

EQUAÇÕES DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES PARA O MUNICÍPIO DE PETROLINA-PERNAMBUCO



EQUATIONS OF INTENSITY, DURATION AND FREQUENCY OF PRECIPITATION FOR THE MUNICIPALITY OF PETROLINA-PERNAMBUCO

Fabricio Ribeiro Garcia¹; Letícia Garcia de Souza²; Fabio Ribeiro Garcia³

Resumo: O conhecimento sobre as equações de intensidade, duração e frequência baseadas nas chuvas intensas é uma importante ferramenta no planejamento urbano, bem como no meio rural. O município de Petrolina-PE possui uma área extensão territorial urbana de 244,8 km², com uma densidade populacional média de 76,5hab./km², e, frequentemente sofre com problemas de alagamentos e inundações. Nesse sentido, este trabalho objetivou determinar as precipitações máximas associadas a diferentes períodos de retorno utilizando métodos probabilísticos, e assim obter os parâmetros da equação regionalizada de chuvas intensas para o município de Petrolina-PE. Para tanto, utilizou-se uma série histórica de 40 anos, a qual foi ajustada pela distribuição de Gumbel para eventos extremos e então a obtenção das precipitações máximas. Os parâmetros da equação foram determinados através da aplicação de regressão potência, após a desagregação de chuvas de 24 horas em menores tempos de duração. As durações utilizadas foram 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 720, 1080 e 1440 minutos. Os resultados dos parâmetros obtidos para equações IDF foram K= 114, 4840, m=0,4211 e n=-0,61926, com um coeficiente de determinação R²=0,9790, assim apresentando boas estimativas para uso em aplicações de planejamento em relação ao município de Petrolina-PE.

Palavras-chave: Distribuição de Gumbel, Desagregação de chuvas, Eventos extremos.

Abstract: Knowledge about intensity, duration and frequency equations based on intense rains is an important tool in urban

planning, as well as in rural areas. The municipality of Petrolina-PE has an area of 244.8 km², with an average population density of 76.5 inhab. / Km², and frequently suffers from flooding and flooding problems. In this sense, this work aimed to determine the maximum rainfall associated with different return periods using probabilistic methods, and thus obtain the parameters of the regionalized equation of intense rains for the municipality of Petrolina-PE. For this, a 40-year historical series was used, which was adjusted by the Gumbel distribution for extreme events and then the obtaining of maximum precipitations. The parameters of the equation were determined through the application of power regression, after the disaggregation of rains of 24 hours in shorter duration. The durations used were 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 720, 1080 and 1440 minutes. The results of the parameters obtained for IDF equations were K = 114, 4840, m = 0.4211 and n = -0.61926, with a coefficient of determination R² = 0.9790, thus presenting good estimates for use in planning applications in relation to the municipality of Petrolina-PE.

Keywords: Gumbel distribution, Rain breakdown, Extreme events.

¹Doutorando em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. E-mail: rgfabricio@gmail.com. ²Estudante de graduação em Ciência e Tecnologia - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. leticias1901@gmail.com. ³Doutor em Ciências Agrárias - Instituto Federal do Pará - IFPA.

Recebido: 13/09/2020 - Aceito: 13/04/2021

INTRODUÇÃO

As ocorrências mais frequentes e intensas de eventos extremos de precipitação até o final do século XXI é esperada sob condições de mudança climática (POHL et al., 2017). Isso leva a um aumento do risco de inundação, assim podendo acarretar impactos adversos sobre a infraestrutura de drenagem urbana, bem como sobre aspectos de planejamento agrícola, resultando em danos humanos e perdas econômicas. Os desastres hidrometeorológicos estão relacionados, na maioria das vezes, com chuvas intensas, podendo ser agravados pelas ações antrópicas (NAGHETTINI & PINTO, 2007).

