

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DE
PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM MATO GROSSO**

MARLUS SABINO

**PROF. DR. ADILSON PACHECO DE SOUZA
ORIENTADOR**

**Cuiabá - MT
Julho de 2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DE
PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM MATO GROSSO**

MARLUS SABINO

*Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Física
Ambiental, para obtenção do título de
Mestre em Física Ambiental.*

PROF. DR. ADILSON PACHECO DE SOUZA
ORIENTADOR

Cuiabá – MT
Julho de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S116i Sabino, Marlus.

INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA
EM MATO GROSSO / Marlus Sabino. -- 2018
65 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Adilson Pacheco de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de
Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Probabilidde. 2. Generalizada de valores extremos. 3. IDF. 4. Chuva de projeto.
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

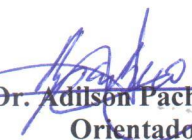
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

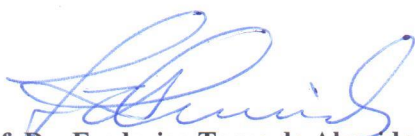
TÍTULO: INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO
MÁXIMA EM MATO GROSSO

AUTOR: MARLUS SABINO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 04 de julho de 2018, pela
comissão julgadora:

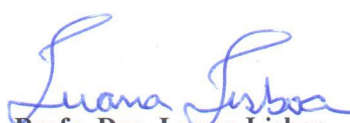

Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza
Orientador

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais
do Campus de Sinop/UFMT


Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida
Examinador Interno

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais
do Campus de Sinop/UFMT


Prof. Dr. Eduardo Morgan Uliana
Examinador Interno
Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais
do Campus de Sinop/UFMT


Profa. Dra. Luana Lisboa
Examinadora Externa
Companhia de Pesquisa de Recursos
Minerais - CPRM

DEDICATÓRIA

A minha mãe Adelina Kruger por seu amor incondicional.

A minha família pelo apoio em todas as minhas decisões.

A meus amigos por tornarem a caminhada mais divertida.

AGRADECIMENTOS

- ❖ Agradeço a Deus, em as suas formas, pela saúde, proteção e oportunidades;
- ❖ A minha amada mãe, Adelina Kruger por ser esse grande exemplo de vida, ensinando-me a sempre acreditar em minha capacidade, ter orgulho de quem sou e amar as pessoas ao meu redor;
- ❖ A minha irmã Marlete Sabino e aos meus irmãos Everson e Elizeu Sabino por estarem sempre de braços abertos para me receber quando preciso de abrigo das turbulências da vida, assim como, a meus sobrinhos, em especial Vitória Machado Sabino, por me fazer acreditar e lutar por um futuro melhor;
- ❖ Ao Prof. Adilson Pacheco de Souza e Profa Andréa Carvalho da Silva, por todo o ensinamento, não apenas acadêmico, mas também ético e moral, sendo sempre minha referência de pesquisador e docente.
- ❖ Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, Coordenador do Curso de Pós-Graduação, pelo empenho na criação e andamento do curso, bem como, pelos conselhos e incentivo;
- ❖ Aos amigos e colegas da Pós-Graduação, pelo apoio e companheirismo, em especial a Ana Clara Alves Justi, Anísio Alfredo da Silva Júnior, Jonh Billy da Silva, Kelly Sousa Romera, Luana Bouvié e Rayanna Costa Oliveira;
- ❖ Aos Integrantes do Grupo de Pesquisa Ambiente e Planta pelo companheirismo e oportunidade de crescimento pessoal e científico, em especial a Profa. Rafaella Teles Arantes Felipe, a Técnica Mariana Pizzatto e aos colegas Brena Geliane Ferneda, Charles Campoe Martim, Daniela Roberta Borella, Josiane Fernandes Keffer e Suzana Grassi Da Silva.
- ❖ A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso por compartilharem seus conhecimentos, contribuindo para esta pesquisa;
- ❖ Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido durante toda pesquisa;
- ❖ A Rede Hidrometeorológica Nacional (ANA/CPRM) por ter disponibilizado as séries históricas de precipitação.
- ❖ E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFO

“Foi o tempo que perdeste com tua rosa que fez tua rosa
tão importante”. — Antoine de Saint-Exupéry.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMÁTICA	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 PRECIPITAÇÃO	13
2.1.1 Métodos de Medição da Precipitação	15
2.2 ESTATÍSTICA APLICADA A HIDROLOGIA.....	18
2.2.1 Distribuições Teóricas de Probabilidade	19
2.3 EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	25
3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS	26
3.3 AJUSTE DAS DISTRIBUIÇÕES TEÓRICAS	27
3.4 EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA.....	27
3.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS EQUAÇÕES IDF	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 DESCRIÇÃO DAS CHUVAS INTENSAS NO ESTADO	34
4.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS CHUVAS INTENSAS	37
4.2.1 Ajuste da Distribuição Generalizada de Valores Extremo Para as Estações Pluviográficas do Estado de Mato Grosso	39
4.3 EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA PARA AS ESTAÇÕES PLUVIOGRÁFICAS DO ESTADO DE MATO GROSSO.....	43
5. CONCLUSÃO	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
7. ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Tipos de chuva.	14
FIGURA 2 – Esquema de um Pluviômetro Ville de Paris (A) e de um Pluviógrafo de boia (B) e detalhamento do método de acumulação de água e registro da precipitação do Pluviógrafo.	16
FIGURA 3 - Esquema de pluviógrafo de báscula.	16
FIGURA 4 – Parte de um pluviograma. A escala horizontal representa as horas do dia e a escala vertical a lâmina precipitada em mm.	17
FIGURA 5 - Funções densidade e acumulada de probabilidades de uma variável contínua.	20
FIGURA 6 - Biomas do Estado de Mato Grosso, Brasil, e localização das estações pluviográficas avaliadas. Identificação numérica de acordo com a Tabela 2.	26
FIGURA 7 - Curvas de Intensidade de precipitação máxima para diferentes períodos de retorno, ajustados por meio das equações IDF para os postos pluviográficos dos biomas Amazônia e Ecótono dos Biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal, no Estado de Mato Grosso.	48
FIGURA 8 - Curvas de Intensidade de precipitação máxima para diferentes períodos de retorno, ajustados por meio das equações IDF para os postos pluviográficos do bioma Cerrado, no Estado de Mato Grosso.	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Intensidades mínimas de chuva a serem consideradas como chuvas intensas no processamento de dados de precipitação para diferentes durações.....	21
TABELA 2 -Estações pluviográficas, pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA), utilizadas no estudo, localizados no Estado do Mato Grosso, Brasil.	25
TABELA 3 - Funções de Distribuição de Probabilidade de variáveis contínuas e seus respectivos parâmetros de ajuste.	28
TABELA 4 - Médias e desvio-padrão, em mm h^{-1} , das séries anuais de intensidades máximas médias de precipitação pluvial com duração de 10 a 1440 minutos, para as estações pluviográficas localizadas no Estado de Mato Grosso.	35
TABELA 5 - Valores dos parâmetros ajustados K , σ e μ , do modelo de distribuição teórico Generalizado de Valores Extremos, e intensidade de precipitação provável (mm h^{-1}), para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.	39
TABELA 6 – Parâmetros calibrados para equações de intensidade máxima média de precipitação pluvial (i), em mm h^{-1} , em função do período de retorno (T), em anos, e da duração da precipitação (t), em minutos, para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.....	44
TABELA 7 - Desempenho das estimativas de intensidade de precipitação máxima média anual, para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.....	45
TABELA 8 – Estatística Descritiva para os parâmetros das Equações IDF nos Biomas do Estado de Mato Grosso.	46

