

Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT)

Intensity-Duration-Frequency Curves of extreme precipitation for the city of Cuiabá (MT)

Ana Letícia Pilz de Castro^{1(*)}
Camila Nascimento Padilha Silva²
Alexandre Silveira³

Resumo

Para a elaboração de projetos na área de drenagem urbana, o conhecimento adequado das precipitações máximas, que são normalmente determinadas a partir de relações Intensidade-Duração-Frequência, é muito importante. O presente trabalho apresenta um estudo para a obtenção da equação IDF para o município de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso. Os dados utilizados no trabalho foram registrados por estação climatológica localizada em Várzea Grande (MT), com série histórica de 25 anos.

Palavras-chave: chuvas intensas; curvas Intensidade-Duração-Frequência; drenagem urbana.

Abstract

In order to develop projects in the urban drainage area, it is very important to be aware of adequate maximum rainfall, which is usually determined from relations among Intensity-Duration-Frequency. This paper presents a study to obtain the IDF equation for the Cuiaba city located in Mato Grosso State. The data used in the study were recorded by climatological station, located in Varzea Grande (MT) with historical series during 25 years.

Key words: storm rain; intensity-duration-frequency curves; urban drainage

1 Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT; Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Bairro Boa Esperança, CEP: 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil; E-mail: analeticia_pilz@hotmail.com (*) Autora para correspondência.

2 Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT; E-mail: camila_padilha15@hotmail.com

3 Dr.; Engenheiro Civil; Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso; E-mail: alesilveira72@gmail.com

Introdução

A precipitação é um processo que possui grande variabilidade espacial e temporal. A previsão determinística desse processo somente pode ser realizada com antecedência de poucos dias, mesmo assim com margem de erro significativa. As previsões de médio prazo são limitadas quanto à quantidade e ao tempo de ocorrência. A sua previsão, na maioria dos problemas, é realizada com base na estatística de eventos passados e também se utilizando de modelos matemáticos para simulação do tempo atmosférico.

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. O estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para determinar a vazão de enchente de uma bacia (TUCCI, 2009).

O dimensionamento de obras hidráulicas em geral, tais como galerias de águas pluviais, canalizações de córregos, bueiros, canais de drenagem, entre outros, depende fundamentalmente do conhecimento das características das precipitações intensas, de curta duração.

Para certa intensidade de chuva, constante e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a máxima vazão a ser verificada em uma seção, corresponde a uma duração de chuva igual ao “tempo de concentração da bacia”, a partir da qual a vazão é constante. Assim, o dimensionamento das obras hidráulicas exige o conhecimento da relação entre a intensidade, a duração e a frequência da precipitação.

As relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações intensas, devem ser deduzidas a partir das observações de

chuvas ocorridas durante um período de tempo suficientemente longo, para que seja possível considerar as frequências como probabilidades. Essas relações se traduzirão por uma família de curvas intensidade-duração, uma para cada frequência, ou período de retorno.

As grandezas intensidade e duração são inversamente proporcionais e a relação entre elas pode ser obtida da análise de registros pluviográficos. Os dados de chuvas intensas são obtidos, sob a forma de pluviogramas, ou seja, diagramas de precipitação acumulada ao longo do tempo.

As durações usuais utilizadas nos projetos são de 5, 10, 15, 30 e 45 min e 1, 2, 3, 6, 12 e 24 horas. Os limites de duração são fixados em 5 minutos e 24 horas, pois 5 minutos representa o menor intervalo em que se pode ler, com precisão adequada, nos registros considerando pluviógrafos convencionais (EESC-USP, 2011).

Para durações maiores que 24 horas, podem ser utilizados dados observados em pluviômetros.

Nos trabalhos hidrológicos em geral, interessa não somente o conhecimento das máximas precipitações observadas nas séries históricas, mas, principalmente, prever, com base nos dados observados, bem como, valendo-se dos princípios das probabilidades, quais as máximas precipitações que podem vir a ocorrer em certa localidade, com determinada frequência.

Diante desse contexto, observa-se a importância da realização de estudos, para precipitações extremas.

Este estudo tem por objetivo determinar as curvas Intensidade, Duração e Frequência – IDF para o município de Cuiabá (MT).

Metodologia

Cuiabá é a capital do Estado brasileiro de Mato Grosso. O município está situado às margens do rio de mesmo nome, localizado nas coordenadas geográficas 15° 35' 45" de latitude S, e 56° 05' 49" de longitude O e conta com uma população de aproximadamente 551.098 habitantes IBGE (2011). O clima é tropical quente e úmido. As chuvas concentram-se de setembro a abril. A figura 1 apresenta a localização do município.