A quantificação, duração e frequência de precipitações é relevante em estudo e planejamentos de obras hidráulicas, abastecimento de água e agricultura. No que tange às questões agrícolas os danos causados em razão do escoamento superficial, podem acarretar prejuízos como erosão, perda de nutrientes do solo e assoreamento dos rios (CECÍLIO et al., 2009 e MENEZES et al., 2017). A quantificação de pluviosidade pode ser realizada por meio de equações de chuvas intensas, também conhecidas como curvas intensidade-duração-frequência (IDF), que utilizam dados de duração, intensidade e frequência de ocorrência de um evento em

determinado período de retorno (FARIAS et al., 2020).

As curvas IDF são ferramentas comuns da prática de engenharia e são usadas para uma variedade de aplicações (FORTIER & MAILHOT, 2014). As IDF constituem o estabelecimento de relação entre a intensidade da precipitação (mm/h), o tempo de duração da precipitação (min) e o período de retorno de um evento de precipitação, em anos. Tais curvas são derivadas das equações IDF e são representações gráficas da quantidade de água que cai dentro de um determinado período nas áreas de captação.

De acordo com Simonovic et al. (2017), o cálculo para determinação das relações de IDF envolve três etapas, sendo, (1) determinação das máximas alturas pluviométricas no período de 24 horas, (2) ajustar os dados a uma função de distribuição de probabilidade (PDF) e (3) relacionar a precipitação de máxima intensidade para cada duração a um período de retorno correspondente (TR). Segundo Pizarro et al. (2018), esses procedimentos permitem a geração de exibições numéricas e gráficas de curvas IDF, para qualquer localização espacial selecionada e para qualquer combinação da função de distribuição de probabilidade.

De um modo geral as IDF são baseadas em séries históricas de

precipitação com a suposição de estacionariedade temporal. No entanto, as mudanças climáticas vêm alterando as propriedades das precipitações extremas e violam essa suposição. Portanto, os padrões atuais de projeto baseados nas curvas IDF, precisam ser revisados e as mudanças esperadas nas propriedades de precipitação devem ser incorporadas para os futuros projetos de infraestrutura.

O conhecimento e atualização das relações entre intensidade, duração e frequência das chuvas intensas é fundamental para um adequado planejamento do meio urbano e rural. Neste sentido, pode-se destacar o município de Petrolina ocupa um lugar de destaque no cenário nordestino, sendo a quarta maior cidade do interior do nordeste, e que tem sofrido constantemente com eventos extremos. O município destaca-se ainda a produtividade do setor primário, por sua agricultura irrigada, destacando-se principalmente na produção de cultura permanente de manga, uva e banana (RIBEIRO et al., 2009 e OLIVEIRA et al., 2017). Desta forma, este estudo teve como objetivo, estimar as relações intensidade-duração-frequência de precipitação regionalizada, utilizando a distribuição de Gumbel e o método de desagregação de chuvas diárias em estações localizadas no município de Petrolina-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Petrolina-PE, o qual fica inserido na região do sertão pernambucano, situado a 380 metros de altitude e coordenadas geográficas: Latitude: 9° 23' 39" Sul, Longitude: 40° 30' 35" Oeste. De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019) o município de Petrolina possui uma população de 349.154 habitantes, que corresponde a 3,76% da população do estado de Pernambuco, com densidade populacional urbana de 1069,7 habitantes/km.

Características climáticas

Segundo a classificação climática realizada por Köppen (1936), em que são levadas em consideração as variações sazonais e os valores médios mensais e anuais de temperatura e precipitação, a cidade de Petrolina está inserida numa zona BSw^h, climas semiáridos quentes. Estes tendem a ter verões quentes, às vezes extremamente quentes, e invernos que variam de quentes a frios; pluviosidade média mensal próximas a 35,0 mm e anual inferior a 500,0 mm; temperatura média de 22 °C nos meses mais frios; verões longos e quentes com temperatura média superior a 24,0 °C, chegando a atingir temperaturas médias máximas acima de 32 °C.