RESUMO

SABINO, M. **Intensidade-Duração-Frequência de Precipitação Máxima em Mato Grosso**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

Este trabalho tem por objetivo a obtenção das equações de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de precipitação máxima para 14 estações pluviográficas no Estado de Mato Grosso, pertencentes a rede hidrometeorológica nacional. Os pluviogramas diários de cada estação foram digitalizados e, posteriormente, determinaram-se as séries de intensidade máximas anuais de chuva com duração de 10 a 1440 min. A partir das séries anuais foram testadas 33 modelos de distribuição de probabilidade, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 20 % de significância, para verificar a melhor representação das intensidades de chuva máxima no Estado. Por meio da distribuição com melhor ajuste foram calculadas as chuvas máximas prováveis com durações variando de 10 a 1440 min., considerando-se os tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos. O desempenho das equações IDF em estimar a intensidade de precipitação máxima foi com o Erro Quadrático Médio (MAE), raiz do erro quadrático médio (RSME), Viés, índice de concordância de Willmott (d) e o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (ENS). A distribuição com melhor aderência para as estações pluviográficas do Mato Grosso, em diferentes durações de chuva, foi a Generalizada de Valores Extremos (GEV). Em cada estação pluviográfica foram ajustadas as equações IDF de chuvas, para duração de 10 a 360 min devido à baixa frequência de chuvas com duração superior. Observou-se grande variação na intensidade máxima da chuva e dos parâmetros ajustados da equação IDF entre as estações estudadas. O bom desempenho dos modelos estatísticos, conforme atestados pelas estatísticas empíricas, permitem a utilização das equações IDF ajustadas para as durações de 10 a 360 min e tempo de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos, nas regiões das estações pluviográficas do Estado do Mato Grosso.

Palavras-chave: Probabilidade, Generalizada de valores extremos, IDF; Chuva de projeto.

ABSTRACT

SABINO, M. **Intensity-Duration-Frequency of Maximum Rainfall in the State of Mato Grosso**. 65 f. Dissertation (Master's Degree in Environmental Physics) – Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

This paper aims to obtain the Intensity-Duration-Frequency (IDF) equations of maximum rainfall for 14 rainfall stations in the State of Mato Grosso, belonging to the national hydrometeorological network. The daily pluviograms of each station were digitized and, later, the annual maximum rainfall intensity series were determined with a duration of 10 to 1440 min. From the annual series, 33 probability distribution models were tested by the Kolmogorov-Smirnov test at a 20% significance level to verify the best representation of maximum rainfall intensities in the State. By means of the best fit distribution, the probable maximum rains were calculated with durations varying from 10 to 1440 min, considering the return times of 2, 5, 10, 20, 30, 50 and 100 years. The performance of the IDF equations in estimating the maximum precipitation intensity was with the Mean Square Error (MAE), Mean Square Error Root (RSME), Bias, Willmott's Concordance Index (d), and the Nash-Sutcliffe Efficiency Index (ENS). The distribution with better adhesion to the rainfall stations of Mato Grosso, in different rainfall durations, was the Generalized of Extreme Values (GEV). Rainfall IDF equations were adjusted for each rainy season for a duration of 10 to 360 min due to the low frequency of rainfall with a longer duration. It was observed a great variation in the maximum rainfall intensity and the adjusted parameters of the IDF equation between the stations studied. The good performance of the statistical models, as attested by the empirical statistics, allows the use of IDF equations adjusted for the durations of 10 to 360 min and return time of 2, 5, 10, 20, 30, 50 and 100 years in the regions of the pluviographic stations of the State of Mato Grosso.

Keywords: Probability, Generalized extreme values, IDF; Project rain.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

As chuvas intensas ou precipitações máximas, são uma das variáveis meteorológicas mais importantes na realização de estudos climáticos, pois são capazes de gerar volumes significativos de água em pequenos intervalos de tempo, podendo provocar danos socioeconômicos, prejuízos ambientais, além de, riscos a vida.

O conhecimento das grandezas que caracterizam uma precipitação pluvial máxima, relacionando a intensidade, duração e a frequência, portanto, apresenta grande interesse de ordem técnica nos projetos de obras hidráulicas como vertedouros de barragens, canais de terraços, drenagem agrícola, urbana e rodoviária, desvio de cursos d'água, práticas mecânicas de controle de erosão hídrica, dentre outros.

A forma mais aceita para caracterização da precipitação pluvial máxima é por meio da equação de intensidade-duração-frequência (IDF), obtida a partir de dados pluviográficos das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo dos eventos extremos da região em estudo. As principais dificuldades para a obtenção das equações de chuvas intensas, dessa forma, decorrem de limitações referentes a disponibilidade de dados, tanto em termos de densidade de rede pluviográfica, como em relação ao pequeno período de observação disponível.

No Brasil, apesar da grande rede pluviográfica, concentra suas séries históricas de dados de precipitação nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste, havendo poucas informações para diversos Estados do país, como é o caso do Mato Grosso. Aliado a falta de informações históricas referentes a precipitação, o Estado do Mato Grosso ainda apresenta uma grande extensão territorial, comportando 3 diferentes Biomas: o Cerrado, o Pantanal e a Amazônia, com características pluviométricas distintas.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Estado do Mato Grosso apesar de apresentar nas últimas décadas um intenso processo de mudanças do uso e ocupação do solo, em razão, principalmente, da crescente urbanização, da expansão das fronteiras agrícolas e implantação de usinas hidroelétricas, ainda não possui, em grande parte dos municípios, a definição das equações de chuvas intensas determinadas por meio de análise de pluviogramas. Os trabalhos realizados até o momento, são baseados em processos de desagregação de dados pluviométricos diários.

Assim, esse trabalho objetiva calibrar e avaliar o desempenho estatístico de equações de intensidade-duração-frequência para 14 estações pluviográficas no Mato Grosso, localizadas nos biomas Cerrado, Amazônia e transição Cerrado-Amazônia-Pantanal.

