

# ANÁLISE DAS CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO DE GUAJARÁ-MIRIM, RONDÔNIA

*Vinicius Alexandre Sikora de Souza<sup>1</sup>; Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>2</sup>; Rhayanna Kalline do Nascimento<sup>3</sup>; Rafael Henrique Serafim dos Dias<sup>4</sup>; Anderson Paulo Rudke<sup>5</sup>; Harrison Cesar de Souza Coltre<sup>6</sup>*

**Resumo** – Este trabalho tem por objetivo estimar a Equação de Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas para o município de Guajará-Mirim – RO, situado na Amazônia Ocidental, constituindo dessa forma curvas IDF para tal localidade. Utilizou-se uma série de dados entre os anos de 1972 e 2010, a qual foi analisada pela distribuição de Gumbel, sendo a mesma posteriormente relacionada, por meio da desagregação de chuva diária, para períodos de retorno compreendendo 2 a 100 anos e durações pluviométricas de 5 minutos a 24 horas. Constatou-se que a equação confeccionada por este estudo apresenta uma vasta aplicabilidade em obras e atividades hidrológicas, devido à grande amplitude dos intervalos utilizados. Além disso, verificou-se que tal expressão mostra-se viável de uso, pelas análises e testes estatísticos, a qual foi submetida, onde observou-se uma relação perfeitamente positiva entre a intensidade precipitada em relação a duração e período de retorno, além de afirmar-se com 99,995% de confiança que tal equação é significativa para os dados utilizado.

**Abstract** – This study aims to estimate the equation of Intensity-Duration-Frequency of heavy rainfall for the city of Guajará-Mirim - RO, situated in the western Amazon, thus constituting IDF curves for that location. We used a series of data between the years 1972 and 2010, which was analyzed by the Gumbel distribution and the same later related, through the disaggregation of daily rainfall for return periods comprising 2 to 100 years and rainfall durations 5 minutes to 24 hours. It was found that the equation made by this study shows a wide applicability in hydrological works and activities due to the large width of the ranges used. Moreover, it was found that this expression proves viable use for analysis and statistical tests, which was submitted, where there was a perfectly positive relationship between the intensity of precipitation in relation to duration and return period, and say with 99.995% confidence that this equation is significant for the data used.

**Palavras-Chave** – Amazônia Ocidental; Curvas IDF; Testes estatísticos.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Ambiental pela UNIR, Rua Rio Amazonas nº 351, 76900-000 Ji-Paraná. E-mail: vass1000@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora Adjunto da UNIR, DEA, Rua Rio Amazonas nº 351, 76900-000 Ji-Paraná. E-mail: atecivil2006\_02@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Ambiental pela UNIR, Rua Rio Amazonas nº 351, 76900-000 Ji-Paraná. E-mail: rhayannakalline@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Ambiental pela UNIR, Rua Rio Amazonas nº 351, 76900-000 Ji-Paraná. E-mail: raffaeldias17@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Ambiental pela UNIR, Rua Rio Amazonas nº 351, 76900-000 Ji-Paraná. E-mail: apr90@hotmail.com

<sup>6</sup> Graduando em Engenharia Ambiental pela UNIR, Rua Rio Amazonas nº 351, 76900-000 Ji-Paraná. E-mail: harrison\_sc@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Chuvas intensas, segundo Righetto (1998), são os fenômenos meteorológicos que provocam cheias nos sistemas de drenagem tais que as vazões de pico atingem valores próximos da capacidade do sistema. Como confirma Silva *et al.* (2003), chuvas intensas, também denominadas chuvas extremas ou máximas, são aquelas que apresentam grande lâmina precipitada, durante pequeno intervalo de tempo.

Segundo Cardoso *et al.* (1998), o conhecimento das características das precipitações intensas é fundamental para o planejamento de práticas de conservação do solo e da água, de manejo de bacias hidrográficas e para o dimensionamento de estruturas hidráulicas em geral. Por geralmente tais precipitações serem capazes de gerar grande quantidade de escoamento superficial, Cecilio *et al.* (2009) afirma que as precipitações intensas podem causar grandes prejuízos em áreas agrícolas, como a inundação de terras cultivadas, a erosão do solo, a perda de nutrientes, o assoreamento e a poluição de corpos d'água.