As maiores precipitações no município são concentradas entre os meses de novembro a abril, sendo que os maiores valores médios ocorrem no mês março, com 108,0 mm. No período de precipitações mais baixas, que se estende entre os meses de maio a outubro, quando as médias dos totais de precipitações se mantêm próximas de 10,0 mm, sendo os meses de julho, agosto e setembro os meses com menores valores médios de precipitação, com 3,0 mm, 2,0 mm e 3,0 mm, respectivamente. Concernente às temperaturas médias, os meses com maiores valores de temperatura compreendem o período de outubro e março, com valores médios acima dos 26,0 °C, chegando a atingir valores de médias máximas superiores a 32,4 °C. No período de maio a agosto, as temperaturas são mais amenas, sendo no período de junho e agosto os meses mais frios, com temperatura mínima próxima a 23,0 °C. A temperatura média anual da cidade de Petrolina é de 25,3 °C e o gradiente entre o mês mais quente para o mês mais frio é de 4,1 °C.

Dados de séries históricas de precipitação

Os dados de precipitação utilizados para construção dos gráficos de IDF e respectiva equação de chuvas intensas foram coletados a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto de Meteorologia (Inmet), considerando as estações mais próximas da

região de estudo. Foram utilizados dados de precipitação máxima no intervalo de 24 horas, do período compreendido entre os anos de 1938 a 2002 das estações de Petrolina, operada pelo INMET, Cristália e Bom Sucesso, operada pela SUDENE e estação de Pau Ferro, operada pelo DNOCS.

Segundo Tucci (2007) falhas em dados de precipitação são permitidas desde que não ocorra em meses de maior volume pluviométrico da região pesquisada, ou seja, meses mais representativos das precipitações máximas. Desta forma, é fundamental que as falhas não sejam extensas para que não sejam geradas incertezas e assim calculados parâmetros que não representem a região de estudo.

Da série histórica de 64 anos de dados (1938 a 2002), ocorreram falhas em variados períodos, assim, após a tabulação, preenchimentos de falhas pelo método de regressão linear simples e seleção das máximas mensais, a série foi reduzida ao período de 40 anos de dados, compreendido entre 1962 a 2002, obtendo-se 392 observações.

Análise estatística dos dados hidrológicos

Para o ajuste de dados de chuvas, existem inúmeros métodos que podem ser utilizados para encontrar essa probabilidade, como distribuição Log-Normal com dois parâmetros, Log-Normal

com três parâmetros, distribuição Pearson tipo III, distribuição Log-Pearson tipo III e Distribuição de Gumbel. Segundo Pizarro et al. (2018), dentre os métodos mais aceitos, destacam-se os ajustes de Log-Normal, distribuição de Gumbel, distribuição Normal e Log Pearson tipo III.

A aplicação da técnica da distribuição de frequência de Gumbel é a mais popular para avaliar frequências de tempestades de chuva e enchentes (DEVKOTA, 2018). Também chamada de distribuição de valores extremos, a distribuição de Gumbel é descrita pelo desvio padrão e pela média da amostra. Trabalhando as equações, é possível obter em função do risco ou do tempo de retorno adotado, os valores estimados pela distribuição, em que a função cumulativa de probabilidade dessa distribuição é dada pela equação 1.

$$P = 1 - e^{-e^{-b}} \quad (1)$$

Em que P é a probabilidade e b é dado pela equação 2:

$$b = \frac{1}{0,7797.s} (x - \bar{x} - 0.45.\sigma_x) \quad (2)$$

Onde:

x = precipitação máxima anual;

σ_x = desvio padrão das precipitações anuais;

\bar{x} = média das precipitações máximas anuais;

s = variância amostral.

O valor de uma precipitação qualquer analisada (x) pode ser em função do tempo de retorno (TR). Combinando as das equações acima para um dado tempo de retorno em anos se obtêm a equação 3 abaixo, na qual é possível estimar a precipitação máxima desejada.

$$x = \bar{x} - \sigma_x(0.45 - 0.7797.ln) . \left(\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right) \quad (3)$$

Onde:

x = precipitação máxima anual;

\bar{x} = média das precipitações máximas anuais;

σ_x = desvio padrão das precipitações anuais;

ln. (ln (TR/(TR-1))) = variável reduzida;

TR= tempo de retorno em anos.

