

Desenvolvimento de Curvas Intensidade-Duração-Frequência para Dois Municípios do Sertão de Pernambuco

Development of Intensity-Duration-Frequency Curves for Two Municipalities in the Interior of Pernambuco

Desarrollo de Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Dos Municipios del Interior de Pernambuco

Natalia Fernanda Jeronimo de Santana

Graduanda em Engenharia Civil, UPE, Brasil
nfjs@poli.br

Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior

Professor Mestre, UPE, Brasil
mabsj@poli.br

RESUMO

Para o dimensionamento e projeto das obras hidráulicas, faz-se necessário conhecer/obter a equação de chuvas intensas, que relaciona três grandezas características das precipitações máximas: intensidade, duração e frequência. Neste sentido, o presente trabalho determina as equações IDF (Intensidade-Duração-Frequência) para os municípios de Itapetim e Brejinho, ambos situados no sertão de Pernambuco. Para isso, foram utilizadas as séries históricas diárias da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) dos postos de Brejinho (cód. 437) e Itapetim (cód. 151), com dados de 20 anos (2000-2019) e 27 anos (1993-2019), respectivamente. Os dados foram consistidos utilizando o método da Dupla Massa e as alturas de chuvas máximas diárias, determinadas para diferentes tempos de retorno, foram obtidas através do método de distribuição estatística de Gumbel e, posteriormente, desagregadas para durações entre 24 horas e 6 minutos. Por meio de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, foram obtidas as curvas IDF para os tempos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos, bem como suas relações matemáticas. Para Brejinho, a equação da família de curvas IDF obtida foi $i = 1318,06Tr^{0,19}(t + 11,5)^{-0,759}$ e, para Itapetim, a equação foi $i = 1028,68Tr^{0,19}(t + 11,51)^{-0,759}$, em que “i” é a intensidade máxima média ($mm\ h^{-1}$), “t” a duração (minuto) e “Tr” o período de retorno (ano) das chuvas. A obtenção das citadas equações de chuvas intensas poderá contribuir para futuros estudos hidrológicos nos municípios.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas intensas. Distribuição de Gumbel. Equações IDF.

ABSTRACT

For the dimensioning and design of the hydraulic works, it is necessary to know/obtain the equation of intense rain, which relates three characteristic quantities of the maximum precipitations: intensity, duration and frequency. In this way, the present work determines the IDF (Intensity-Duration-Frequency) equations for the municipalities of Itapetim and Brejinho, both located in the interior of Pernambuco. For this, the daily historical series of Pernambuco's Water and Climate Agency (APAC), of Brejinho (code 437) and Itapetim (code 151) stations were used, with data from 20 years (2000-2019) and 27 years (1993-2019), respectively. The data were consisted by using the Dual Mass method and the maximum daily rainfall heights, determined for different return times, were obtained by using the Gumbel statistical distribution method and, subsequently, disaggregated for durations between 24 hours and 6 minutes. Using Microsoft Excel spreadsheets, the IDF curves were obtained for the return times of 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500, 1,000 and 10,000 years, as well as their mathematical relationships. For Brejinho, the equation for the IDF curve family obtained was $i = 1318.06Tr^{0.19}(t + 11.5)^{-0.759}$ and, for Itapetim, the equation was $i = 1028.68Tr^{0.19}(t + 11.51)^{-0.759}$, where “i” is the maximum mean intensity ($mm\ h^{-1}$), “t” the duration (minute) and “Tr” the return period (year) of the rains. Obtaining the aforementioned intense rain equations may contribute to future hydrological studies in the municipalities.

KEYWORDS: Heavy rain. Gumbel distribution. IDF equations.

RESUMEN

Para el dimensionamiento y diseño de las obras hidráulicas, es necesario conocer la ecuación de lluvias intensas, que relaciona tres cantidades características de las precipitaciones máximas: intensidad, duración y frecuencia. En este sentido, el presente trabajo determina las ecuaciones de la IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para los municipios de Itapetim y Brejinho, ambos ubicados en el interior de Pernambuco. Para ello se utilizó la serie histórica diaria de Pernambuco y la Agencia de Agua y Clima (APAC) de las estaciones Brejinho (código 437) e Itapetim (código 151), con datos de 20 años (2000-2019) y 27 años (1993-2019), respectivamente. Los datos se compusieron mediante el método de Masa Dual y las alturas máximas de precipitación diaria, determinadas para los diferentes tiempos de retorno, se obtuvieron mediante el método de distribución estadística de Gumbel y, posteriormente, se desagregaron para duraciones entre 24 horas y 6 minutos. Utilizando hojas de cálculo de Microsoft Excel se obtuvieron las curvas IDF para los tiempos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500, 1000 y 10000 años, así como sus relaciones matemáticas. Para Brejinho, la ecuación para la familia de curvas IDF obtenida fue $i = 1318,06Tr^{0,19}(t + 11,5)^{-0,759}$ y, para Itapetim, la ecuación fue $i = 1028,68Tr^{0,19}(t + 11,51)^{-0,759}$, donde “i” es la intensidad media máxima ($mm\ h^{-1}$), “t” la duración (minutos) y “Tr” el período de retorno (año) de las lluvias. La obtención de las mencionadas ecuaciones de lluvia intensa puede contribuir a futuros estudios hidrológicos en los municipios.

