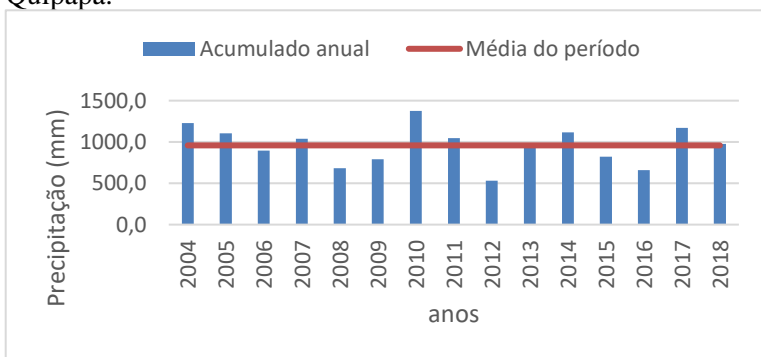
A partir da análise dos valores de precipitação diária dos anos de 2004 a 2018, foram separados os acumulados anuais de cada ano e a partir desses foi obtida a média do

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.

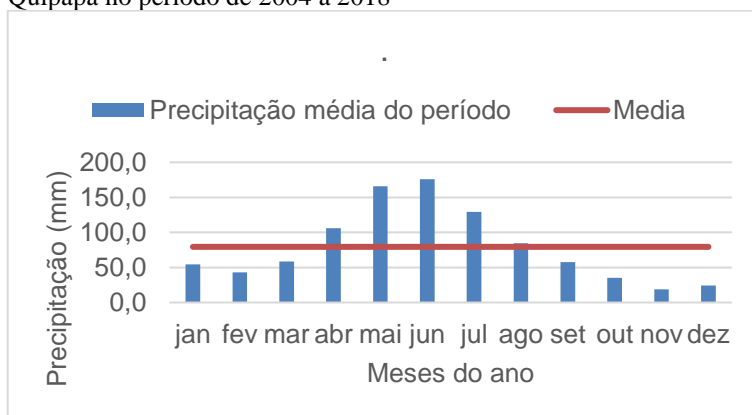
Quanto a distribuição mensal, observou-se que o mês mais chuvoso é o mês de junho (176,1mm), e o mês menos chuvoso foi o mês de novembro (18,6mm), como mostra a Figura 4.

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.

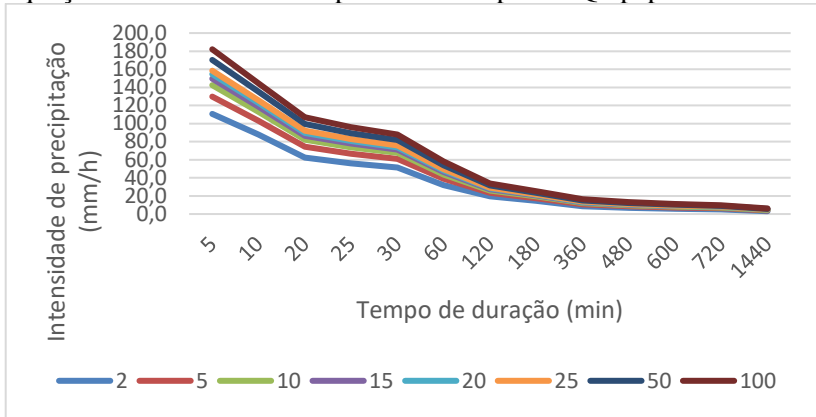
Em seguida os parâmetros adicionados a equação 12 ocupando o valor correspondente aos coeficientes a, b, c, d. A equação final (Eq. 18) pode ser observada abaixo:

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

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.