Os objetivos específicos do trabalho contemplam: a) Definir as precipitações máximas anuais médias para os tempos de duração de chuva de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 e 1440 minutos; b) Verificar quais distribuições teóricas de probabilidade se ajustam aos dados de chuvas intensas, em diferentes durações de chuva, para as estações do Estado de Mato Grosso; c) Estimar as intensidades de precipitação, nas diferentes durações de chuva, para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos por meio das curvas IDF.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PRECIPITAÇÃO

A precipitação pode ser definida como a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob a forma de chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada. Este fenômeno origina-se de nuvens e nevoeiros, formados devido a ascensão da massa de ar, que ao resfriar-se, até seu ponto de saturação, ocasionam a condensação do vapor de água.

A deposição de gotículas d'água sobre núcleos de condensação, como o gelo, a poeira ou outras partículas, em geral, por coalescência natural, causa o crescimento das gotas que, caso atinjam peso suficiente para perder sustentação, precipitam (VAREJÃO SILVA, 2000).

A presença de áreas de floresta, como a Amazônica, no estado do Mato Grosso apresenta ainda importância na formação de chuvas, pois, segundo os estudos de Claeys et al. (2004) e Wang et al. (2016), a floresta, em seu metabolismo, naturalmente emite VOCs (gases conhecidos como compostos orgânicos voláteis), entre eles terpenos e isoprenos, como os 2-metiltreitol e 2-metileritritol, considerados importantes núcleos de condensação. Por outro lado, conforme apontado por Andreae et al. (2004) e Davidson et al. (2012), a prática de queimadas nas florestas do Estado são responsáveis por lançar na atmosfera partículas de fumaça que reduzem o tamanho das gotas de chuva impedindo sua precipitação.

Dentre as diversas formas de precipitação, as chuvas são consideradas como um tipo de precipitação líquida, podendo ainda, ser classificada como:

1. Convectivas: São formadas por massas de ar quente e úmido, na superfície do solo, que ascendem e sofre resfriamento provocando a condensação, e, conseqüentemente, a precipitação. São características deste tipo de precipitação a curta duração, alta intensidade e pequena área de abrangência do evento (KUO; ORVILLE 1973) (FIGURA 1).

2. Frontais: Originada do encontro de massas de ar com diferentes características de temperatura e umidade. Nesse processo ocorre a “convecção forçada”, com a massa de ar quente e úmida se sobrepondo à massa fria e seca. Com a massa de ar quente e úmida se elevando, ocorre o processo de resfriamento adiabático, com condensação e posterior precipitação. Este tipo de precipitação é caracterizado

por ter menor intensidade e longa duração, durando vários dias, em grandes áreas simultaneamente (KOUSKY, 1979) (FIGURA 1).

3. Orográficas: São chuvas, caracterizadas pela longa duração e baixa intensidade, provenientes de uma massa de ar quente e úmido que se movimenta em paralelo a superfície até encontrar alguma barreira do relevo, como montanhas, provocando à elevação forçada do ar, que se esfria causando a condensação do vapor de água (OLIVER; HIDORE, 2002) (FIGURA 1).

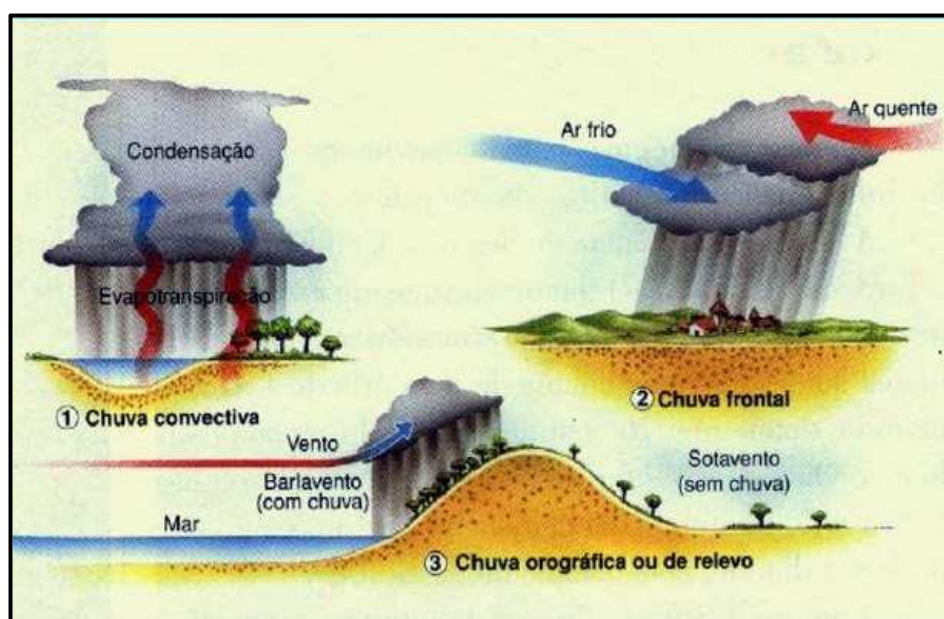


FIGURA 1 - Tipos de chuva.

FONTE: Forsdyke (1978).

No estado do Mato Grosso o regime pluviométrico é governado por sistemas meteorológicos de larga escala, como a atuação da Alta da Bolívia (AB), da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e do Sistema Equatorial, Sistema Tropical Continental (STC), Sistema Tropical Atlântico (STA) e Sistema Polar Atlântico (SPA) (NIMER, 1972; ALVES, 2009).

Os eventos de precipitação causados pelos sistemas AB, a ZCIT, a ZCAS, o STC e o STA originam-se, principalmente, devido ao forte aquecimento superficial que provoca a ascensão adiabática de massas de ar úmido provenientes do oceano e da evapotranspiração da floresta amazônica, gerando dessa forma, a formação de nuvens

e precipitações do tipo convectivas (NIMER, 1972; RAO et al. 1996; GAN et al., 2004; ALVES, 2009). As precipitações causadas por esses sistemas atmosféricos iniciam-se durante a primavera (setembro-novembro) sendo a intensidade máxima de chuva durante o verão (dezembro-fevereiro) (NIMER, 1972; GAN et al., 2004)

Apesar de grande parte dos eventos pluviométricos no Estado serem do tipo convectivo e ocorrerem na primavera e verão, a incursões de massas de ar frio e úmido da frente polar (SPA), é responsável por provocar brusca alteração nas variáveis meteorológicas, como quedas da temperatura, aumento da umidade relativa do ar (NIMER, 1972; SELLUCHI, 2009) e precipitações do tipo frontal nas regiões ao sul e sudoeste do Mato Grosso. As incursões da SPA, denominadas friagens, ocorrem em baixas frequências por ano compreendido, entre os meses de maio a agosto (FISCH, 1995) podendo prolongando-se por, em média, 3 dias sucessivos (SELLUCHI, 2009), contudo, essas massas de ar nem sempre apresentam precipitações durante sua passagem.