PALABRAS CLAVE: Lluvia intensa. Distribución de Gumbel. Ecuaciones de la IDF.

1. INTRODUÇÃO

Devido à falta de postos fluviométricos em pequenas bacias e cursos d'água, o uso das curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) possui grande importância nos estudos hidrológicos de bacias hidrográficas. Isso por que, através da equação IDF, elaborada a partir de séries históricas de precipitação em postos pluviométricos e/ou pluviográficos, é possível estimar a vazão de projeto associando a intensidade máxima da precipitação à uma determinada duração da chuva (SILVA; ARAÚJO, 2013).

Em Pernambuco, existem equações IDF calculadas para diversos municípios (COUTINHO *et al.*, 2013). No sertão pernambucano, por exemplo, Silva *et al.* (2012) calcularam equações de chuvas intensas para algumas cidades (Arapipina, Custódia, Salgueiro, Serra Talhada, Tabira e Triunfo), usando séries históricas de postos pluviométricos (entre 13 e 46 anos de dados) e pluviográficos (entre 9 e 11 anos de dados), ambos operados pela ANA (Agência Nacional de Águas).

Com o desenvolvimento dos municípios e fatores associados às mudanças do clima, é necessário que haja uma atualização periódica destas equações, contemplando séries mais recentes. Neste sentido, para a execução deste estudo, foram priorizados os dados atuais de precipitação nos municípios de Brejinho e Itapetim, ambos localizados no Sertão de Pernambuco, na microrregião do Pajeú. Tais dados foram obtidos do site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e submetidos a uma análise de consistência, usando o método de Dupla Massa. Com base nas precipitações máximas diárias de cada ano e com o método de distribuição de Gumbel (1958), foram obtidas as curvas IDFs para as cidades supracitadas, determinando equações satisfatórias que apresentassem coeficientes de determinação (R^2) superior a 0,90.

2. OBJETIVO

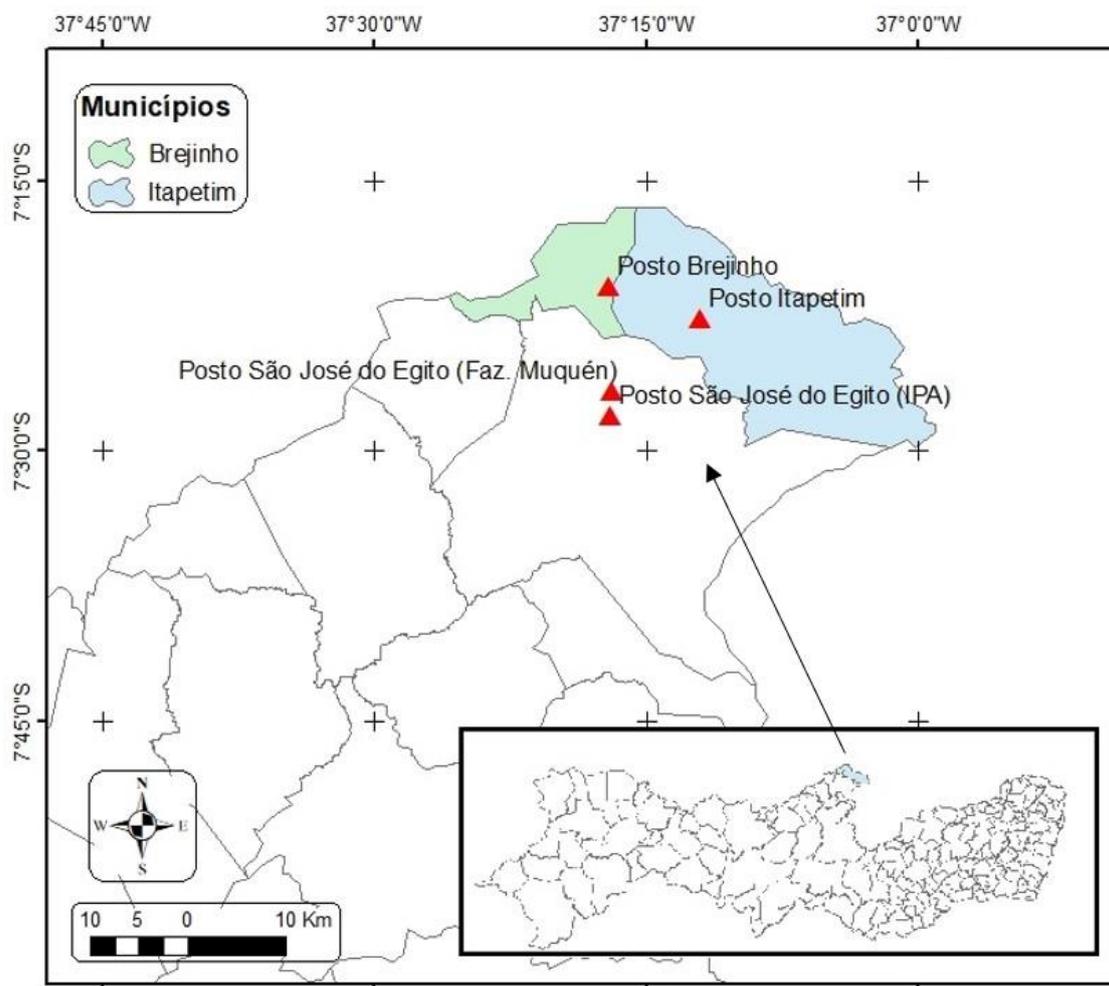
Desenvolver equações e curvas IDFs para os municípios de Brejinho e Itapetim, ambos situados no sertão pernambucano, usando séries de dados recentes e adotando o método de distribuição de Gumbel e regressão linear. As equações foram construídas com base em fórmulas empíricas e através da análise matemática das máximas precipitações diárias anuais, a partir de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, considerando séries de 20 e 27 anos de dados.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