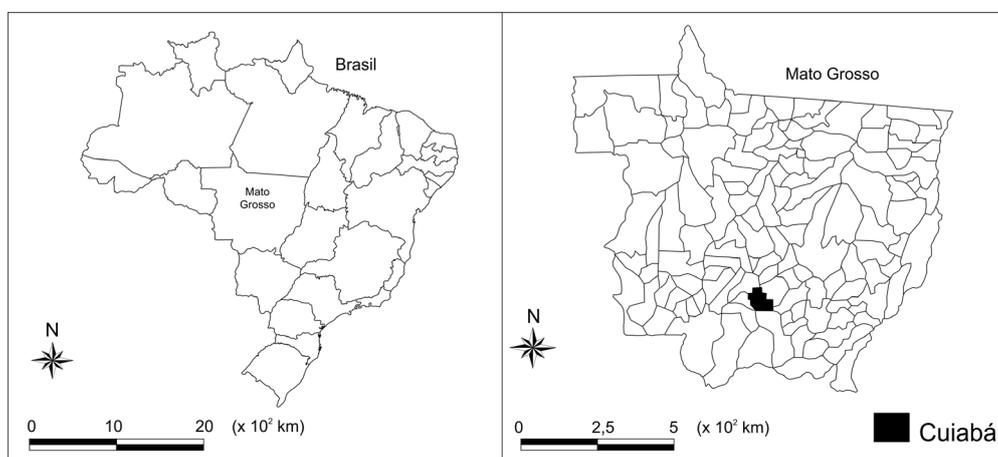


Figura 1. Localização da área de estudo

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos no 9º Distrito Meteorológico do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia localizado no município de Várzea Grande, próximo ao Rio Cuiabá, na divisa com a cidade com o mesmo nome. A estação meteorológica situa-se nas coordenadas: latitude 15° 36' S e longitude 56° 06' O. Essas informações encontram-se publicadas em DAEE/CETESB (1980). O período de observação do posto pluviométrico é de 12,8 anos de registros em pluviógrafos e de 25 anos para dados observados nos pluviômetros.

A área de estudo está localizada na Unidade de Planejamento e Gestão (UPG)

P4, na parte alta da bacia do Rio Paraguai, de acordo com a resolução 005/2006 do Conselho de Recursos Hídricos do Estado de Mato Grosso, conforme apresentado na figura 2.

Para a construção das curvas i-d-f, primeiramente, foram selecionadas as precipitações máximas de cada ano da série histórica com duração de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720, 840 e 1440 minutos. Dividindo-se a precipitação pela duração, obteve-se a intensidade da chuva.

Posteriormente, foi produzida a equação de chuvas intensas, para utilizar outros períodos de retorno através equação geral do tipo:

$$i = \frac{C}{(t + t_o)^n} \quad (1)$$

Em que:

i = é a intensidade média (mm/h) para a duração t ;

t_o , C e n são parâmetros a determinar.

Certos autores procuram relacionar C com o período de retorno T por meio de uma equação do tipo $C=kT^m$ e expressar a equação anterior na forma mais geral.