2.1.1 Métodos de Medição da Precipitação

A coleta de dados de precipitação pluvial pode ser realizada por intermédio de aparelhos de leitura direta ou registradores, como os pluviômetros e os pluviógrafos. Esses aparelhos, quando instalados em estações convencionais, permitem medir a altura de água precipitada em uma determinada área de influência, em determinadas escalas de tempo (VAREJÃO SILVA, 2000), necessitando, contudo, a presença diária de um operador para coletar os dados medidos. Por outro lado, em estações automáticas a coleta de dados é totalmente automatizada, visto que, nestas estações, os aparelhos funcionam com a emissão de sinais elétricos e posterior captação dos sinais por um sistema de aquisição de dados (Datalogger), possibilitando seu armazenamento e processamento de maneira informatizada.

O pluviômetro é um instrumento receptor que recolhe e armazena água para posterior medição da altura de água precipitada. São constituídos de um reservatório cilíndrico, um receptor cilíndrico-cônico sobreposto ao reservatório e uma proveta graduada para medir diretamente a água coletada. A coleta é feita geralmente uma ou duas vezes ao dia em horários determinados conforme o tipo de estação, portanto, não dispõe de informação temporal do acontecimento da chuva no dia (FIGURA 2a).

O pluviógrafo analógico de boia (FIGURA 2b) é um aparelho registrador automático, dotado de um mecanismo de relojoaria, que imprime um movimento de rotação a um cilindro no qual é fixado um papel graduado, e onde uma pena traça a linha que define o nível de água no reservatório (FIGURA 2c), permitindo assim, determinar a altura e o tempo de duração da chuva, ou a sua intensidade (FIGURA 4).

Os pluviógrafos de báscula são sensores eletrônicos de registro da precipitação usados em estações automáticas. O equipamento consiste em uma báscula dividida em dois compartimentos, dispostos em sistema de gangorra, de tal maneira que, quando um deles se enche, a báscula move-se, esvaziando-o e deixando outro em posição de enchimento ao mesmo tempo que aciona um componente magnético que gera pulsos transmitidos ao registrador Datalogger (FIGURA 3).

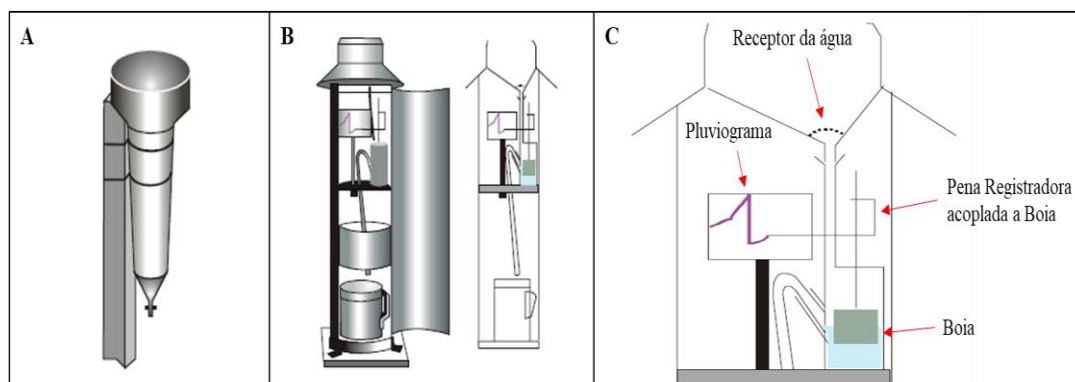


FIGURA 2 – Esquema de um Pluviômetro Ville de Paris (A) e de um Pluviógrafo de boia (B) e detalhamento do método de acumulação de água e registro da precipitação do Pluviógrafo.

FONTE ADAPTADA: Varejão Silva (2000).

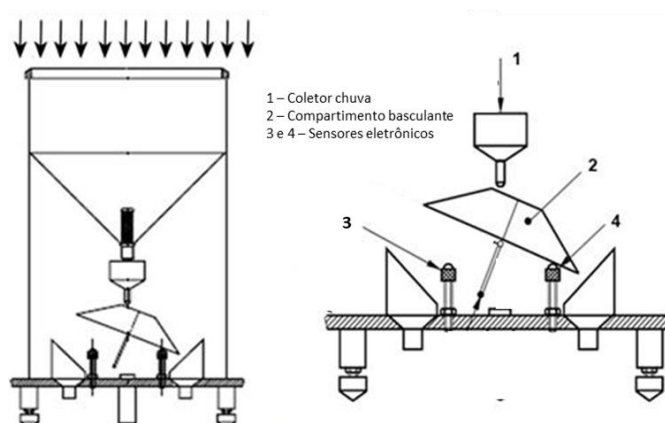


FIGURA 3 - Esquema de pluviógrafo de báscula.

Fonte: Méndez et al. (2013)

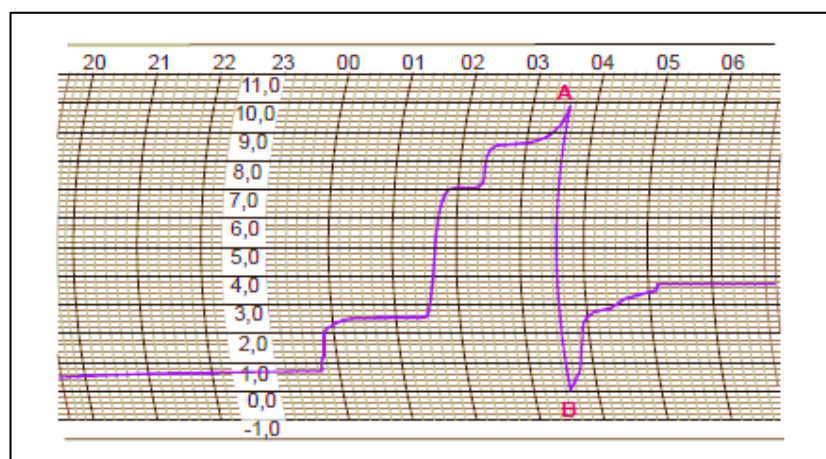


FIGURA 4 – Parte de um pluviograma. A escala horizontal representa as horas do dia e a escala vertical a lâmina precipitada em mm.

FONTE: Varejão Silva (2000).

A partir de uma série de dados obtidos de pluviômetros e pluviógrafos é possível extrair parâmetros hidrológicos que caracterizam a precipitação, como: i) altura pluviométrica (P), representada pela lâmina de água de chuva que recobriria a região atingida por ela, admitindo-se que essa água não se infiltrasse, evaporasse ou escoasse fora dos limites da região (mm,); ii) duração (t), consiste no período de tempo que dura a chuva (h ou min); iii) intensidade, caracteriza o quociente entre altura pluviométrica e a duração da chuva (mm h^{-1} , mm min^{-1}); iv) período de retorno (TR), interpretado como o número médio (em anos) esperado para que a precipitação analisada seja igualada ou superada.