Os municípios de Brejinho e Itapetim localizam-se no sertão de Pernambuco, na microrregião do Pajeú, com uma área territorial de 106,276 km² e 404,850 km² (IBGE, 2020), respectivamente. Em Brejinho, a população estimada em 2020 foi de 7.488 habitantes, enquanto que para Itapetim, foi de 13.553 habitantes (IBGE, 2020). Os sobreditos municípios possuem clima tropical semiárido com chuvas de verão, possuindo períodos de seca e grandes precipitações com pouca duração. A partir das isoietas de médias mensais de 1977 a 2006, elaboradas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), foram encontradas precipitações anuais de 658,45 mm e 627,61 mm para Brejinho e Itapetim, respectivamente (CPRM, 2011). Ambos os municípios possuem barragens de abastecimento de água em seu território, aumentando a necessidade do conhecimento de suas curvas IDFs (Figura 1).

Figura 1: Localização dos municípios de Brejinho e Itapetim, e postos pluviométricos utilizados.



Fonte: AUTORES, 2020.

3.2 Dados Pluviométricos

As séries históricas diárias de precipitação foram coletadas no site da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) para os postos de Brejinho (cód. 437) e Itapetim (cód. 151), com dados de 20 anos (2000-2019) e 27 anos (1993-2019), respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição dos postos pluviométricos utilizados.

Posto	Código (APAC)	Altitude (m)	Período dos dados
Brejinho	437	741	2000-2019
Itapetim	151	636	1993-2019

Fonte: APAC, 2020.

3.3 Análise de Consistência dos Dados Pluviométricos

Os dados foram consistidos utilizando o método da Dupla Massa. Segundo Tucci (2001) é o método mais comum no Brasil, servindo apenas para correções mensais e anuais. Desse modo, tal método foi conduzido em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, comparando o posto do

município (Brejinho ou Itapetim) com uma média das séries históricas dos municípios mais próximos, que possuíam séries históricas do mesmo ano e altitude parecida com o posto a ser consistido. Para essa análise, foi considerado o ano de 2020.

Para o posto Brejinho (cód. 437), foi utilizada a média dos postos Itapetim (cód. 151) e São José do Egito - Fazenda Muquén (cód. 92), considerando o período de dados de 2000 a 2020. Para o posto Itapetim (cód. 151), foi utilizada a média dos postos São José do Egito – IPA (cód. 40) e São José do Egito – Fazenda Muquén (cód. 92), considerando o período de dados de 2000 a 2020. Os postos usados tinham distância inferior a 15 km dos postos em análise de consistência e diferença de altitude menor que 120 m, para Brejinho, e 41 m, para Itapetim (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição dos postos pluviométricos utilizados para análise de consistência.

	Posto	Código (APAC)	Altitude (m)	Distância (km)	Período dos dados
Brejinho	Itapetim	151	636	9,8	2000-2020
	São José do Egito - Fazenda Muquén	92	624	10,7	2000-2020
Itapetim	São José do Egito - IPA	40	595	10	1993-2020
	São José do Egito - Fazenda Muquén	92	624	13	1993-2020

Fonte: APAC, 2020.

3.4 Elaboração das Equações e Desenvolvimento das Curvas IDF

A fórmula mais utilizada para o cálculo da curva IDF, adotada por Tucci (2001), é (Equação 1):

$$i = \frac{k \times T_r^m}{(t+b)^n} \tag{1}$$

Onde:

i = intensidade de precipitação (mm/h);

Tr = Tempo de retorno (anos);

t = duração da precipitação (minutos);

k, m, n, b = parâmetros de ajuste.