Os valores de precipitação máxima anual para cada tempo de recorrência foram desagregados em durações menores que 1 dia. As durações utilizadas foram 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 720, 1080 e 1440 minutos. Para obtenção da precipitação nas durações citadas, procedeu-se multiplicando a precipitação de duração maior pelo coeficiente de desagregação que a transforma na precipitação de menor duração.

Assim, a desagregação representa a percentagem de chuva precipitada à cada momento do evento. Os coeficientes desagregados, constantes na Tabela 1, são bases para o cálculo da precipitação

máxima com diferentes durações e respectivos períodos de retorno. Para determinar as concentrações de chuvas em

intervalos de tempo horários, adotou-se o método de desagregação de chuvas apresentado em Campos-Aranda (1978).

Tabela 1. Coeficientes de desagregação diárias para diferentes durações de precipitações.

	Coeficientes de desagregação de chuvas diárias									
Coeficiente de desagregação	0,30	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,70	0,80	0,91	1,00
Duração das precipitações (min)	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440

Equação de Intensidades Durações e Frequências

As curvas IDF podem ser expressas por uma equação genérica seguindo a forma apresentada abaixo. Existem diferentes metodologias aplicáveis para a construção das equações IDF. Estas equações podem assumir diversos formatos, dentre os mais comuns, pode-se citar o tipo Log-Log, Talbot e Shreman. A expressão proposta por Sherman (1931) foi validada e usada em grande parte por muitos pesquisadores sendo este o mais amplamente utilizado Damé (2008), como apresentado abaixo na equação 4.

$$I = \frac{K.TR^m}{t^n} \quad (4)$$

Onde:

I = intensidade máxima dada em mm/h;

TR = período de retorno em anos;

t = duração do evento em min;

K, m e n = parâmetros da equação obtidos empiricamente para cada localidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores volumes pluviométricos precipitados no período de 24 horas, em cada ano ao longo da série histórica, estão sintetizados na tabela 3. Com base nos

A determinação dos parâmetros é feita com base nos valores de precipitação observados e estimados. Para determinar os parâmetros (K, m e n) da equação de chuvas intensas para foi realizado uma mudança de variável na equação 4, substituindo o numerador por uma variável qualquer denominada de “d”, obtendo-se a equação 5:

$$d = K.TR^m \quad (5)$$

O que resulta na equação 6:

$$I = d.t^{-n} \quad (6)$$

Por fim, foi aplicada uma regressão potencial, comum a todos as demais regressões potências dos períodos de retorno. A partir dessa aplicação é que se conhece os parâmetros d e n necessários para a composição da equação de intensidade de chuvas. Montada a tabela de intensidade, é possível gerar o gráfico IDF das precipitações máximas.

dados apresentados na tabela 2, percebe-se uma considerável variação interanual entre as precipitações máximas.

Tabela 2. Mês de ocorrência e a máxima altura pluviométrica (mm) da série entre os anos de 1976 a 2002.

Ano	Mês	Precipitação (mm)	Ano	Mês	Precipitação (mm)	Ano	Mês	Precipitação (mm)
1976	OUT	71,10	1989	SET	125,00	2002	JAN	88,00
1975	SET	127,20	1988	OUT	176,60	2001	OUT	90,00
1974	OUT	100,20	1987	JAN	60,00	2000	ABR	77,00
1973	DEZ	117,40	1986	OUT	95,00	1999	MAI	66,00
1972	OUT	75,20	1985	FEV	110,00	1998	DEZ	47,20
1971	DEZ	65,00	1984	NOV	58,00	1997	JUL	79,00
1970	NOV	101,40	1983	OUT	85,00	1996	JUN	76,00
1969	FEV	150,00	1982	JAN	79,00	1995	DEZ	60,10
1968	DEZ	92,00	1981	FEV	52,30	1994	NOV	53,40
1967	NOV	71,40	1980	SET	58,00	1993	NOV	83,20
1966	SET	60,20	1979	DEZ	66,70	1992	OUT	83,60
1965	JAN	134,00	1978	SET	135,00	1991	NOV	49,40
1964	SET	72,80	1977	FEV	85,00	1990	JUL	128,50