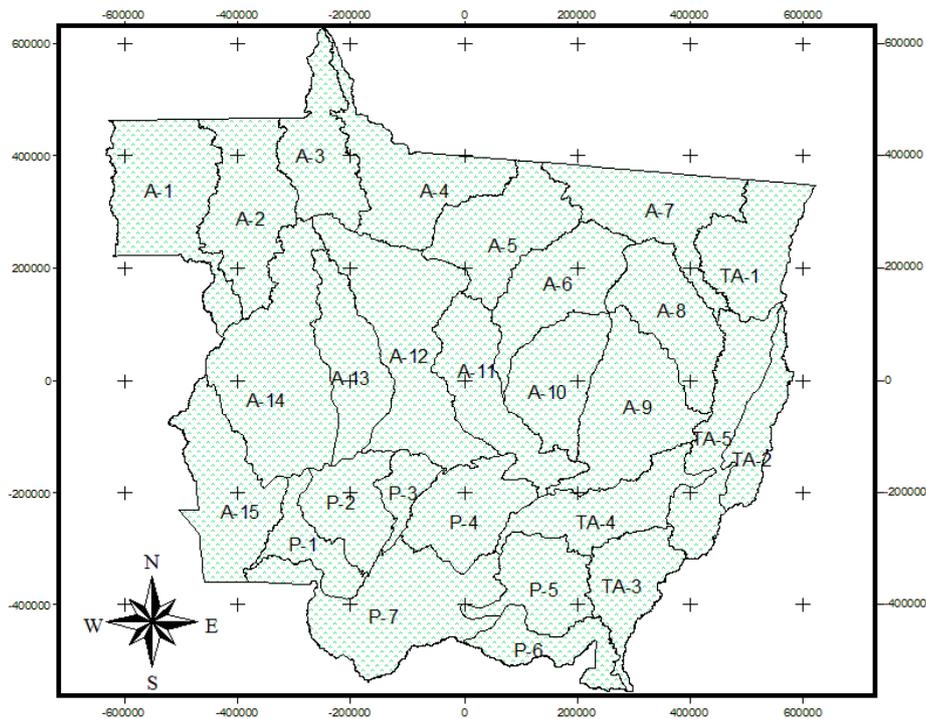


Figura 2. UPGs do Estado de Mato Grosso

$$i = \frac{K \cdot T^m}{(t + t_0)^n} \quad (2)$$

A determinação dos parâmetros K, m, t_0 e n da equação foram feitas através de uma análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados.

Resultados e Discussões

As precipitações máximas de cada ano da série histórica com duração de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720, 840 e 1440 minutos são apresentadas na tabela 1. As precipitações representam os eventos de maior magnitude, com a duração citada, como base de dados para o ajuste da equação i-d-f.

A tabela 2 apresenta a intensidade das precipitações máximas, em mm/minutos, obtidas a partir dos dados apresentados na tabela 1.

Observa-se que, quanto menor for a duração da chuva, maior a intensidade pluvio-

métrica, para um mesmo período de retorno. A intensidade pluviométrica é maior para períodos de retorno elevados. A extrapolação das precipitações intensas, para períodos de retorno maiores que o período dos dados da série histórica, foi feita a partir de ajuste de uma função exponencial aos dados da estação.

A determinação dos parâmetros da equação foi feita ajustando-se a equação geral aos dados pluviométricos, através de uma análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados. A equação 3 representa o resultado desse ajuste, sendo considerada a equação i-d-f para o município de Cuiabá.

$$i = \frac{1016,453 \cdot T^{0,133}}{(t + 7,5)^{0,739}} \quad (3)$$

i (mm/h), T (anos) e t (minutos)

A figura 3 apresenta as curvas i-d-f, geradas pela equação 3, para período de

Tabela 1. Altura Pluviométrica (mm)

Duração (minutos)	Período de Retorno (anos)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	14,4	16,6	18,2	19,1	19,8	20,3	21,9	23,6
10	21,7	25,1	27,6	29,2	30,2	31,1	33,7	36,5
15	26,6	31	34,3	36,3	37,7	38,8	42,4	46,1
20	30,4	35,5	39,5	41,9	43,6	44,9	49,2	53,7
25	33,5	39,3	43,9	46,6	48,6	50,1	55,1	60,4
30	36,1	42,6	47,7	50,8	53	54,7	60,4	66,4
60	45,4	53,4	60	64,1	67,2	69,6	77,6	86,5
120	55,8	66,3	75	80,5	84,5	87,8	98,6	110,6
240	66,6	79,6	90,6	97,6	102,8	106,9	120,8	136,2
360	72,9	87,3	99,4	107,1	112,8	117,4	132,7	149,7
480	77,5	92,9	105,8	114	120,1	125,1	141,5	159,7
600	81	97	110,5	119,1	125,4	130,6	147,6	166,6
720	83,9	100,5	114,4	123,2	129,8	135	152,6	172,2
840	86,4	103,4	117,7	126,7	133,4	138,8	156,8	176,8
1440	95,4	113,7	129,1	138,7	145,9	151,7	170,9	192,2

Tabela 2. Intensidade da chuva (mm/min)

Duração (minutos)	Período de Retorno (anos)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	2,880	3,320	3,640	3,820	3,960	4,060	4,380	4,720
10	2,170	2,510	2,760	2,920	3,020	3,110	3,370	3,650
15	1,773	2,067	2,287	2,420	2,513	2,587	2,827	3,073
20	1,520	1,775	1,975	2,095	2,180	2,245	2,460	2,685
25	1,340	1,572	1,756	1,864	1,944	2,004	2,204	2,416
30	1,203	1,420	1,590	1,693	1,767	1,823	2,013	2,213
60	0,757	0,890	1,000	1,068	1,120	1,160	1,293	1,442
120	0,465	0,553	0,625	0,671	0,704	0,732	0,822	0,922
240	0,278	0,332	0,378	0,407	0,428	0,445	0,503	0,568
360	0,203	0,243	0,276	0,298	0,313	0,326	0,369	0,416
480	0,161	0,194	0,220	0,238	0,250	0,261	0,295	0,333
600	0,135	0,162	0,184	0,199	0,209	0,218	0,246	0,278
720	0,117	0,140	0,159	0,171	0,180	0,188	0,212	0,239
840	0,103	0,123	0,140	0,151	0,159	0,165	0,187	0,210
1440	0,066	0,079	0,090	0,096	0,101	0,105	0,119	0,133

retorno de 10, 25, 50 e 100 anos, duração de chuva até 1440 minutos (24 horas), sendo que a intensidade de chuva é dada em mm/hora.