Atualmente a melhor solução para a caracterização e estimativa desta variável é a utilização de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), as quais consistem em modelos matemáticos semi-empíricos que prevêem a intensidade precipitada por meio da duração e distribuição temporal, que segundo Tucci *et al.* (2004), constituem as principais características da chuva. Portanto as mesmas são estimativas que visam atender as características específicas da precipitação na localidade para qual o modelo é confeccionado, por meio de análises estatísticas, devido as chuvas intensas ajusta-se à distribuição de Gumbel.

No entanto, segundo Cardoso *et al.* (1998) o conhecimento das características das chuvas é bastante escasso na maior parte do Brasil e, mesmo em regiões que apresentam satisfatória densidade de postos pluviométricos, os dados disponíveis são inadequados para uma utilização imediata, devido a tais dados apresentarem apenas intensidades em espaçamento de tempo maiores ou iguais a um dia.

Algumas metodologias foram desenvolvidas no Brasil para a obtenção de chuvas de menor duração a partir de dados pluviométricos, tais metodologias empregam coeficientes para transformar chuvas de um dia em chuvas de menor duração. Dentre essas metodologias destaca-se a da desagregação da chuva, sendo o uso desta bastante eficiente, pois tem sido aplicado em diversos estudos dentre os quais destacam-se Matos Neto e Fraga (1983); Cardoso *et al.* (1998); Oliveira *et al.* (2000) e Pereira *et al.* (2007).

Devido à grande carência de informações relativas às equações de chuvas intensas, para todas as localidades do Estado de Rondônia, a alternativa para a realização de projetos de obras hidráulicas tem sido utilizar informações de localidades que sejam mais próximas e apresentam

características similares ao da região na qual o projeto é realizado. Este procedimento, entretanto, pode levar a estimativas pouco confiáveis.

Sendo assim, observou-se a necessidade de estimar a função IDF para o município de Guajará-Mirim, o qual, segundo IBGE (2010), possui 40.646 habitantes e uma área de 24.856 km<sup>2</sup>, sendo o segundo maior município do Estado de Rondônia em extensão territorial. Além disso, este município tem como uma das bases de sua economia a agricultura, sendo esta ocupação diretamente influenciada pelas chuvas intensas. Portanto tal informação posteriormente pode ser empregada na otimização dos processos dessa atividade e ser aplicada no dimensionamento das obras hidráulicas de tal localidade.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O município de Guajará-Mirim encontra-se no Estado de Rondônia, o qual localiza-se na Amazônia Ocidental, entre os paralelos de 7° 58' e 13° 43' de Latitude Sul e meridianos de 59° 50' e 66° 48' de Longitude Oeste. Esta região, segundo SEDAM (2009), não sofre grandes influências da continentalidade, ou seja, maior ou menor distância em relação ao mar. Seu clima predominante, durante todo o ano, é o tropical úmido e quente, com insignificante amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diurna, especialmente no inverno. Na classificação de Köppen, o clima predominante é o Tropical Chuvoso, com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18 °C (megatérmico) e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre no Estado um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês.

A estação pluviométrica, da qual obteve-se os dados para a realização deste estudo, está localizada na latitude -10° 47' 33'' e longitude -65° 20' 52'', Figura 1, sendo a mesma situada na zona urbana deste município.