As máximas anuais variaram entre 47,02 e 176,60 mm, ocorridas em dezembro/1998 e outubro/1988, respectivamente. Observa-se ainda o quadrimestre de setembro dezembro concentrou os valores de máximas anuais em 69 % dos casos, devido a isso, deve-se atentar, sobretudo, pelo potencial gerador de desastres hidrológicos neste período. Após a identificação das ocorrências de precipitações máximas em 24 horas para todos os anos da série histórica, foi aplicada a distribuição de Gumbel para encontrar as

probabilidades de ocorrência da precipitação máxima para distintos períodos de retorno (anos). Na tabela 3 estão apresentados os valores das variáveis reduzidas, calculadas pela equação 3, as probabilidades de ocorrência e os incrementos de 14 % nos valores de precipitação, que corresponderá a magnitudes próximas às reais, como recomendado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (1986).

Tabela 3. Correção de precipitação máxima e pela variável reduzida para cada período de retorno.

Período de retorno (anos)	Variável reduzida	Precipitação (mm)	Probabilidade de ocorrência	Correção de precipitação
2	0.37	27,08	0.50	30,61
5	1.50	60,65	0.80	68,88
10	2.25	83,38	0.90	94,22
25	3.20	111,72	0.96	126,24
50	3.90	132,74	0.98	149,99
100	4.60	153,60	0.99	173,57

Utilizando os coeficientes da desagregação de chuvas propostos por Campos-Aranda (1978), apresentados na tabela 1, é estimada a precipitação máxima (mm) para os distintos períodos de retorno

(anos) em função da duração (h), apresentados na tabela 4. É notória a relação proporcional entre o aumento dos máximos de precipitação prevista com o avanço dos períodos de retorno.

Tabela 4. Precipitação máxima (mm) desagregadas para diferentes tempos de duração e tempo de retorno.

Tempo de duração (horas)	Coeficiente de desagregação	Período de retorno					
		2	5	10	25	50	100
1	0,30	23,39	32,44	38,43	46,00	51,62	57,19
2	0,39	30,41	42,17	49,96	59,80	67,10	74,35
3	0,46	35,87	49,74	58,93	70,54	79,15	87,70
4	0,52	40,55	56,23	66,62	79,74	89,47	99,13
5	0,57	44,44	61,64	73,02	87,40	98,07	108,67
6	0,61	47,56	65,96	78,15	93,54	104,96	116,29
8	0,68	53,02	73,53	87,11	104,27	117,00	129,64
12	0,80	62,38	86,51	102,49	122,67	137,65	152,51
18	0,91	70,95	98,40	116,58	139,54	156,58	173,48
24	1,00	77,97	108,14	128,11	153,34	172,06	190,64

Após a desagregação das precipitações para os tempos de duração e tempo de retorno, foi aplicado os ajustamentos e análises de tendências dos dados, sendo observado os coeficientes de

regressão de (r^2): exponencial, 0,607; linear, 0,698; polinomial, 0,897; potência, 0,951 e logarítmica, 0,975, apresentados abaixo na tabela 5.

Tabela 5. Coeficientes de determinação (r^2) para diferentes ajustes de tendência.

Tipo de Ajuste	Equação	r^2
Exponencial	$y = 503,460.e^{0,0062.x}$	0.613
Linear	$y = 3,857.x + 512,771$	0.690
Logarítmica	$y = 117,939.\ln(x) + 314,978$	0.975
Polinomial	$y = -0,00791 x^2 + 11,838.x + 432,053$	0.892
Potência	$y = 356,966.x^{0,1992}$	0.952

Assim, de acordo com as respostas obtidas, verificasse, que, o melhor ajuste, aquele mais próximos de $r^2=1$, foi observado para a reta de regressão logarítmica, com valor de $r^2=0,975$, seguido da regressão potência com $r^2=0,95$. Comportamento corroborado por Aragão et al. (2013) que verificaram valor de r^2 acima de 0,99 para ajuste das IDF por regressão não linear, no desenvolvimento de equações de chuvas intensas para os municípios do Estado de Sergipe através do emprego da metodologia de desagregação de chuvas diárias, porém, os autores alertam que esse índice pode ser tendencioso, podendo não

ser adequado para avaliar o ajuste dos dados à equação de IDF.