Para a análise estatística da probabilidade e do período de retorno das chuvas intensas pela distribuição de Gumbel, obteve-se, em cada ano da série histórica, a altura máxima de chuva de “um dia”, constituindo, dessa forma, a série de chuvas máximas anuais. Os valores referentes a essa série foram organizados em ordem decrescente e as frequências observadas foram obtidas segundo a equação de Kimbal (VILLELA; MATTOS, 1975), ou seja (Equação 2):

$$F_i = \frac{m_i}{n+1} \tag{2}$$

Onde:

Fi = frequência observada;

m_i = número de ordem da chuva máxima anual; e
 n = número de anos da série analisada.

O período de retorno, definido como a recíproca da probabilidade (CARDOSO *et al.*, 1998), ou seja, o intervalo médio, em anos, em que um valor qualquer de chuva é igualado ou superado, pelo menos uma vez nesse caso é (Equação 3):

$$Tr = \frac{1}{F_i} \quad (3)$$

Onde:

Tr = período de retorno; e

F = Frequência observada ou probabilidade teórica de Gumbel.

Para alcançar os parâmetros de ajuste, foi utilizada a regressão linear. Primeiramente, utilizando a Tabela 3, elaborada por Gumbel (1958), foram determinados os valores dos fatores de frequência “k” com base no número “N” de anos de dados de cada posto pluviométrico.

Tabela 3: Fator de frequência “k” para o tempo de retorno (método de distribuição de Gumbel).

N	Tempos de Retorno – TR's (anos)						
	5	10	15	20	25	50	100
20	0,919	1,625	2,018	2,302	2,517	3,179	3,836
27	0,879	1,560	1,941	2,215	2,422	3,061	3,696

Fonte: GUMBEL, 1958.

Utilizando o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005), foi aplicada a equação geral elaborada por Ven te Chow (Equação 4), que serve como base para cálculos de frequência, para os diversos estudos de hidrologia.

$$P = \frac{P}{N} + k\delta \quad (4)$$

Onde:

$\frac{P}{N}$ = desvio padrão;

k = parâmetro de ajuste, determinado por Gumbel; e

δ = média das precipitações.

Com isso, foi elaborada uma tabela de precipitação relacionada com o tempo de retorno (Tr, em anos) para um dia, considerando 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos.

Em 1974, Torga Torrico elaborou isozonas para todo o território brasileiro, separando os locais que possuíam as mesmas características climáticas, com condições de chuvas intensas parecidas. Por meio de *software* de geoprocessamento, o ArcGis, foi identificada a zona que pertencia cada município e definido seus parâmetros. A partir daí, foram relacionadas à altura de precipitação para 1 hora/24 horas e 6 minutos/24 horas, considerando os mesmos tempos de retorno descritos acima.

Para a maior presença de dados e aprimoramento do cálculo, também foram utilizadas as constantes de desagregação diária propostas por Occhipinti e Santos (1966), expresso na Tabela 4.

Tabela 4: Coeficientes do modelo de desagregação de chuvas diárias.

Relação	24h/1d	12h/24h	10h/24h	8h/24h	6h/24h	4h/24h	2h/24h
Constante	1,14	0,85	0,82	0,78	0,72	0,63	0,52
Relação	1h/24h	30min/1h	25min/30min	20min/30min	15min/30min	10min/30min	5 min/30min
Constante	0,42	0,74	0,91	0,81	0,70	0,54	0,34

Fonte: OCCHIPINTI e SANTOS, 1966.

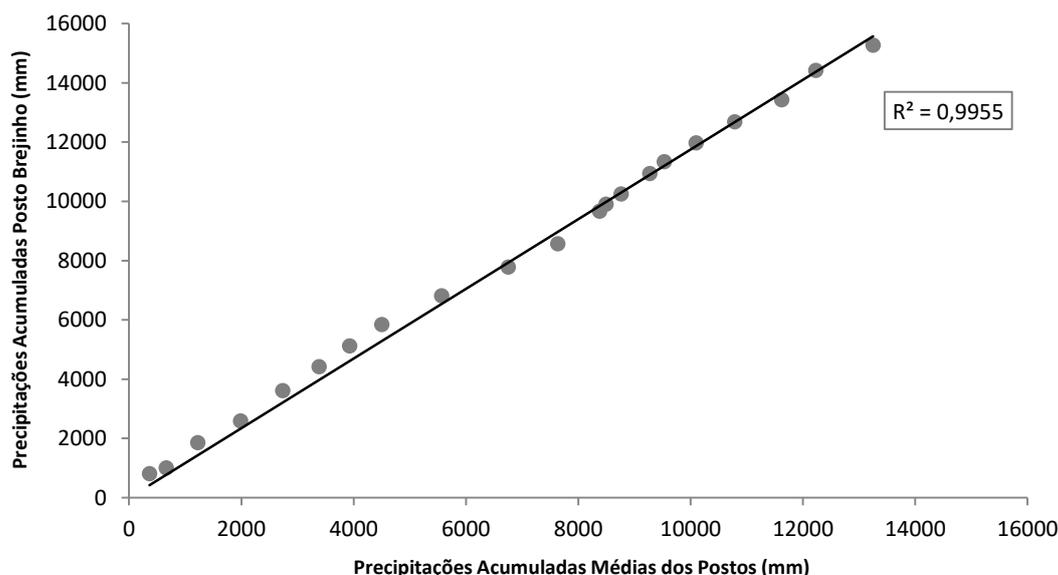
Aplicando a metodologia descrita em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, foi desenvolvida uma tabela utilizando regressão linear. Com o emprego do complemento “Solver”, e por meio de células chamadas de “variáveis de decisão”, ajustou-se os valores dos parâmetros K, m, n e b para o R² chegar mais próximo de 1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de consistência dos dados pluviométricos nos postos de Brejinho e Itapetim