O período de retorno, TR, não se refere, contudo, a um “tempo cronológico” e sim a uma medida da tendência central dos ‘tempos cronológicos’, ou seja, o tempo de retorno associado a um certo acontecimento corresponde ao número médio de anos necessários para que o acontecimento ocorra e é igual ao inverso da frequência, ou probabilidade, de que esse acontecimento possa ocorrer num ano qualquer do período (EQUAÇÃO 1).

$$TR = \frac{1}{P}$$

Equação 1

em que: TR é período de retorno (anos); e P é probabilidade a qual um evento é igualado ou superado.

A determinação do período de retorno depende dos riscos sócio-econômico-ambientais do projeto. Em projetos de contenção, com alto risco, como barragens, é comum adotar-se tempos de retorno de 1000 a 10000 anos (FREITAS et al., 2001), assim como, caso de obras de canalização de cursos d'água de pequenas bacias de drenagem, controle de inundação e projetos hidroagrícolas, cujo tempo de vida e riscos são menores, utilizam-se tempos de retorno usualmente variando de 5 a 50 anos (WILKEN, 1978; EUCLYDES, 1987).

2.2 ESTATÍSTICA APLICADA A HIDROLOGIA

Uma vez que o comportamento exato da precipitação em anos futuros não pode ser absolutamente previsto, recorre-se ao uso de modelos de probabilidade, como a análise de frequência, para, dessa forma, definir a relação entre as precipitações máximas e suas frequências de ocorrência, a partir de uma série de dados observados (NAGHETTINI; PINTO, 2007). A suposição básica ao se adotar um modelo de distribuição é de que as precipitações verificadas durante um determinado período possam ocorrer em um período futuro de grandezas similares, isto é, com uma expectativa de repetição (CHOW et al., 1988).

A análise de frequência consiste na avaliação do número de vezes que o evento observado, em uma série de dados, é igual ou superior a determinado valor de referência, sendo, comumente calculada pelos métodos Califórnia (EQUAÇÃO 2) ou Kimbal (EQUAÇÃO 3).

$$F = \frac{m}{n} \quad \text{Equação 2}$$

$$F = \frac{m}{n+1} \quad \text{Equação 3}$$

em que: F é frequência no qual um evento de ordem “m” foi igualado ou superado; m é a ordem do evento (número de vezes que uma precipitação da mesma altura ocorreu ou foi ultrapassada em “n” anos); e n é o número de anos de observações da série.

A análise de frequência fornece uma boa estimativa da probabilidade de um evento ser igualado ou superado, pelo menos uma vez, dentro do período de retorno

menor ou igual ao de anos da série. Contudo, para averiguar se poderão ou não ocorrer valores de magnitude de chuvas além dos contidos numa dada série, e/ou a probabilidade de um evento para períodos de retorno maiores do que os anos de dados da série, é necessário obter, de algum modo, o padrão completo de variabilidade da variável a que se refere a base de dados. A limitação do uso de séries finitas pode ser resolvida, assim, por meio de tratamentos estatísticos como as funções teóricas de distribuição de probabilidade.

2.2.1 Distribuições Teóricas de Probabilidade

Para o tratamento estatístico de variáveis hidrológicas, como a precipitação, é importante a conceptualização de que a chuva é um processo estocástico e dessa forma governado pela lei da aleatoriedade, além de, ser um fenômeno que se desenvolve no tempo e no espaço de forma contínua, isto é, podendo assumir qualquer valor numérico aleatório real em um dado intervalo. Assim, a fim de modelar eventos de precipitação é necessário a adoção de métodos que descrevam variáveis em frequências aleatórias, utilizando-se da aplicação das teorias probabilísticas (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Conforme a teoria da probabilidade uma variável aleatória é uma função X que associa um valor numérico a cada resultado de um experimento (AZEVEDO, 2016). Embora diferentes resultados do experimento possam compartilhar o mesmo valor associado a X , há um único valor numérico da variável aleatória, associado a cada resultado. Se a variável aleatória X pode assumir qualquer valor real, ela é do tipo contínuo e, nesse caso, a função que indica com que probabilidade a variável X assume o valor do argumento x é denominada função densidade de probabilidade (FDP) (NAGHETTINI; PINTO, 2007; AZEVEDO, 2016).

A FDP é uma função não negativa, denotada por $f_X(x)$, e representa uma curva, com intervalos de classe tendendo a zero, cujo eixo das abscissas expressa a magnitude do evento (intensidade de chuva) e o eixo das ordenadas a frequências ou probabilidade de o evento de tal magnitude ocorrer, de modo que, para o exemplo da FIGURA 5a, o ponto “c” é caracterizado como um evento com maior magnitude e menor probabilidade quando comparado ao ponto “b”.

A função $f_X(x_0)$ não fornece, contudo, a probabilidade de X para o argumento x_0 , uma vez que, para o caso da FIGURA 5a, os pontos “a” e “c” apresentariam a

mesma probabilidade, mas diferentes magnitudes. A fim de verificar qual a probabilidade associada a um evento de determinada magnitude é necessário se utilizar da função acumulada de probabilidade (FAP), obtida por meio da integração da FDP, conforme EQUAÇÃO 5.

$$f(x) = \int_{-\infty}^x fX(x)dx \quad \text{Equação 4.}$$

A função acumulada de probabilidades (FAP) de uma variável aleatória contínua X , por $FX(x)$, fornece, de tal modo, a probabilidade de não superação do argumento x , ou seja, $P(X \leq x)$. De modo que, a partir da FAP podemos inferir, para o exemplo da FIGURA 5b, que a probabilidade acumulada de não superação associada ao evento “c” é maior do que a do evento “a”.

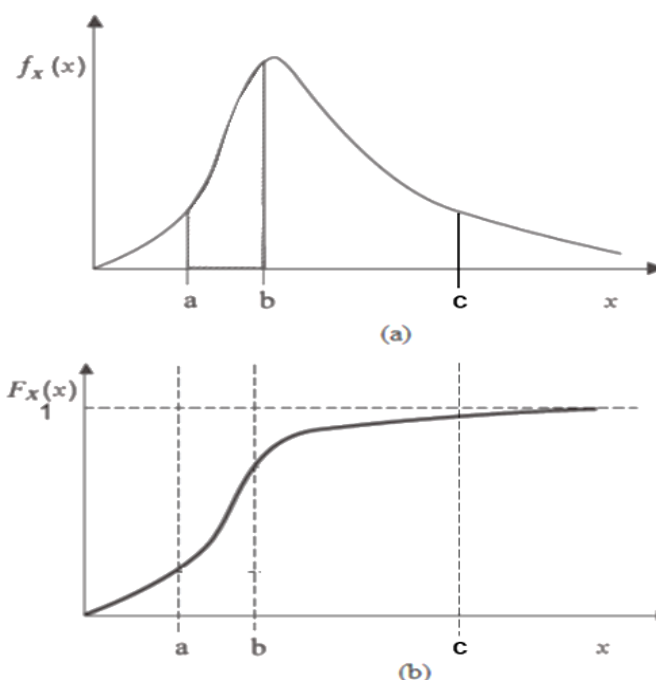


FIGURA 5 - Funções densidade e acumulada de probabilidades de uma variável contínua.