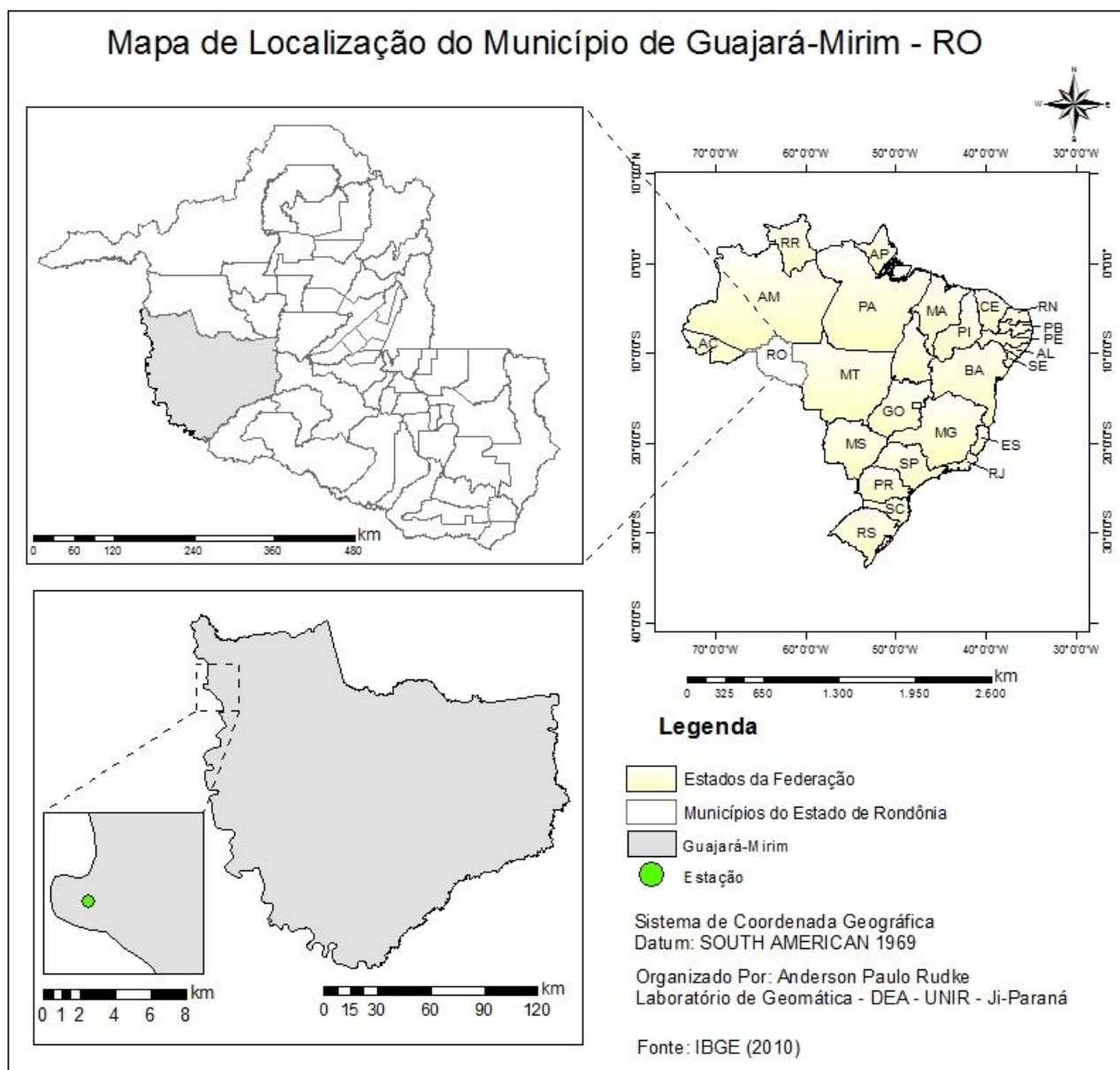


Figura 1. Localização da estação pluviométrica, no município de Guajará-Mirim.

## 2.2. Análise dos dados

No trabalho foi utilizada a maior série histórica de chuva máxima de “um dia” do município de Guajará-Mirim, Figura 2, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA). Essa série possui o período de dados compreendido entre os anos de 1972 e 2010. Foram excluídos destes dados os intervalos que apresentaram falhas de medição, ficando portando com 428 meses efetivos que foram utilizados nas análises estatísticas.