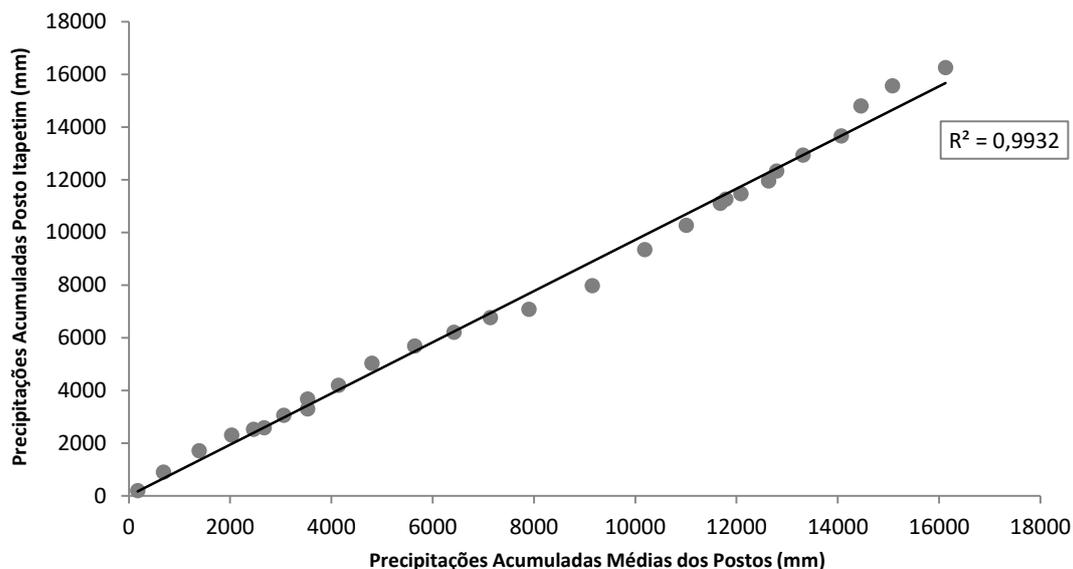
Os postos de Brejinho (cód. 437) e Itapetim (cód. 151) apresentaram dados satisfatórios, ambos com R² acima de 0,99, qualificando sua consistência entre os anos de 2000 a 2020 e de 1993 a 2020, respectivamente, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2: Análise de consistência dos dados pluviométricos do posto Brejinho, pelo método da dupla massa.



Fonte: AUTORES, 2020.

Figura 3: Análise de consistência dos dados pluviométricos do posto Itapetim, pelo método da dupla massa.



Fonte: AUTORES, 2020.

4.2 Equações e Curvas IDFs para os Postos de Brejinho e Itapetim

Com resultados satisfatórios para a análise de consistência dos dados, foram identificadas as chuvas máximas diárias para cada ano nos postos de Brejinho e Itapetim, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Precipitações máximas diárias nos postos de Brejinho e Itapetim.

Posto Brejinho		Posto Itapetim	
Data	P (mm)	Data	P (mm)
12/abr./2000	78,0	5/jan./1993	62,0
26/jun./2001	35,0	5/jun./1994	58,0
24/mar./2002	68,4	25/mai./1995	65,0
1/mai./2003	110,0	7/abr./1996	82,0
28/dez./2004	121,0	21/jan./1997	54,0
18/mar./2005	121,5	25/abr./1998	35,0
24/abr./2006	107,0	13/mar./1999	68,0
23/abr./2007	57,0	17/abr./2000	47,0
20/mar./2008	96,0	10/mar./2001	68,0
14/fev./2009	83,0	2/jan./2002	63,0
11/abr./2010	72,0	18/jan./2003	112,0
14/fev./2011	112,0	3/fev./2004	90,0
10/dez./2012	48,0	4/dez./2005	71,0
20/dez./2013	30,2	2/mar./2006	74,0
29/mai./2014	145,0	16/dez./2007	81,0
9/abr./2015	62,0	14/jan./2008	65,0
30/mar./2016	213,0	14/abr./2009	88,0
19/fev./2017	73,0	24/out./2010	84,0
29/mar./2018	68,0	22/jan./2011	65,0
20/mar./2019	142,8	25/jun./2012	17,0
		21/dez./2013	30,0
		29/mai./2014	37,0
		25/mar./2015	78,0
		30/mar./2016	180,0
		29/abr./2017	142,0
		9/abr./2018	113,0
		16/fev./2019	80,0

Fonte: AUTORES, 2020.