A figura 4 apresenta as curvas i-d-f, geradas pela equação 3, para período de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos, duração de

chuva até 360 minutos (6 horas), sendo que a intensidade de chuva é dada em mm/hora. Desse modo, é possível visualizar melhor as curvas para menor duração da chuva, compatíveis com tempo de concentração encontrado em bacias urbanas.

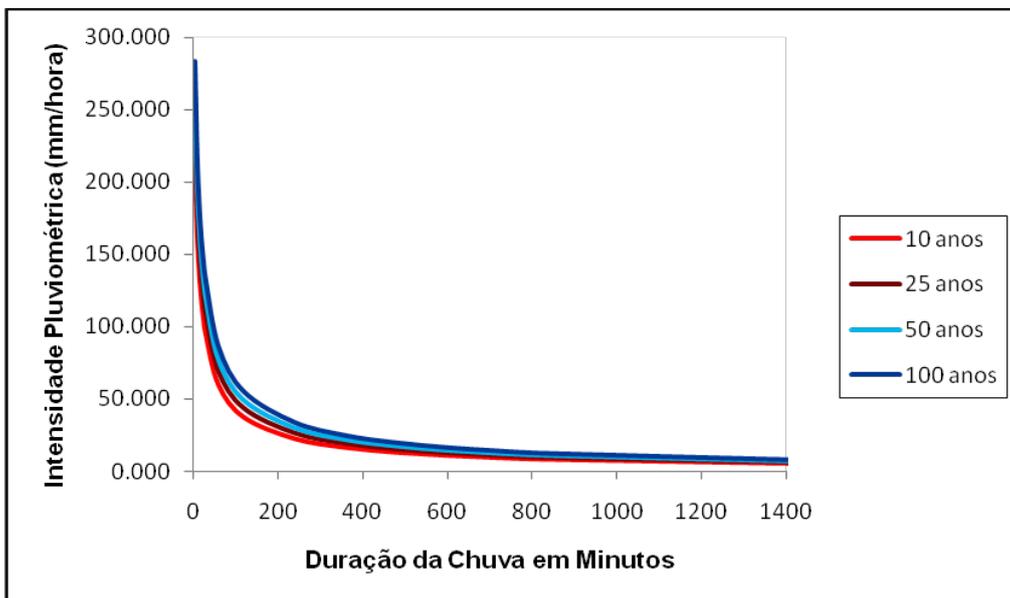


Figura 3. Curvas i-d-f, duração de chuva até 1 dia

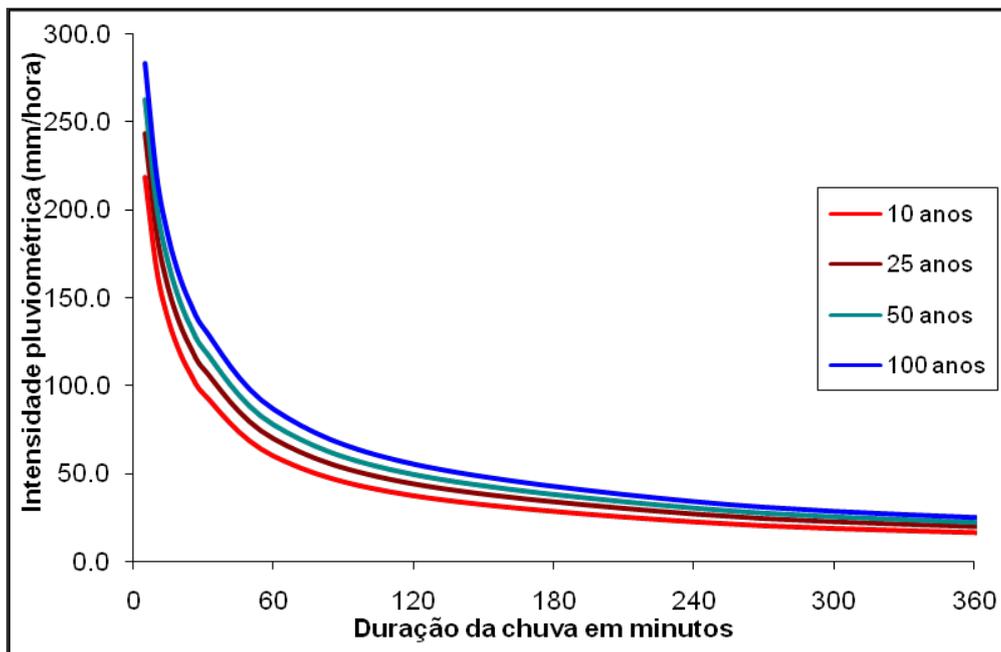


Figura 4. Curvas i-d-f, duração de chuva até 6 horas

O ajuste da equação aos dados do pluviógrafo produziu os valores de $K=1016,453$, $m=0,133$, $t_0=7,5$ e $n=0,739$ apresentados na equação 3. A qualidade do ajuste da equação 3 aos dados pluviométricos, constantes na tabela 2,

são apresentadas nas figuras 5 a 12, para cada período de retorno.