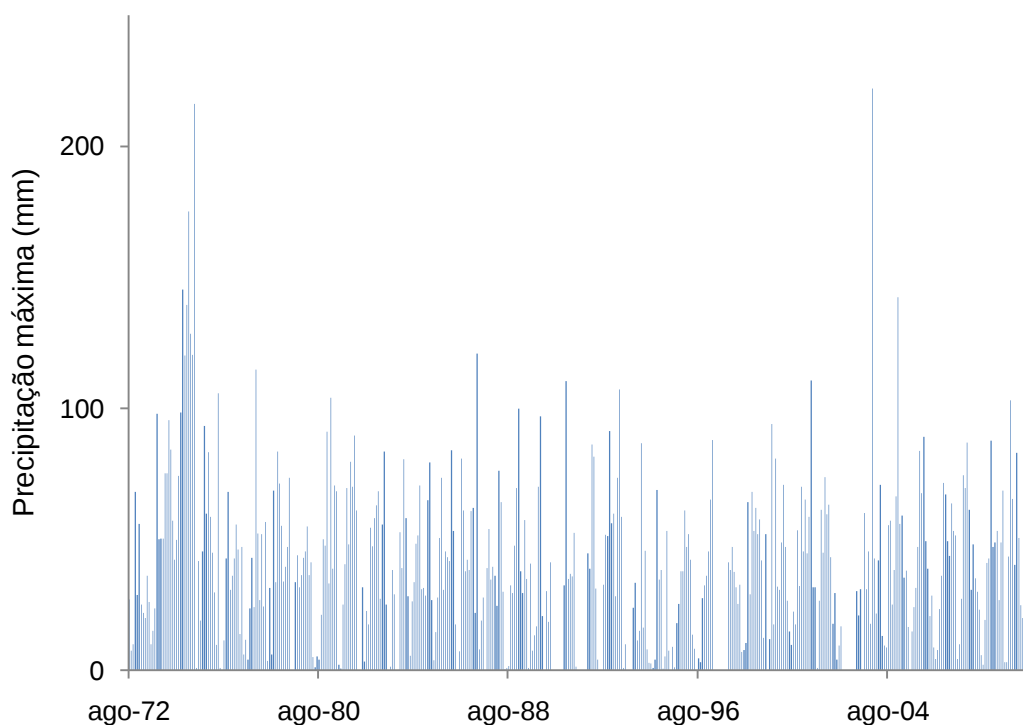


Figura 2. Série histórica da precipitação máxima de “um dia” por mês, para o município de Guajará-Mirim.

Posteriormente obteve-se desta série histórica a altura máxima de chuva de “um dia” para cada ano, constituindo, dessa forma, a série de chuvas máximas anuais. Após isto, os dados foram organizados em ordem decrescente, sendo calculados a média aritmética e o desvio-padrão da amostra. Para que dessa maneira fosse possível analisar estatisticamente a probabilidade e o período de retorno das chuvas intensas, foi utilizada a distribuição de Gumbel, a qual se mostra mais eficiente em descrever o fenômeno das chuvas intensas, como Hershfield e Kohler (1960) comprovaram, ao analisar os dados de milhares de estações pluviométricas nos Estados Unidos.

A variável reduzida de Gumbel ( $y$ ) foi obtida pela Equação 1, como preconizado por Gumbel (2004).

$$y = \frac{s_y}{s_x} \left[ x_i - \left( x_m - s_x \frac{y_m}{s_y} \right) \right] \quad (1)$$

Onde:

$s_x$  – desvio-padrão da série;

$x_i$  – valor de um elemento da amostra;

$x_m$  – média da amostra da série anual finita de  $n$  valores;

$s_y$  – desvio-padrão, valor tabelado;

$y_m$  – média da variável reduzida ( $y$ ), a qual é tabelada em função do número de dados da amostra.

O período de retorno ( $Tr$ ), definido como o intervalo médio, em anos, em que um valor qualquer de chuva é igualado ou superado, pelo menos uma vez é estimado pela Equação 2. Sendo tal expressão função da base dos logaritmos neperianos ( $e$ ).

$$Tr = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (2)$$

Os dados posteriormente foram plotados em um gráfico (Figura 3), que apresentasse as mesmas características do papel log-probabilístico, conhecido também como papel de Gumbel, ou seja, os pontos correspondentes às alturas máximas de chuva ( $p$ ) ficaram na ordenada, em escala aritmética, e o período de retorno, em anos, correspondente na abscissa, em escala logarítmica-probabilística.