Após encontrar na função logarítmica a melhor aderência, foram aplicadas regressões em função de cada retorno, realizou-se uma regressão geral para todos os períodos de período de retorno. Na Tabela 6, verifica-se os valores de $K=114,4840$, $\ln(K): 4,7404$ e $m=0,42111$. O valor de “n”, necessário para completar a equação 4 é obtido pela média dos coeficientes de regressão obtidos para as regressões de todos os períodos de retorno separadamente, que foi de -0,61926.

Tabela 6. Regressão logarítmica para todos os períodos de retorno.

Regressão Logarítmica						
Nº	x	d	ln x	ln d	ln x*ln d	(lnx)^2
1	2	116,7321	0,6931	4,7599	3,2993	0,4805
2	5	262,7088	1,6094	5,5710	8,9663	2,5903
3	10	359,3581	2,3026	5,8843	13,5491	5,3019
4	25	525,4338	3,2189	6,2642	20,1638	10,3612
5	50	572,0678	3,9120	6,3493	24,8384	15,3039
6	100	661,9920	4,6052	6,4953	29,9117	21,2076
6	192	2498,2927	16,3412	35,3240	100,7286	55,2453
$\ln(K) = 4,7404$		$K = 114,4840$		$m = 0,4211$		

Sabidos os valores das variáveis, substitui-se na equação 7, resultando na Equação de Chuvas Intensas para a cidade de Petrolina/PE.

$$I = \frac{114,4840.TR^{0,4211}}{t^{0,61926}} \quad (7)$$

Onde:

I= intensidade da chuva (mm/h);

114,4840 = constante de regressão para todos os períodos de retorno;

T= período de retorno (anos);

0,4211= coeficiente de regressão de todos os períodos de retorno;

t= tempo de duração da precipitação (min);

0,61926= coeficiente de regressão aplicado à cada período de retorno.

Inserindo os valores de “T” e “t” na equação de chuvas intensas é possível calcular os distintos tempos de duração, bem como seus períodos de retorno, cujos resultados estão na tabela 8, e sua representação gráfica na Figura 1.