Observa-se nas figuras 5 a 12 que a equação i-d-f possui excelente aderência aos dados validando o ajuste da equação 3. Desse modo, a equação produzida pode ser utilizada com

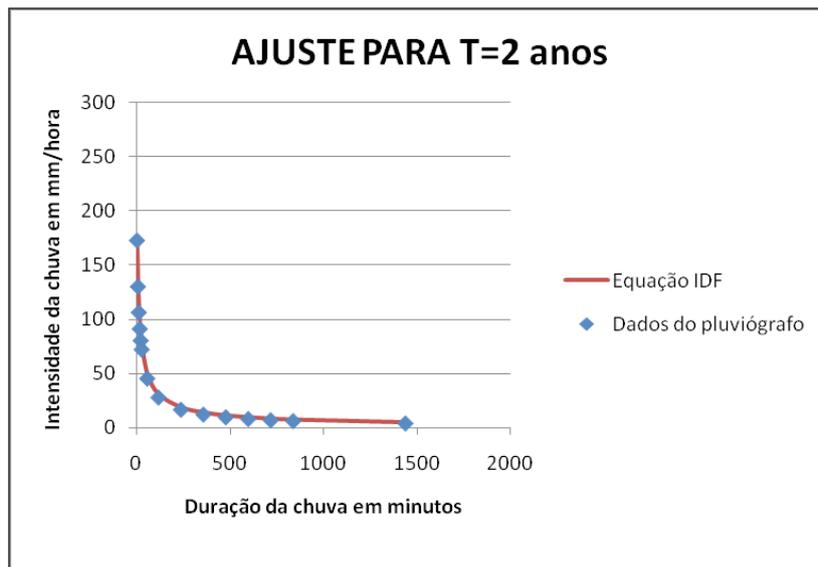


Figura 5. Ajuste das equações para o período de retorno 2 anos

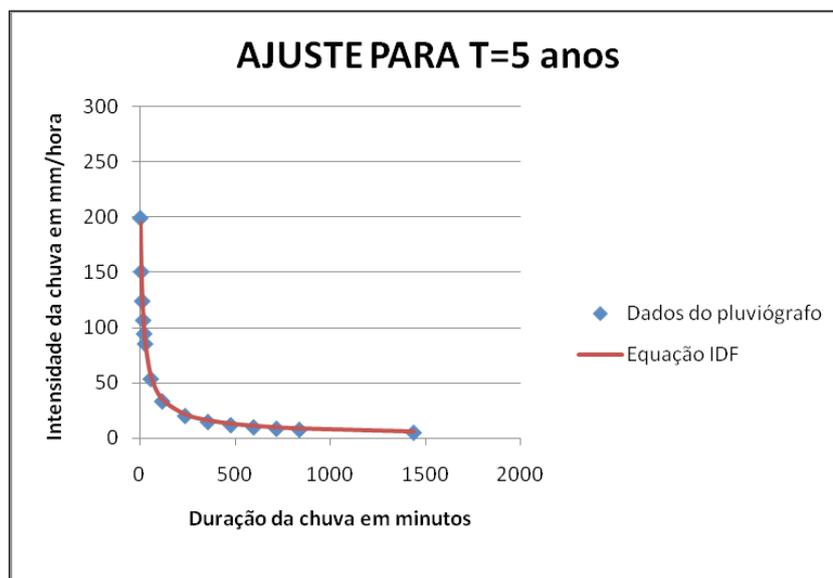


Figura 6. Ajuste das equações para o período de retorno 5 anos

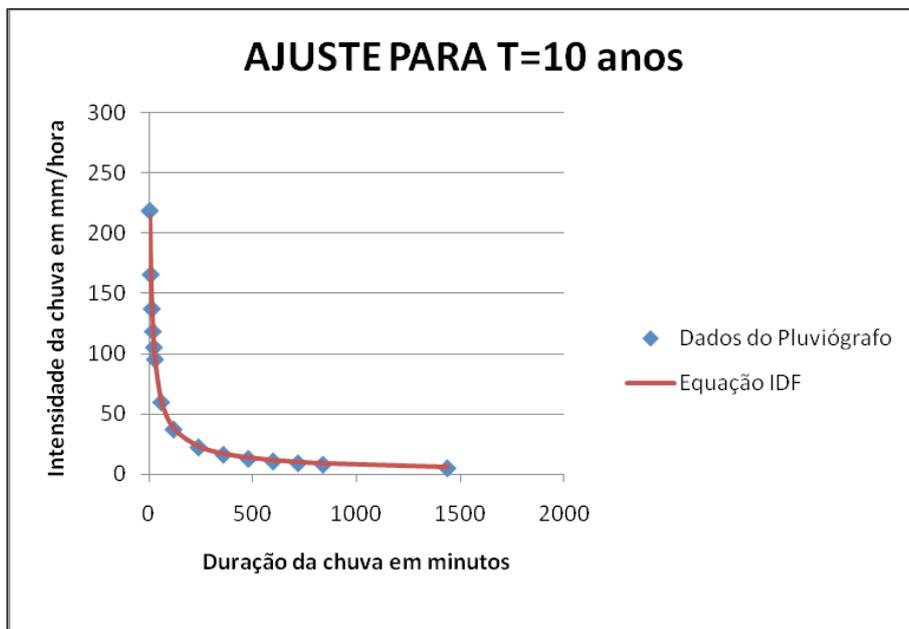


Figura 7. Ajuste das equações para o período de retorno 10 anos

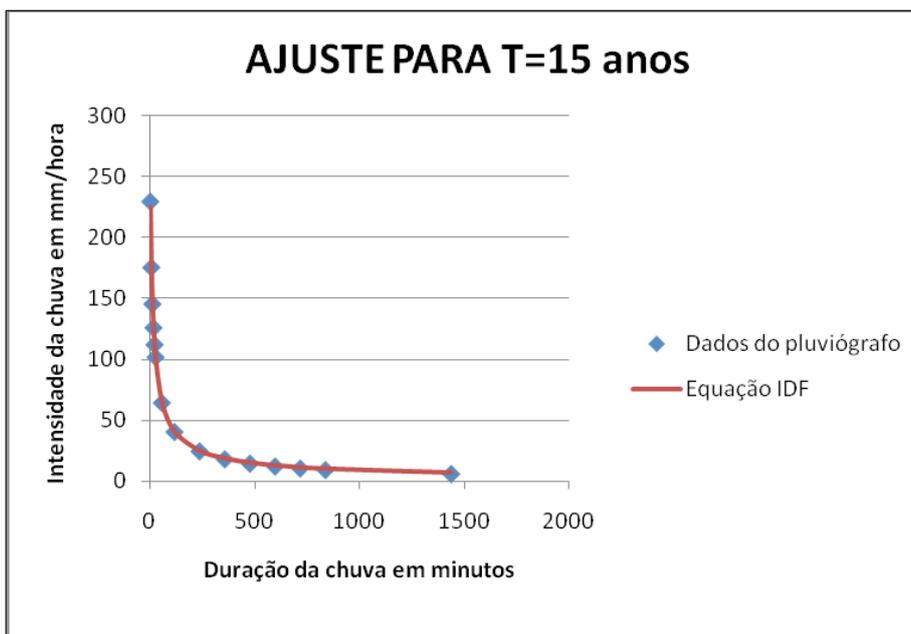


Figura 8. Ajuste das equações para o período de retorno 15 anos

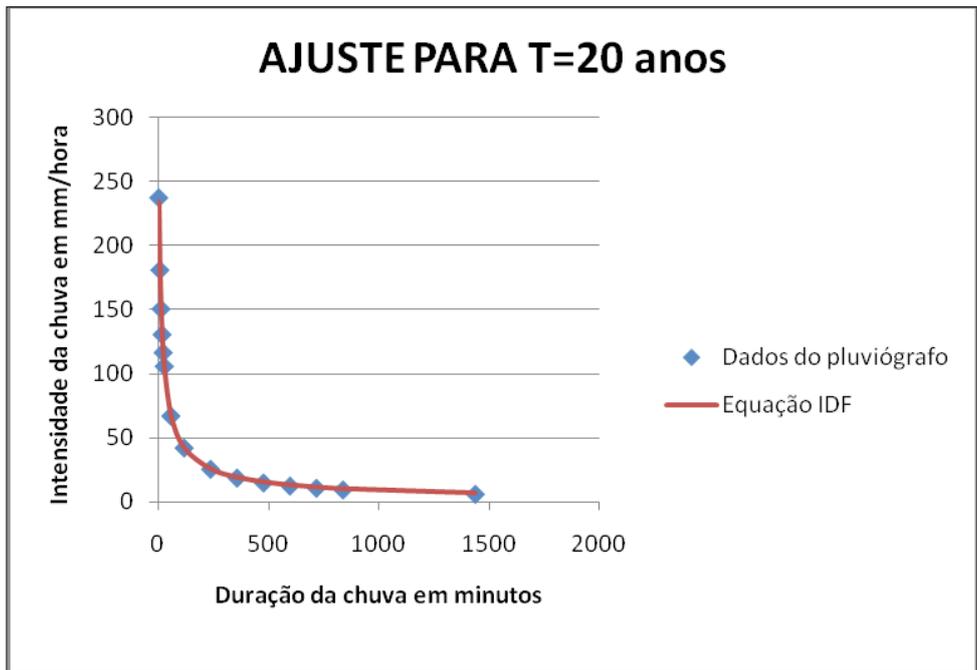


Figura 9. Ajuste das equações para o período de retorno 20 anos