Com o cálculo do desvio padrão e da média das precipitações máximas diárias de todos os anos, e substituindo na equação geral elaborada por Ven te Chow (Equação 4), foram obtidas as precipitações máximas diárias para diferentes tempos de retorno, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6: Precipitações máximas diárias nos postos de Brejinho e Itapetim para diferentes tempos de retorno.

Posto		TR (anos)					
		5	10	15	25	50	100
Brejinho	K	0,919	1,625	2,018	2,517	3,179	3,8
	P (mm)	132,15	162,89	179,99	201,72	230,54	259,1
Itapetim	K	0,879	1,56	1,941	2,422	3,061	3,696
	P (mm)	104,06	127,03	139,88	156,11	177,67	199,09

Fonte: AUTORES, 2020.

Por meio do *software* ArcGis, verificou-se que a isozona referente aos dois municípios, Brejinho e Itapetim, é a “E”. Dessa forma, a Tabela 7 mostra os coeficientes de desagregação associados à sobredita isozona.

Tabela 7: Coeficientes de desagregação associados à isozona “E” para diferentes tempos de retorno.

Isozona	1h / 24h						6min. / 24h	
	Tr (anos)						Tr (anos)	
	5	10	15	25	50	100	5-50	100
E	44,0	43,6	43,3	43,0	42,6	42,2	12,6	11,2

Fonte: TORRICO, 1974.

Dessa forma, considerando os coeficientes de desagregação de Torrico (1974) e de Occhipinti e Santos (1966), foram calculadas as precipitações máximas para durações de 24h, 6h, 4h, 2h, 1h, 30min., 25min., 15min. e 6min., chegando aos seguintes resultados expressos nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Precipitações máximas no posto de Brejinho para diferentes tempos de retorno e durações.

T R (anos)	Precipitação máxima (mm)									
	1 dia	24 horas	6 horas	4 horas	2 horas	1 hora	30 min	25 min	15 min	6 min
5	132,15	150,65	108,47	94,91	78,34	66,29	49,05	44,64	34,34	18,98
10	162,89	185,69	133,70	116,98	96,56	80,96	59,91	54,52	41,94	23,40
15	179,99	205,19	147,74	129,27	106,70	88,85	65,75	59,83	46,02	25,85
25	201,72	229,96	165,57	144,87	119,58	98,88	73,17	66,59	51,22	28,97
50	230,54	262,81	189,22	165,57	136,66	111,96	82,85	75,39	57,99	33,11
100	259,14	295,42	212,70	186,11	153,62	124,67	92,25	83,95	64,58	33,09

Fonte: AUTORES, 2020.

Tabela 9: Precipitações máximas no posto de Itapetim para diferentes tempos de retorno e durações.

T R (anos)	Precipitação máxima (mm)									
	1 dia	24 horas	6 horas	4 horas	2 horas	1 hora	30 min	25 min	15 min	6 min
5	104,06	118,63	85,41	74,74	61,69	52,20	38,63	35,15	27,04	14,95
10	127,03	144,82	104,27	91,23	75,30	63,14	46,72	42,52	32,71	18,25
15	139,88	159,47	114,82	100,46	82,92	69,05	51,10	46,50	35,77	20,09
25	156,11	177,97	128,13	112,12	92,54	76,52	56,63	51,53	39,64	22,42
50	177,67	202,54	145,83	127,60	105,32	86,28	63,85	58,10	44,69	25,52
100	199,09	226,96	163,41	142,98	118,02	95,78	70,87	64,50	49,61	25,42

Fonte: AUTORES, 2020.

Com base em todos os elementos apresentados, foi aplicada a regressão linear e por meio do elemento “Solver”, foram determinados os parâmetros das equações IDFs para os postos de Brejinho e Itapetim (Tabela 10), resultando em coeficientes de determinação (R²) acima de 0,99.

Tabela 10: Equações IDFs calculadas para os postos de Brejinho e Itapetim.

Posto	Equação IDF	R ²
Brejinho	$i = \frac{1318,06 \times Tr^{0,19}}{(t + 11,5)^{0,759}}$	0,994
Itapetim	$i = \frac{1028,68 \times Tr^{0,19}}{(t + 11,51)^{0,759}}$	0,994

Fonte: AUTORES, 2020.

Analisando as equações encontradas, foi possível perceber a similaridade nos parâmetros “n”, “m” e “b”, devido à proximidade dos municípios, semelhança climática e altitudes parecidas. Tal fato também foi observado por Cardoso *et al.* (1998), com a elaboração de equações IDFs para os municípios de Lajes e Campos Novos, em Santa Catarina, Região Sul do Brasil.