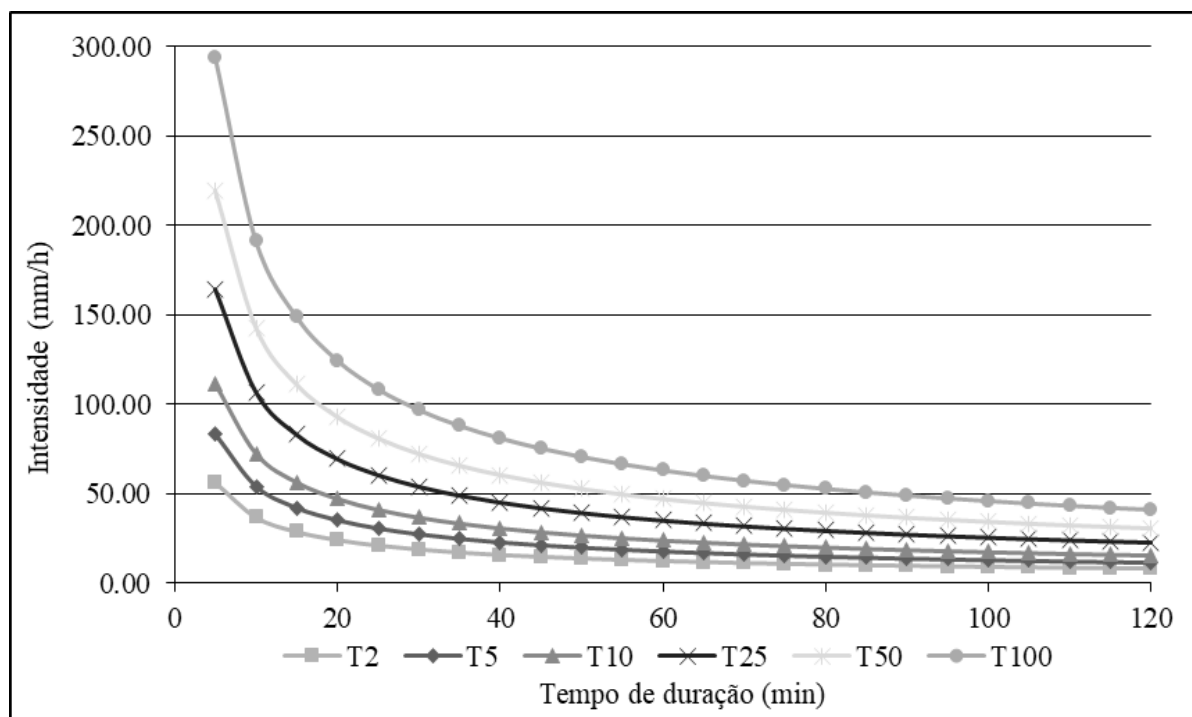


Figura 1. Curvas de intensidades, durações e frequências das chuvas intensas do município de Petrolina-PE.

As intensidades apresentam relação direta com o aumento do período de retorno e, inversa em função do aumento da duração. Desta forma, são observadas chuvas de maior intensidade nos primeiros minutos do evento e em maiores períodos de retorno. Por exemplo, a intensidade verificada para o período de retorno de 2 anos, para 5 primeiros minutos é de 141,27 mm/h, passando para 47,87 mm/h nos 30

minim e, para a duração de 60 minutos (1 hora) a intensidade diminui para 35,97 mm/h. A partir disso, o volume pluviométrico para o retorno de 2 anos, diminui para aproximadamente 75% no limite da primeira hora de duração.

De modo geral, em todos os períodos de retorno as intensidades são maiores no início dos eventos, sendo que, para a frequência de 2 anos a curva de IDF é mais

suavizada do que para a frequência de 100 anos, que apresentou maior diminuição da intensidade nos minutos iniciais da precipitação, enquanto as curvas de IDF são mais suavizadas após os 20 minutos.

CONCLUSÃO

Os regimes pluviométricos das estações analisadas apresentaram uma variabilidade nos padrões de precipitação temporal, porém em média apresentaram um comportamento similar. A distribuição da precipitação média mensal apresentou variabilidade, com duas estações bem definidas, sendo os maiores valores médios ocorrem entre os meses de março e julho, enquanto o período menos chuvoso se estende dos meses agosto, com médias mensais próximas a 100 mm.

A metodologia empregada foi satisfatória e permitiu gerar a equação de chuvas intensas e estimar graficamente as relações entre a intensidade, duração e frequência (IDF) das precipitações máximas do período de 24 horas para a cidade de Petrolina-PE. As funções de tendências apresentaram bons resultados de ajustes, sendo a regressão potencial a que apresentou um melhor resultado com coeficiente de determinação (R^2) para diferentes ajustes de tendência de 0,9750. Desta forma, diante das incertezas de aumento de frequências de chuvas intensas, cabe destacar a importância da conservação

e continuidade de registros de dados nas estações de coleta, para que não haja falhas ou interrupção nas séries temporais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)-Código de Financiamento 001. À Universidade Federal da Bahia e Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R; COSTA, C. E. F. F.; CRUZ, M.A.S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V.S. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000300001>. Acesso em: 23 jun. 2020.
- CAMPOS-ARANDA, D. F. **Cálculo de las curvas IDF, a partir de registros de lluvia máxima en 24 horas y Relaciones Duración Lluvia Promedio**. 1ª Ed. San Luis de Potosí, Mexico. Subdirección Regional Noreste de Obras Hidráulicas e Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural, 1978.
- CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; PRUSKI, F.F.; HOLLANDA, M.P.; PEZZOPANEL, J.E.M. Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 3, p. 82-92, 2009. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/298/367>. Acesso em: 6 jun. 2020.