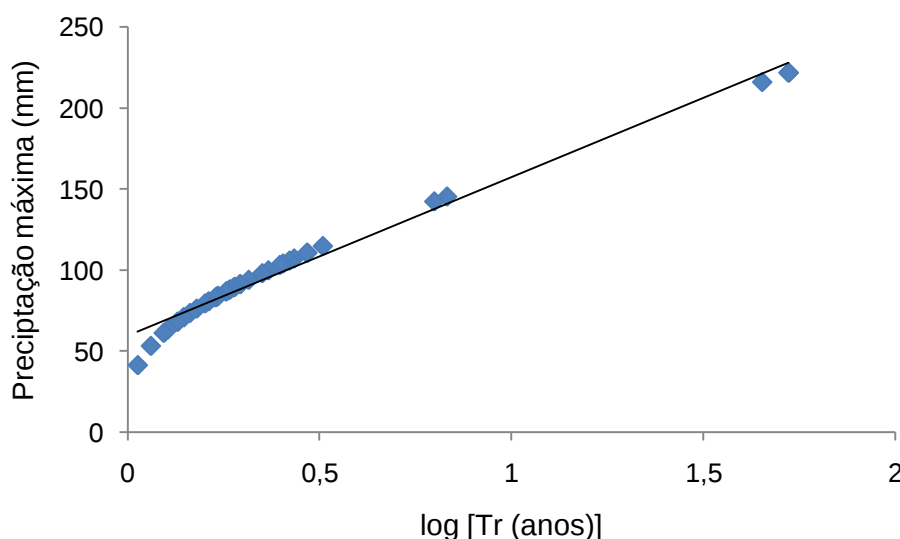


Figura 3. Reta de ajuste dos dados de precipitação máxima em relação ao período de retorno, para o município de Guajará-Mirim.

Após esta ação ajustou-se uma reta, Equação 3, que compreendeu a amplitude dos dados analisados, pois a mesma apresentou um coeficiente de ajuste de 98%. Assim tornou-se possível estimar para diversos períodos de retorno as precipitações máximas com duração de “um dia”, podendo até mesmo extrapolar informações para períodos de retorno maiores do que os contidos no intervalo desses dados.

$$p = (97,799) \log(Tr) + 59,599 \quad (3)$$

Depois de obtidas as alturas das chuvas para os períodos de 2 a 100 anos, estimou-se as prováveis intensidades máximas médias para todas as durações de chuva de 24 horas a 5 minutos, por meio da desagregação de chuva diária, sendo para tal procedimento utilizado os quocientes das relações de médias a nível nacional obtidos por CETESB (1979), explicitado em Tucci *et al.* (2004).

Ao obter as informações de alturas máximas para os períodos e durações pretendidos, gerou-se a equação IDF, para este município de Rondônia, por meio do estabelecimento das constantes - K, a, b e c - pelo método dos mínimos quadrados, para a equação IDF geral, Equação 4, que segundo Villela e Mattos (1975) é o modelo matemático mais utilizada para expressar a relação IDF da precipitação.

$$i_m = \frac{K.Tr^a}{(t+b)^c} \quad (4)$$

Onde:

$i_m$  – intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

K, a, b, c – parâmetros relativos à localidade.

### 2.3. Validação da Curva IDF

Na verificação da eficiência da equação IDF proposta por este estudo, utilizou-se o coeficiente de regressão ( $r^2$ ) de ajuste da função aos pontos e realizou-se um teste de hipótese - com nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,005 - para comprovar se os dados medidos diferem estatisticamente dos dados estimados pela função, sendo estabelecida como hipótese nula ( $H_0$ ) que tais dados sejam iguais e como hipótese alternativa ( $H_1$ ), que os mesmos diferem entre si. O critério de decisão foi baseado no valor-p, pois a hipótese de nulidade seria rejeitada para valor-p menor do que  $\alpha$ . Ressalta-se que em tais análises, houve a necessidade de transformar os dados para que os mesmo apresentassem distribuição normal com nível de significância igual ao especificado acima, a fim de atender os critérios para a validade de tais processos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se ao analisar os dados de precipitação máxima de “um dia” entre os anos de 1972 a 2010 do município de Guajará-Mirim (Figura 4), que os períodos que apresentaram maior magnitude de chuvas intensas foram 1987 e 2003, ambos com uma altura precipitada de 222 mm, e 1975, com 216,2 mm, sendo a frequência de retorno deste fenômeno estimada em aproximadamente 53 e 45 anos respectivamente, pela distribuição de Gumbel. A alta taxa de chuvas na região sul do

Brasil em períodos próximos a estes, foi apontado por Amorin *et al.* (2002), como decorrência do *El Niño*, assim existe a possibilidade deste mesmo fenômeno ter provocado indiretamente a proximidade em tais incidências no Estado de Rondônia, pois conforme o autor supracitado o fenômeno *El Niño* é caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico Equatorial (porção centro - oeste) e pelo enfraquecimento dos ventos alísios de leste, provocando alterações climáticas e prejuízos financeiros em várias partes do Globo.