Com base nas equações IDFs obtidas anteriormente, foram elaboradas as curvas de intensidade (mm/h), duração (min.) e frequência (anos) dos postos de Brejinho e Itapetim, considerando os tempos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos (Figuras 4 e 5). A partir desses tempos de retorno, também foram calculadas as intensidades de chuva (em mm/h) para durações de 6, 15, 25, 30, 60, 120, 240 e 360 minutos nos municípios de Brejinho e Itapetim, com os valores apresentados nas Tabelas 11 e 12.

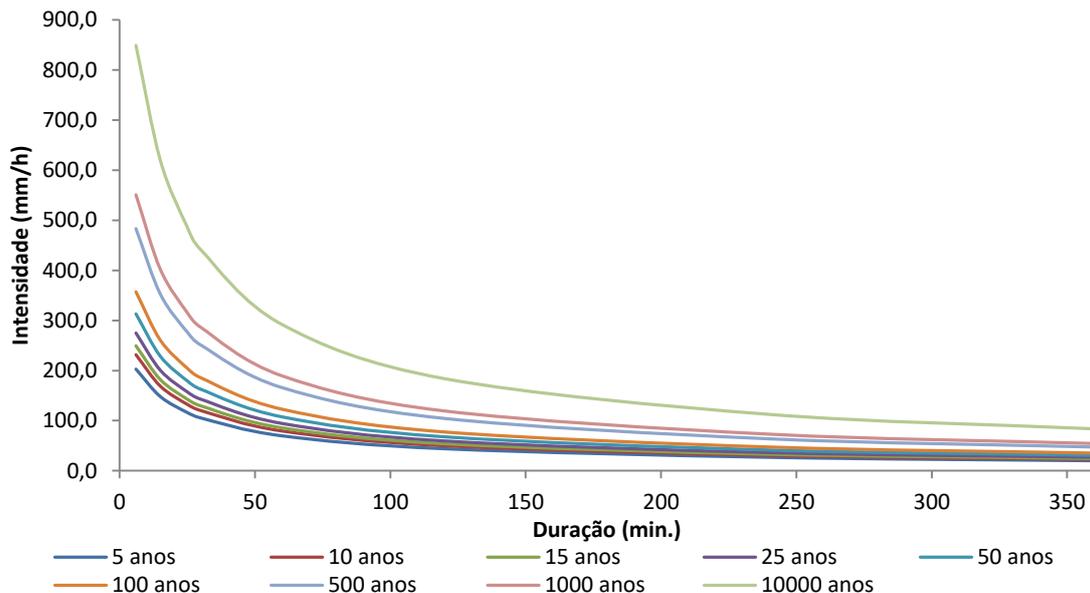


Figura 4: Curvas Intensidade-Duração-Frequência para o município de Brejinho, em Pernambuco.

Fonte: AUTORES, 2020.

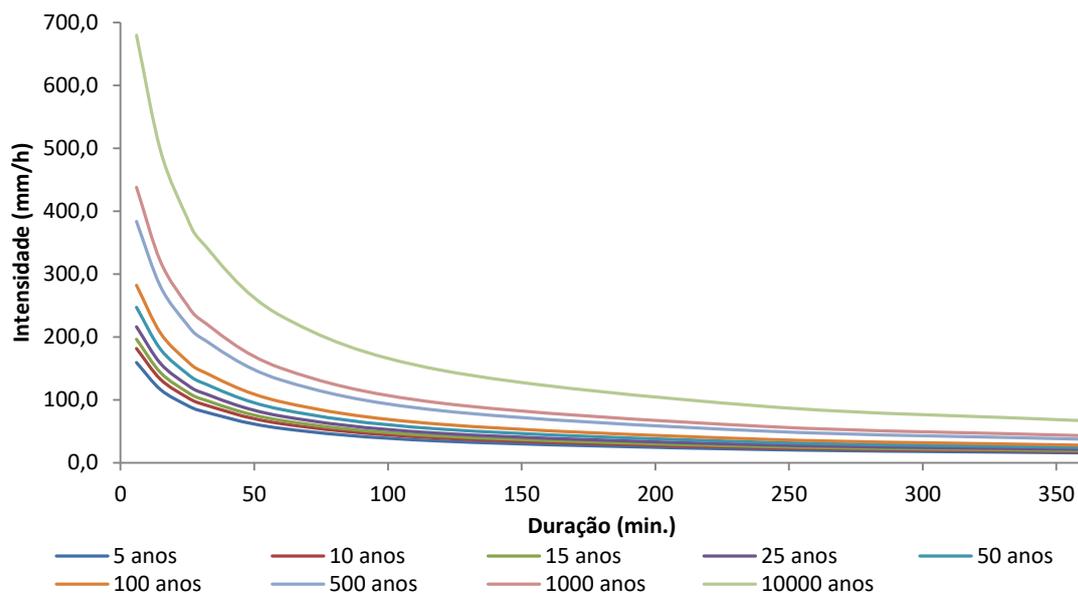


Figura 5: Curvas Intensidade-Duração-Frequência para o município de Itapetim, em Pernambuco.