FONTE ADAPTADA: Naghettini; Pinto (2007).

Devido a gama de funções de distribuição de probabilidade associadas a variáveis aleatórias contínuas, diversas funções de distribuição de probabilidade têm sido utilizadas em estudos de precipitação como a distribuição Pearson tipo III

(BACK, 2006; SILVA et al., 2002); log-Pearson tipo III (BACK, 2006; SILVA et al., 2002); distribuição de Extremos Generalizada (“Generalized Extreme Value” - GEV) (QUADROS et al., 2011; ALVES et al., 2013); distribuição de Gumbel (BACK, 2006; SILVA et al., 2002; RODRIGUES et al., 2008); Fréchet (SANSIGOLO, 2008); Weibull (SANSIGOLO, 2008); Log-Normal (SILVA et al., 2002), dentre outras.

2.3 EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

As chuvas intensas, também conhecidas como chuvas máximas, são eventos de ocorrência extrema, caracterizados por produzir elevada lâmina precipitada em um curto intervalo de tempo (SILVA et al., 2003), sendo, conforme classificação de Wilken (1978), considerado um evento extremo toda chuva cuja intensidade, para determinada duração, seja superior aos apresentados na TABELA 1.

TABELA 1: Intensidades mínimas de chuva a serem consideradas como chuvas intensas no processamento de dados de precipitação para diferentes durações.

Duração (min)	Intensidade (mm h⁻¹)	Duração (min)	Intensidade (mm h⁻¹)
10	72,0	120	15,0
20	51,0	180	11,0
30	40,0	240	8,0
60	25,0		

Fonte: Wilken (1978)

Devido à sua alta intensidade, frequentemente, esses tipos de eventos podem causar grandes prejuízos sociais, ambientais e econômicos, seja pelo impacto da erosão no solo, pelas inundações de áreas urbanas e rurais, perda de safras e nutrientes, assoreamento e poluição dos cursos hídricos, problemas em reservatórios, destruição de barragens, dentre outros (SILVA et al., 2003; ARAÚJO et al., 2008; CECÍLIO et al., 2009).

Devido aos riscos associados a ocorrência de chuvas intensas o conhecimento sobre esses eventos é fundamental no planejamento de práticas de conservação do solo e água, manejo de bacias hidrográficas e no dimensionamento de estruturas hidráulicas, tais como: barragens, vertedouros, terraços, drenos, bacias de contenção, entre outras (OLIVEIRA et al., 2005; CECÍLIO et al., 2009; MELLO; VIOLA, 2012).

A principal forma de caracterização de chuvas intensas é feita através das equações intensidade-duração-frequência (IDF), que relacionam a duração, intensidade e a probabilidade da intensidade máxima ser igualada ou superada durante um determinado período, representadas na forma da EQUAÇÃO 5. Estas equações são uma das ferramentas mais utilizadas nos trabalhos de engenharia relacionadas a recursos hídricos (KOUTSOYIANNIS et al., 1998).

$$i = \frac{K \times TR^a}{(t+b)^c} \quad \text{Equação 5.}$$

em que: i é a intensidade máxima média, em mm h⁻¹; TR é o período de retorno, em anos; t é o tempo de duração da chuva, em minutos; e K , a , b e c são os coeficientes locais ajustados.

O ajuste das equações IDF para chuvas intensas é realizada de forma local com o uso de uma base de dados pluviográficos (MELLO; SILVA, 2013), constituindo, assim, uma série de registros históricos de precipitação durante um período suficientemente longo e representativo dos eventos extremos da região (TUCCI, 2012).

O ajuste das curvas IDF pode ser resumido em algumas etapas:

- ❖ O ajuste inicia-se com a construção, a partir dos pluviogramas, de séries anuais contendo os maiores eventos de chuva, em diferentes durações, que em geral variam de 10 até 1440 minutos.
- ❖ Terminada a coleta dos dados, para cada duração escolhida, é ajustada uma distribuição teórica de probabilidade, geralmente aplicada a de eventos extremos.
- ❖ Por meio da função densidade de probabilidade da distribuição teórica ajustada aos dados de intensidade de chuva, nas diferentes durações, são determinadas as intensidades de precipitação máxima associadas a diversos períodos de retorno.
- ❖ Por fim com as intensidades de precipitação provável (i), associadas as diferentes durações de chuva (t) e seus períodos de retorno (TR), são

ajustados os parâmetros “k”, “a”, “b” e “c” da EQUAÇÃO 5, utilizando a técnica de ajuste não linear de Gauss-Newton.

No Brasil, os primeiros estudos a ajustar equações IDF a partir de pluviógrafos foram desenvolvidos por Pfafstetter (1957) e Denardin; Freitas (1982) para 80 estações pluviográficas distribuídas para todo o país (SILVA, 2002; CAMPOS, 2014; ALMEIDA, 2017). Apesar da importância das curvas IDF foram apenas nas últimas décadas que a maioria dos trabalhos que buscam estabelecer equações foram realizados, podendo ser citados os trabalhos nos estados de Minas Gerais (PINTO 1995; FREITAS et al., 2001), Rio de Janeiro (SILVA et al., 1999), Espírito Santo (SILVA et al., 1999; FREITAS et al., 2001), Bahia (FREITAS et al., 2001; SILVA et al., 2002), Paraná (FENDRICH, 2003), Tocantins (SILVA et al., 2003); Santa Catarina (BACK, 2006) e Mato Grosso do Sul (NÓIA, 2013).

No tocante à extensão da série de dados pluviográficos, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) recomenda a utilização de série histórica de no mínimo 30 anos. Entretanto, decorrente da dificuldade de obtenção dos dados pluviográficos, a maioria dos estudos, no Brasil, são conduzidos com séries históricas inferiores à recomendada (SILVA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2012). O Estado de Mato Grosso é um dos que apresentam uma grande carência de estações pluviográficas que apresentem uma série histórica conforme recomendação da OMM, contudo, devido a importância da determinação de chuvas intensas nos projetos hidráulicos, faz-se necessário o ajuste de equações IDF para séries com menos de 30 anos de dados a fim de suprir a falta de informação existente no Estado.

Algumas metodologias foram desenvolvidas no Brasil para a obtenção de chuvas de menor duração a partir de registros pluviométricos diários, por existir uma vasta rede pluviométrica instalada. O método se dá pelo emprego de coeficientes multiplicativos que buscam a desagregação de chuva de 24 horas em durações menores (OLIVEIRA et al., 2005). No Mato Grosso, Fietz et al. (2010), ajustaram equações IDF para 151 postos pluviométricos por meio do método de desagregação de chuva, contudo, como os coeficientes utilizados na desagregação não foram calibrados às características pluviométricas do Estado existem erros associados às estimativas de intensidade de precipitação pelo método.