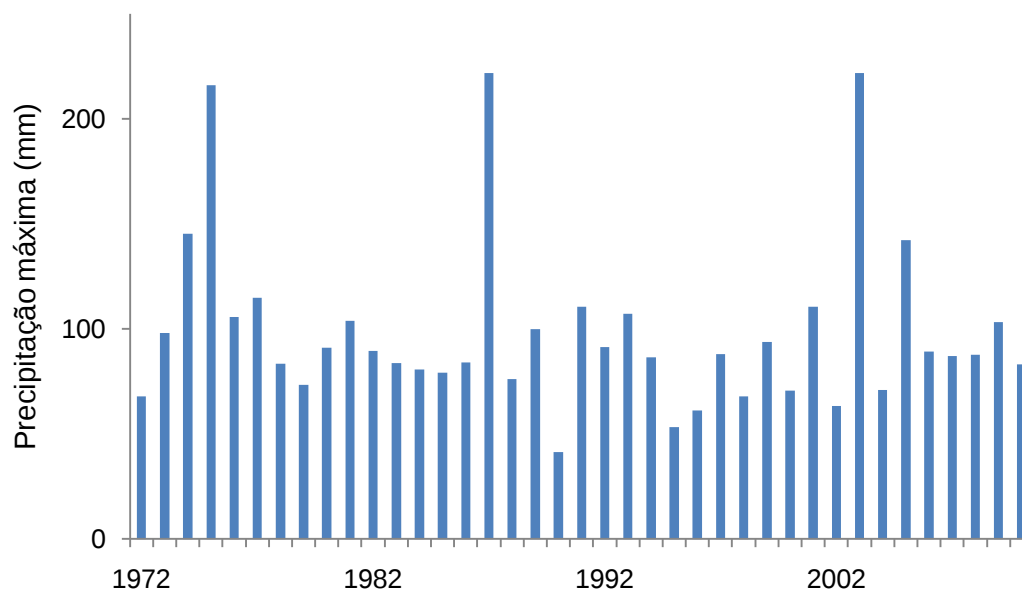


Figura 4. Série histórica da precipitação máxima de “um dia” por ano, para o município de Guajará-Mirim.

No entanto o ano de 1990 apresentou a menor precipitação da série histórica, sendo a mesma de 41,2 mm, o que pode denotar a presença de algum fenômeno climático que interferiu de forma expressiva na chuva deste ano, como o *La Niña*, que, segundo Cunha *et al.* (2001) provocou um período de estiagens prolongado na região sul do Brasil.

A altura precipitada no ano de 1990 não representou metade da média para o período estudado, que foi de 98,61 mm, justificando dessa maneira o alto valor encontrado para o desvio padrão da série, 41,08. Esta alta dispersão dos dados de precipitação, indicada pelo desvio padrão, também foi mostrada por Mehl *et al.* (2001), que ao caracterizar os padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria – RS, observou desvios padrões acima de 30 em precipitações com duração de 10 min.

Destaca-se ainda que o alto índice de precipitação observado nessa série histórica, exibida na Figura 4, é característico dos aspectos climáticas da região, pois segundo SEDAM (2009), a média anual da precipitação pluvial no Estado de Rondônia varia entre 1.400 a 2.600 mm/ano.

A equação confeccionada por este estudo, Equação 5, para estimar a intensidade das precipitações máximas utilizou-se como base durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 480, 600, 720 e

1440 min; e períodos de retorno do fenômeno de 2, 5, 10, 20, 100 anos. Logo a mesma apresentou uma grande faixa de aplicação, devido à amplitude dos intervalos, assim tal estimativa pode ser utilizada em várias obras hidráulicas.

$$i_m = \frac{(648,7276)Tr^{0,2414}}{(t+7,7563)^{0,6464}} \quad (5)$$

Na Figura 5 torna-se possível observar que a equação proposta apresenta o comportamento típico para as curvas IDF, ou seja, a intensidade é indiretamente proporcional a duração, como constata Pereira *et al.* (2007), para os estudiosos da área isso é uma conclusão normal observar que quanto menor for a duração da precipitação, maior é a intensidade média.