Fonte: AUTORES, 2020.

Tabela 11: Intensidades de chuva (mm/h) em Brejinho-PE para diferentes tempos de retorno e durações.

TR (anos)	Durações (min.)							
	6	15	25	30	60	120	240	360
5	203,1	148,2	116,2	105,4	69,8	43,9	26,8	20,0
10	231,4	168,9	132,4	120,1	79,5	50,0	30,6	22,7
15	249,8	182,3	142,9	129,7	85,8	54,0	33,0	24,5
25	275,0	200,7	157,4	142,7	94,4	59,5	36,3	27,0
50	313,3	228,6	179,3	162,6	107,6	67,8	41,4	30,8
100	357,0	260,5	204,3	185,3	122,6	77,2	47,2	35,1
500	483,3	352,7	276,6	250,9	166,0	104,5	63,9	47,5
1000	550,6	401,8	315,1	285,9	189,1	119,1	72,8	54,1
10000	849,4	619,9	486,1	441,0	291,7	183,7	112,3	83,5

Fonte: AUTORES, 2020.

Tabela 12: Intensidades de chuva (mm/h) em Itapetim-PE para diferentes tempos de retorno e durações.

TR (anos)	Durações (min.)							
	6	15	25	30	60	120	240	360
5	159,1	116,1	91,1	82,6	54,7	34,4	21,0	15,6
10	181,7	132,6	104,0	94,3	62,4	39,3	24,0	17,9
15	196,3	143,3	112,3	101,9	67,4	42,5	26,0	19,3
25	216,4	157,9	123,9	112,4	74,3	46,8	28,6	21,3
50	247,0	180,3	141,4	128,3	84,9	53,4	32,7	24,3
100	282,0	205,8	161,4	146,4	96,9	61,0	37,3	27,7
500	383,5	279,9	219,5	199,1	131,7	82,9	50,7	37,7
1000	437,8	319,5	250,6	227,3	150,4	94,7	57,9	43,0
10000	679,5	495,9	388,9	352,8	233,4	147,0	89,8	66,8

Fonte: AUTORES, 2020.

5. CONCLUSÃO

Sendo assim, o prosseguimento descrito na metodologia utilizando os *softwares* Microsoft Excel e Arcgis, tornaram os cálculos mais eficientes e de fácil trabalhabilidade, onde a regressão linear e o elemento “Solver” foram essenciais para a obtenção dos parâmetros das equações IDFs nos municípios de Brejinho-PE e Itapetim-PE.

O tamanho das séries históricas de dados do posto de Brejinho, apesar de relativamente menor que Itapetim, apresentou valores coerentes para os parâmetros das equações IDFs, obtendo um bom coeficiente de determinação (R^2), acima de 0,99.

De maneira geral, é importante uma ampliação na rede de postos pluviométricos no estado de Pernambuco, assim como obter séries de dados mais extensas, afim de identificar dados atípicos em séries históricas e melhorar a elaboração das equações IDFs. Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir nos futuros estudos hidrológicos para os dois municípios do sertão de Pernambuco.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), representada pelos engenheiros civis Hudson Pedrosa, Ilton Alves, Júlio Tenório e Wagner Rocha e pelo técnico em saneamento Wanderson Lima, por todo o apoio e auxílio dado na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APAC. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso: set.,2020.

CARDOSO, Célio Orli *et al.* Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, pp. 131-140, 1998.

COUTINHO, Artur Paiva *et al.* **Coletânea de equações de chuvas intensas para o Estado de Pernambuco**. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves-RS, 2013.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Atlas Pluviométrico do Brasil (2011): Mapa de Isoietas de Precipitações Médias Anuais do Brasil**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e->

Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html. Acesso: out., 2020.

DNIT. **Manual de hidrologia básica de estruturas de drenagem: versão preliminar**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. 18 p.

GUMBEL, E. J. **Statistics of extremes**. Columbia: Columbia University, 1958. 357 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html> Acesso: out., 2020.

OCCHIPINTI, A. G.; SANTOS, P. M. **Relações entre as precipitações máximas de “um dia” e de “24 horas” na cidade de São Paulo**. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, USP. 1966. 26p

SILVA, Bruno Marcionilo *et al.* Chuvas Intensas em Localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 3, pp. 135-147, 2012.

SILVA, Simone Rosa; ARAÚJO, George Rodrigues de Sousa. Algoritmo para Determinação da Equação de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, pp. 1371-1383, 2013.

TORRICO, J. J. T. **Práticas hidrológicas**. Rio de Janeiro: Transcon, 1974. 120p.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. Ed. Porto Alegre, 2001.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, Mcgraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.