No Mato Grosso os poucos trabalhos com ajuste de curvas IDF com base em dados pluviográficos são os de Denardin; Freitas (1982) e Alves et al. (2013), ambos no município de Cuiabá. Dessa maneira, ainda existe demanda de estudos relacionados a estimativa de chuvas intensas no Estado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O Estado de Mato Grosso, localizado entre as coordenadas 06°00' S, 19°45' S e 50°06' W, 62°45' W, apresenta uma grande extensão territorial, com área de 903.202.446 km², que representa 56,23 e 10,61% do território do Centro-Oeste e do Brasil, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2017).

Climaticamente o Estado apresenta duas estações bem definidas: período chuvoso, de outubro a abril; e o seco, de maio a setembro. As temperaturas médias mensais variam entre 23,00 °C e 26,84 °C e a precipitação anual total varia de 1.200 a 2.000 mm, com níveis mais altos no norte e leste-norte, e em regiões com altitudes próximas a 800 m. O clima predominante é classificado como Aw (clima de savana tropical) e como Cwa (clima tropical), de acordo com Köppen (SOUZA et al., 2013).

Os dados utilizados no estudo foram obtidos de pluviógrafos pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA) localizados em catorze municípios (TABELA 2), dos quais, quatro estão inseridos no Bioma Amazônia (mesorregião norte do Estado), três na transição dos biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal (mesorregião sudoeste do Estado) e sete no bioma Cerrado (mesorregião sudeste) (SILVEIRA; D'HORTA, 2002; PIRES; PIERANGELI, 2011; IBGE, 2013) (FIGURA 6).

TABELA 2 -Estações pluviográficas, pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA), utilizadas no estudo, localizados no Mato Grosso, Brasil.

Código da Estação	Nome da Estação	Município	Lat.	Log.	Alt.	Série de Dados
Bioma Amazônia (Mesorregião Norte)						
00956001	1 - Jusante Foz Peixoto de Azevedo	Alta Floresta	-9,64	-56,02	290	2002-2012
00956000	2 - Alta Floresta	Alta Floresta	-9,87	-56,10	400	2000-2010
01059000	3 - Humboldt	Aripuanã	-10,18	-59,45	242	2002-2012
01157000	4 - Porto dos Gaúchos	Porto dos Gaúchos	-11,54	-57,42	260	2000-2011
Ecótono dos Biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal (Mesorregião Sudoeste)						
01559006	5 - Mato Grosso	Villa Bela da Santíssima Trindade	-15,01	-59,95	209	2002-2005 / 2007-2012
01559000	6 - Pontes e Lacerda	Pontes e Lacerda	-15,22	-59,35	236	2001-2010

01558005	7 - Porto Esperidião	Porto Esperidião	-15,85	-58,47	166	2001-2010
Bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste)						
01454000	8 – Paranatinga	Paranatinga	-14,42	-54,05	484	2000-2010
01452000	9 – Xavantina	Nova Xavantina	-14,67	-52,35	263	2001-2003 / 2007-2010
01654000	10 –Rondonópolis	Rondonópolis	-16,47	-54,66	220	2000-2010
01652001	11 - Ponte Branca	Ponte Branca	-16,77	-52,84	380	2000-2012
01653004	12 - Alto Garças	Alto Garças	-16,94	-53,53	564	2000-2012
01753000	13 - Alto Araguaia	Alto Araguaia	-17,30	-53,22	659	2000-2012
01853000	14 - Fazenda Taquari	Alto Taquari	-17,81	-53,29	845	2000-2012

* Lat. = Latitude; Log. = Longitude; Alt. = Altitude.

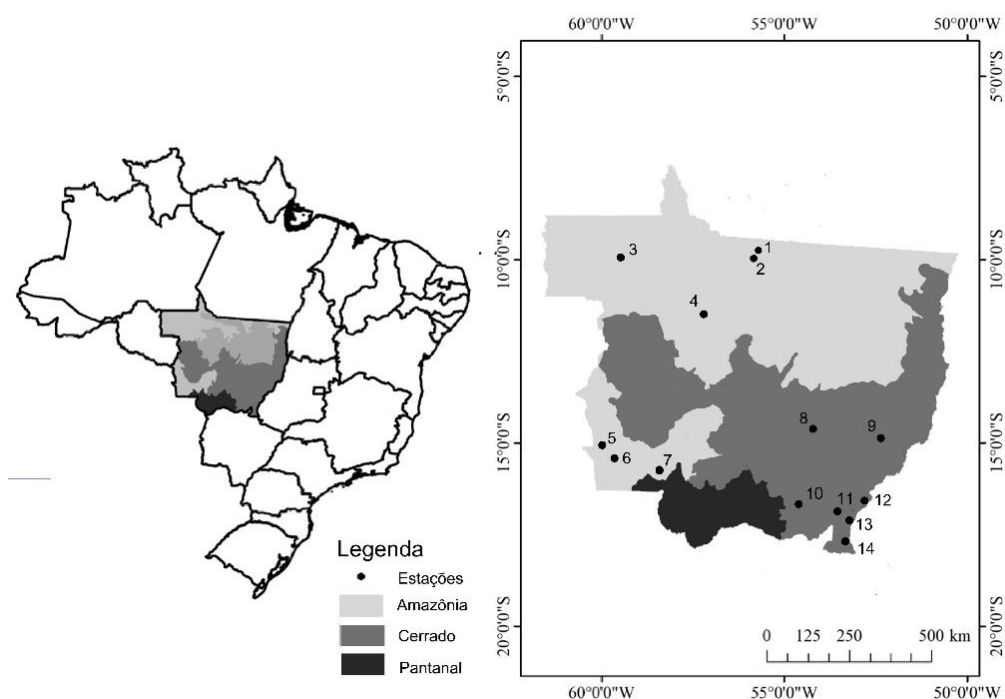


FIGURA 6 - Biomas do Estado de Mato Grosso, Brasil, e localização das estações pluviográficas avaliadas. Identificação numérica de acordo com a Tabela 2.

3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS

A leitura dos pluviógrafos foi realizada de forma digital com o uso do sistema de digitalização de pluviogramas (HidroGraph 1.02) desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade de Viçosa, para a Agência Nacional de Águas (ANA). E, para cada estação, foram determinadas as alturas precipitadas máximas anuais, para a duração

de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1440 minutos, utilizadas na construção de séries anuais de valores extremos.

3.3 AJUSTE DAS DISTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

Para cada série anual de valores de chuvas extremas foram ajustados os parâmetros das 33 distribuições, comumente citadas na literatura para caracterização de eventos extremos, apresentadas na TABELA 3. Sendo empregado, na estimativa dos parâmetros das distribuições de probabilidade, o método da máxima verossimilhança (MV) e verificada a aderência dos ajustes pelo teste de Kolmogorov Smirnov a 20% de probabilidade. Este nível foi escolhido para tornar este teste de hipótese mais estrito, pois um aumento no nível de significância reduz o valor crítico das estatísticas de teste.