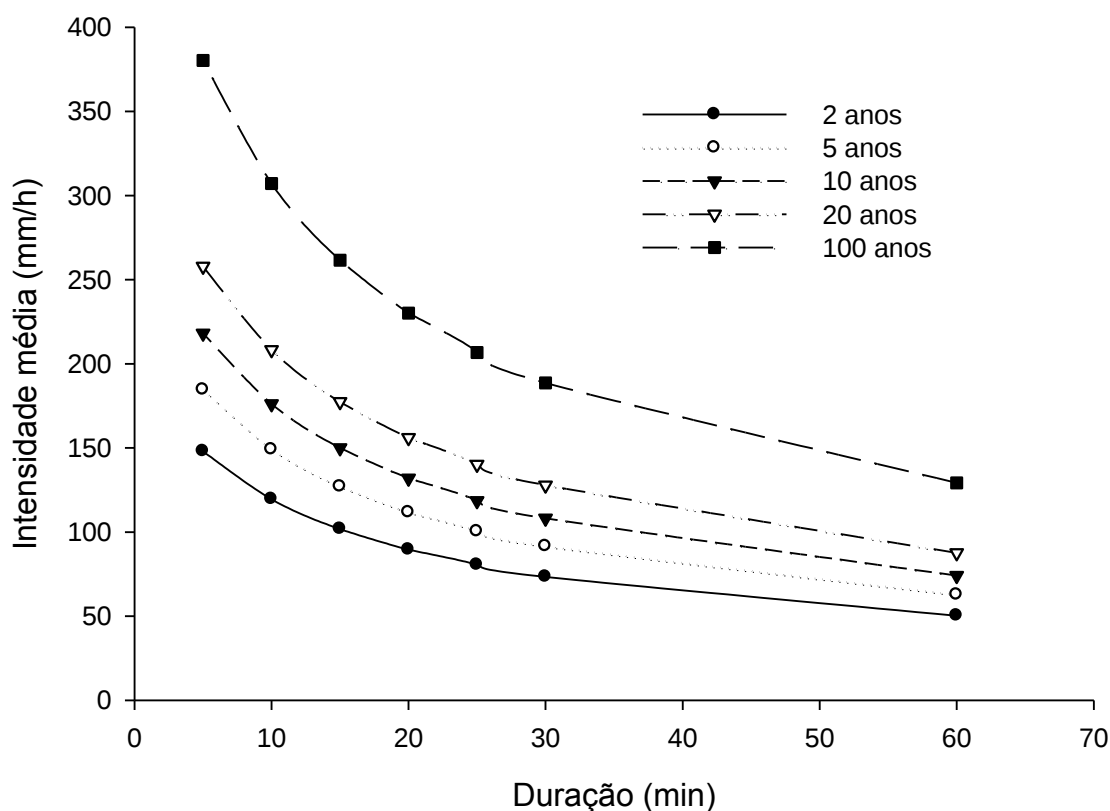


Figura 4. Curvas IDF do o município de Guajará-Mirim.

Ressalta-se, na Figura 5, que precipitações com durações de 5 min e períodos de retorno de 100 anos podem gerar intensidades de aproximadamente 380,3 mm/h e quando comparado a chuvas de mesma duração e Tr menores, como por exemplo 2 anos que possui uma intensidade de 180,2 mm/h, verifica-se uma relação diretamente proporcional entre a intensidade e o período de retorno, evidenciando dessa forma a diferença no uso do Tr para o dimensionamento de obras hidráulicas, que conforme o seu grau de complexidade, estas têm a magnitude do período de retorno aumenta,

pois conforme Beijo *et al.* (2005) projetos hidráulicos geralmente são concebidos considerando o custo mínimo, associado a um risco admissível de falha, requerendo a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude, tais como máximas vazões ou precipitações que podem vir a ocorrer em certa localidade.

Vale salientar que a Equação 5 apresentou um coeficiente de regressão de aproximadamente 0,991, indicando dessa forma que 99% da variação dos dados da intensidade são explicados pela variação da duração e período de retorno. Assim, o coeficiente de correlação ( $r$ ) desta estimativa encontra-se na faixa de aproximadamente 1, demonstrando, segundo Levin (1977) citado por Elias *et al.* (2009), que a relação de  $i_m$  é perfeitamente correlacionada de forma positiva com as outras duas variáveis.