- CETESB-Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo: DAEE/CETESB, São Paulo-SP, 1985. 466p.
- DAME, R. DE C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas - RS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 245-255, 2008. Disponível em : <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000200005>. Acesso em : 5 jun. 2020.
- DEVKOTA, S; SHAKYA, S; NARENDRA, M; SUDMEIER-RIEUX; JABOYEDOFF, M ; VAN-WESTEN, C; MCADDOO, B ; ADHIKARI, A. Development of Monsoonal Rainfall Intensity-Duration-Frequency (IDF) Relationship and Empirical Model for Data-Scarce Situations: The Case of the Central-Western Hills (Panchase Region) of Nepal. **Hydrology**, v.5, n.27, 2018. Disponível em : <https://www.mdpi.com/2306-5338/5/2/27>. Acesso em: 6 jun. 2020.
- FARIAS, A.L.W.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; LIMA, J.R.S.L.; SRINIVASAN, R.; JONES, C.A.; 2020. Modeling runoff response to land-use changes using the SWAT model in the Mundaú watershed, Brazil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.05, n.02, p.194-206, 2020. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2828>. Acesso em: 6 jun. 2020.
- FORTIER, C.; MAILHOT, A. Climate change impact on combined sewer overflows. **Journal Water Resour. Plann. Manage.**v.141, 2015. Disponível em : <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29WR.1943-5452.0000468>. Acesso em : 8 jun. 2020.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO DEMOGRÁFICO Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/index.php>. Acesso em: 13 mar. 2020.
- KÖPPEN, W. - **Das geographische system der klimate**. 1 Ed. Berlin Handbuch der klimatologie, 1936. 44 p.
- MENEZES, J.F.S.; SILVA, M.P.S.; CARRIJO, I.P.; ANA CAROLLINA PEREIRA DOS REIS, A. C. P. DOS; HEMIELEWSKI, L.S. Nitrogênio na água percolada em solo adubado com dejetos líquidos de suínos e adubo mineral na cultura da soja. **Revista Agrotecnologia**, v. 8, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12971/agrotec.v8i1.5228>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte : CPRM, 2007. 600 p.
- OLIVEIRA, D.S.; MOURA, M.S.B.; LEÃO, P.C. S.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B. Características agronômicas e sensibilidade ao rachamento de bagas de uvas sem sementes. **Journal of Environmental Analysis and Progress** v. 02, n. 03, p. 274-282, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1451.274-282>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- PIZARRO, R.; INGRAM, B.; GONZALEZ-LEIVA, F.; VALDES-PINEDA, R.; SANGUESA, C.; DELGADO, N.; GARCIA-CHEVESICH, P.; VALDES, J. B. WEBSE-IDF: A Web-Based System for the Estimation of IDF Curves in Central Chile. **Hydrology**, v.5, p. 40. 2018. Disponível em : <https://www.mdpi.com/2306-5338/5/3/40>. Acesso em : 15 jun. 2020.
- POHL, B.; MACRON, C.; MONEIRIE, P. Fewer rainy days and more extreme rainfall by the end of the century in Southern Africa. **Scientific Reports**. v.7, n. 46466, 2017. Disponível em : <https://doi.org/10.1038/srep46466>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- RIBEIRO, T.P.; LIMA, M.A.C.; TRINDADE, D.C.G.; SANTOS, C.N.;

- AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p.343-351, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200008>. Acesso em: 9 jun. 2020.
- SHERMAN, C. W. **Frequency and Intensity of Excessive Rainfall at Boston**. Boston-Massachusetts : American Society of Civil Engineers, 1931. 95 p.
- SIMONOVIC, S. P.; CHARDONG, A.; SANDINK, A.; SRIVASTAV, R. Porto Alegre-RS, Brazil, 2007.
- Mapping extreme rainfall statistics for Canada under climate change using updated intensity-duration-frequency curves. **Journal Water Research**. v. 2, p.143, 2017. Disponível em : <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29WR.1943-5452.0000725>. Acesso em : 12 jun. 2020.
- TUCCI, C. E. M. **Urban Flood Management**. **Global Water Partnership**, WMO-World Meteorologic Organisation. Instituto de Pesquisas Hidráulica of the Federal University of Rio Grande do Sul, IPH/UFRGS.