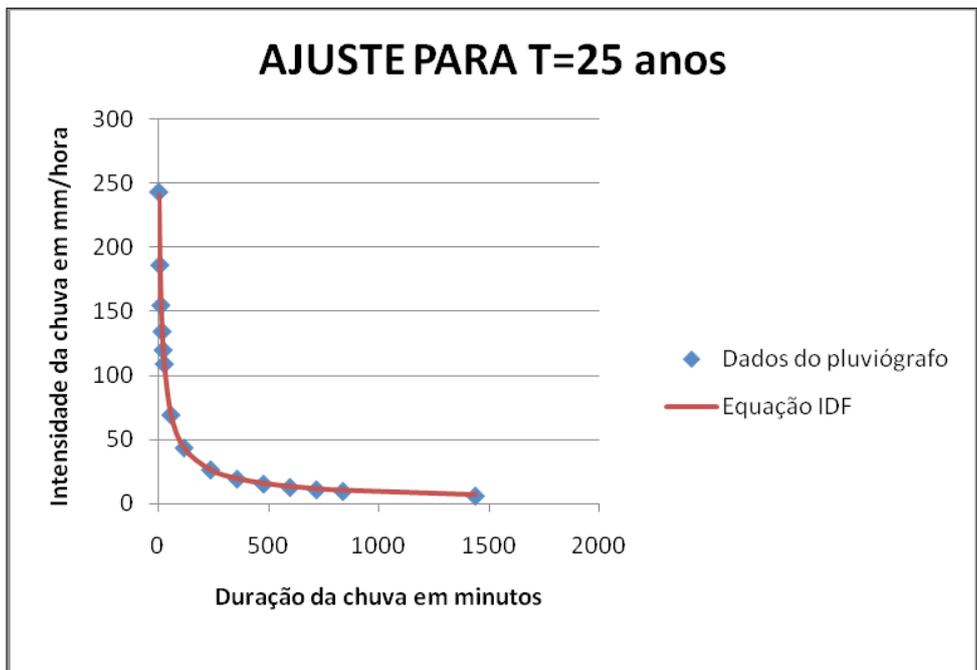


Figura 10. Ajuste das equações para o período de retorno 25 anos

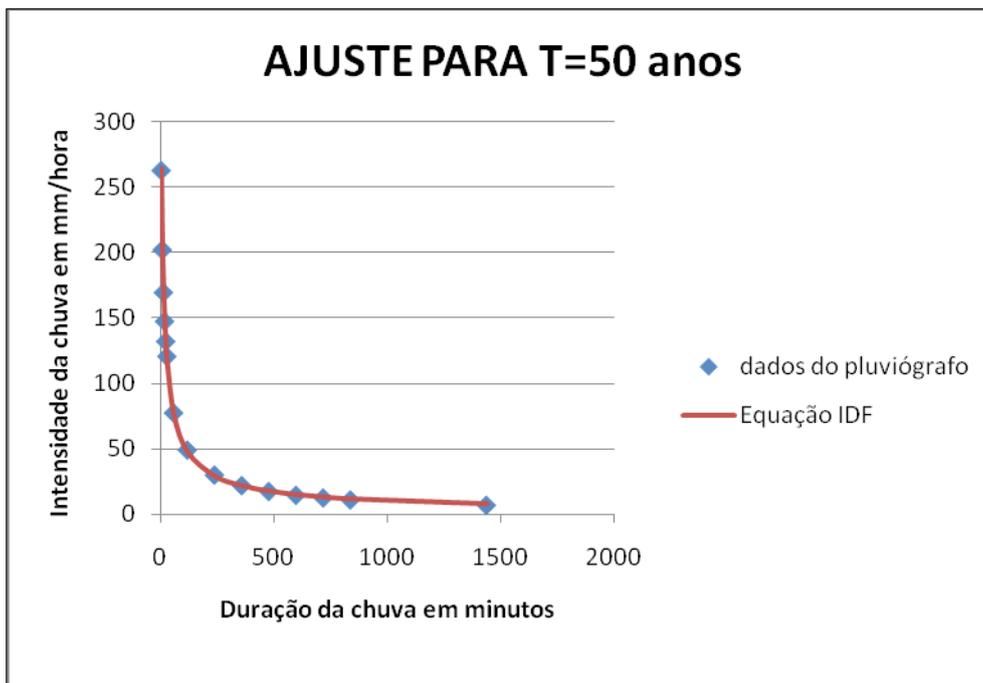


Figura 11. Ajuste das equações para o período de retorno 50 anos

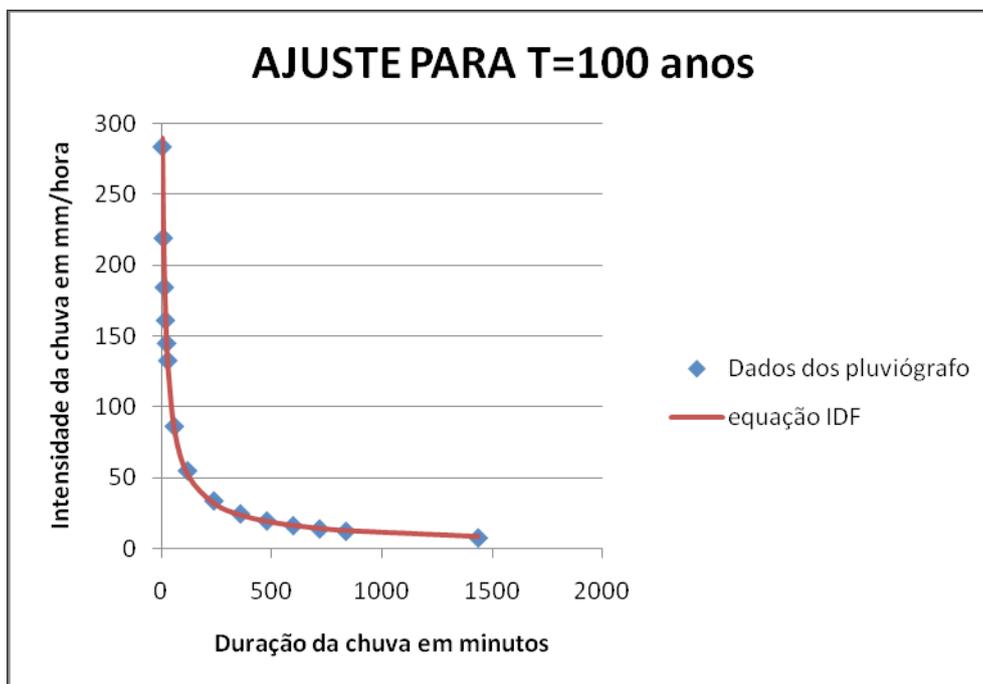


Figura 12. Ajuste das equações para o período de retorno 100 anos

segurança nos projetos hidráulicos/hidrológicos das estruturas de drenagem no município.

Considerações Finais

A equação i-d-f pode ser utilizada para o cálculo da intensidade máxima de precipitação em uma determinada bacia hidrográfica. Deve-se escolher o período de retorno em função do tipo de estrutura hidráulica, TUCCI et al. (1995) e a duração da chuva pode ser igualada ao tempo de concentração da bacia nos métodos simplificados como por exemplo o método racional, em bacias pequenas.

A obtenção da equação de chuvas i-d-f é de grande importância aos projetos hidráulicos e hidrológicos. Observou-se que o ajuste da equação i-d-f aos dados pluviométricos do município de Cuiabá pode ser considerado satisfatório e a equação ajustada poderá ser utilizada para o cálculo da vazão máxima de projeto. Ressalta-se ainda a necessidade de estudos similares com dados pluviométricos mais recentes, visto que a série utilizada neste trabalho é relativamente antiga.

Cabe salientar que outros municípios da região também não possuem equações, necessitando de estudos futuros.

Referências

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – DAEE-CETESB. **Drenagem Urbana**: Manual de Projeto [por] Departamento de Águas e Energia Elétrica [e] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2. ed. São Paulo: 1980.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EESC-USP. **Chuvas Intensas**. Laboratório de Hidráulica Computacional. Disponível em: <http://albatroz.shs.eesc.usp.br/~ew/SHS-403/1_semestre/aula_5_intensa.PDF>. Acesso em: 2 maio 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Brasília-DF: 2011. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão.

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

TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L. L; BARROS, M. T de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995.