Ao que confere o teste de hipótese demonstrou que não existem evidências estatísticas que comprovem que os dados estimados pela equação difiram dos dados medidos, pois obteve-se um valor-p de 0,299, sendo este maior que o nível de significância estipulado para o teste, portanto rejeitou-se a hipótese alternativa. Logo se observa que a extrapolação de dados para o período de 100 anos não causou distorções de grande magnitude que pudessem comprometer a estimativa desta equação, mesmo os dados disponíveis conterem  $T_r$  máximo de 53 anos. Assim sendo, pode se afirmar com 99,995% de confiança que Equação 5 é significativa para os dados utilizado, o que confirma a viabilidade do uso desta equação para os processos que a mesma se destina.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado confirma que a equação proposta para se estimar a intensidade das precipitações máximas é de grande aplicabilidade para o município, apresentando alto grau de correlação com as variáveis relacionadas, ou seja, com a duração e o período de retorno do fenômeno.

Essa constatação foi realizada a partir de análises estatísticas e de comparações com dados da literatura, sendo possível verificar também o alto grau de confiabilidade da curva IDF proposta para Guajará-Mirim, o que demonstra sua grande utilidade como subsídio no dimensionamento de obras hidráulicas.

#### BIBLIOGRAFIA

AMORIM, R.C.F.; RICIERI, R.P.; VIRGENS FILHO, J.S.; SILVA JÚNIOR, R.S.; GNOATTO, E. (2002). “*Determinação do período de retorno da precipitação pluviométrica por meio da distribuição de Gumbel para a região de Cascavel/PR*” in Anais XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002, pp. 72-76.

- BEIJO, L.A.; MUNIZ, J.A.; CASTRO NETO, P. (2005). “*Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I*”. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 3, pp. 657-667.
- CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; BERTOL, I. (1998). “*Análise de chuvas intensas a partir da Desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC)*”. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v.22, n.1, pp.131-140.
- CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; PRUSKI, F.F.; HOLLANDA, M.P.; PEZZOPANE, J.E.M. (2009). “*Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo*”. Ambi-Agua, Taubaté, v. 4, n. 3, pp. 82-92.
- CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. (2001). “*Influência do fenômeno ENSO sobre a cultura de trigo no Brasil*” in Anais XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E II REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, Fortaleza, 2001.
- ELIAS, Z.S.; LUIZ ALBERTON, L., VICENTE, E.F.R.; REBELLO, M.; BONIFÁCIO, R.C. (2009). “*Rateio dos custos indiretos: aplicação da análise de correlação e de regressão*”. Rev. de Con. do Mês. em Ci. Com. da UERJ (online), Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, pp. 50-66.
- GUMBEL, E.J. (2004). *Statistics of extremes*. Dover Publications, New York, 416 p.
- HERSFIELD, D. M.; KOHLER, M. A. (1960). “*An empirical appraisal of the Gumbel extreme value procedure*”. J. Geophys. Res., v. 65, n. 6, pp. 1737-1746.
- IBGE (2010). “*Cidades por Unidades Federativas*”. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 22 abr. 2011.
- MATOS NETO, C. E. A.; FRAGA, N. S. (1983) “*Equação de chuvas intensas para a cidade de Fortaleza*” in Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, Blumenau, 1983, 5, pp. 641-650.
- MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; DIDONÉ, I.A. (2001). “*Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS)*”. Rev. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 25, n. 1, pp. 475-483.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; BARBOSA, F. O. A.; ROMÃO, P. A.; CARVALHO, D. F. (2000). “*Estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades no estado de Goiás pelo método da desagregação de chuvas*”. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 30, n. 1, pp. 23-27.
- PEREIRA, C.E. SILVEIRA A.; SILVINO, A.N.O. (2007). “*Estudo de chuvas intensas e estimativa da equação IDF para a cidade de Barra do bugres – MT*” in Anais I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, Cuiabá, 2007.
- RIGHETTO, A.M. (1998). *Hidrologia e recursos hídricos*. São Carlos, Universidade de São Paulo, 840 p.
- RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) (2009). “*Boletim Climatológico de Rondônia – 2008*”. SEDAM, Porto Velho, 36 p.

SILVA, D.D.; PEREIRA, S.B.; PRUSKI, F.F.; GOMES FILHO, R.R.; LANASE, A.M.Q.; BAENA, L.G.N. (2003). “*Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins*”. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.11, n.1-4, pp.7-14.

TUCCI, C.E.M. et al. (2004). *Hidrologia Ciência e Aplicação*. Porto Alegre, UFRGS/ABRH, 943 p.

VILLELA S. M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hkill do Brasil, São Paulo, 245 p.