A partir da distribuição que se ajustou a todas as durações de chuva, no máximo de estações, foram estimadas as precipitações máximas prováveis, em cada duração de chuva, para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos.

3.4 EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

A determinação dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência, para cada estação, foi realizada utilizando a técnica de ajuste não linear de Gauss-Newton, com base nos valores de intensidade máxima anual de precipitação pluvial nos períodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos e durações de chuva (t) de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1440 minutos, conforme EQUAÇÃO 6:

$$i = \frac{K \times TR^a}{(t+b)^c} \quad \text{Equação 6}$$

em que: **i** é a intensidade máxima média, em mm h⁻¹; **TR** é o período de retorno, em anos; **t** é o tempo de duração da chuva, em minutos; e **K**, **a**, **b** e **c** são os coeficientes locais ajustados por regressão não linear.

TABELA 3 - Funções de Distribuição de Probabilidade de variáveis contínuas e seus respectivos parâmetros de ajuste.

Distribuição	Função de Densidade de Probabilidade	Função de Distribuição Acumulada	Parâmetros
Qui-Quadrado	$f(x) = \frac{x^{v/2-1} \exp(-x/2)}{2^{v/2} \Gamma(v/2)}$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{x/2}(v/2)}{\Gamma(v/2)}$	v – graus de liberdade (inteiro positivo); γ – Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$); Γ – Função Gamma; Γ_z – Função Gamma Incompleta.
Qui-Quadrado (2P)	$f(x) = \frac{(x - \gamma)^{v/2-1} \exp(-\frac{x - \gamma}{2})}{2^{v/2} \Gamma(v/2)}$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{(x-\gamma)/2}(v/2)}{\Gamma(v/2)}$	
Erlang (2P)	$f(x) = \frac{x^{m-1}}{\beta^m \Gamma(m)} \exp(-\frac{x}{\beta})$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{x/\beta}(m)}{\Gamma(m)}$	m – Parâmetro de forma (inteiro positivo); β – Parâmetro de escala ($\beta > 0$); γ – Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$); Γ – Função Gamma; Γ_z – Função Gamma Incompleta.
Erlang (3P)	$f(x) = \frac{(x-\gamma)^{m-1}}{\beta^m \Gamma(m)} \exp(-\frac{x-\gamma}{\beta})$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{(x-\gamma)/\beta}(m)}{\Gamma(m)}$	
Exponencial	$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x)$	$F_{(x)} = 1 - \exp(-\lambda x)$	λ – Parâmetro contínuo inverso de escala ($\lambda > 0$); γ – Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$).
Exponencial (2P)	$f(x) = \lambda \exp(-\lambda (x - \gamma))$	$F_{(x)} = 1 - \exp(-\lambda (x - \gamma))$	
Frechet	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{\beta}{x}\right)^{\alpha+1} \exp\left(-\left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha\right)$	$F(x) = \exp\left(-\left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha\right)$	α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$); γ – Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$).
Frechet (3P)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{\beta}{x - \gamma}\right)^{\alpha+1} \exp\left(-\left(\frac{\beta}{x - \gamma}\right)^\alpha\right)$	$F(x) = \exp\left(-\left(\frac{\beta}{x - \gamma}\right)^\alpha\right)$	
Gamma (2P)	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp(-x / \beta)$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{x/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de

Gamma (3P)	$f(x) = \frac{(x - \gamma)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp(-(x - \gamma) / \beta)$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{(x-\gamma)/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	escala ($\beta > 0$); γ – Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$); Γ – Função Gamma; Γ_z – Função Gamma Incompleta.
Generalizada de Valores Extremos - GEV	$f(x) = \frac{1}{\sigma} \frac{1^{(-(1+kz)^{-1/k})}}{(1 + kz)^{-1-1/k}}$	$F(x) = \exp(-(1 + kz)^{-1/k})$	k – Parâmetro contínuo de forma ($k \neq 0$); σ – Parâmetro contínuo de escala ($\sigma > 0$); μ – Parâmetro contínuo de localização. $z \equiv (x - \mu)/\sigma$ $1 + k ((x - \mu)/\sigma) > 0$
Generalizada de Gamma (3P)	$f(x) = \frac{kx^{k\alpha-1}}{\beta^{k\alpha} \Gamma(\alpha)} \exp(-(x / \beta)^k)$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{(x/\beta)^k}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	k – Parâmetro contínuo de forma ($k > 0$); α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$); γ – Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$)
Generalizada de Gamma (4P)	$f(x) = \frac{k(x - \gamma)^{k\alpha-1}}{\beta^{k\alpha} \Gamma(\alpha)} \exp(-(x - \gamma) / \beta)^k$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{((x-\gamma)/\beta)^k}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	
Generalizada de Pareto ($k \neq 0$)	$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-1-1/k}$	$F(x) = 1 - \left(1 + k \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-1/k}$	k – Parâmetro contínuo de forma; σ – Parâmetro contínuo de escala ($\sigma > 0$); μ – Parâmetro contínuo de localização.
Generalizada de Pareto ($k = 0$)	$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$	$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$	$\mu \leq x < +\infty$ (Quando $k \geq 0$) $\mu \leq x \leq \mu - \sigma/k$ (Quando $k < 0$)
Gumbel	$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left\{\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right) - \exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right\}$	$F(x) = e^{-e\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right)}$	σ – Parâmetro contínuo de escala ($\sigma > 0$); μ – Parâmetro contínuo de localização.

Inversa Gaussiana	$f(x) = \sqrt{\frac{\lambda}{2\pi x^3}} \exp\left(-\frac{\lambda (x - \mu)^2}{2 \mu^2 x}\right)$	$F(x) = \Phi\left(\sqrt{\frac{\lambda}{x}} \left(\frac{x}{\mu} - 1\right)\right) + \Phi\left(-\sqrt{\frac{\lambda}{x}} \left(\frac{x}{\mu} - 1\right)\right)^{(2\lambda/\mu)}$	λ – Parâmetro contínuo ($\lambda > 0$); μ – Parâmetro contínuo ($\mu > 0$); γ - Parâmetro contínuo de localização ($\gamma < x < +\infty$); Φ – Integral de Laplace.
Inversa Gaussiana (3P)	$f(x) = \sqrt{\frac{\lambda}{2\pi(x - \gamma)^3}} \exp\left(-\frac{\lambda (x - \gamma - \mu)^2}{2 \mu^2 (x - \gamma)}\right)$	$F(x) = \Phi\left(\sqrt{\frac{\lambda}{x - \gamma}} \left(\frac{x - \gamma}{\mu} - 1\right)\right) + \Phi\left(-\sqrt{\frac{\lambda}{x - \gamma}} \left(\frac{x - \gamma}{\mu} - 1\right)\right)^{(2\lambda/\mu)}$	
Levy	$f(x) = \sqrt{\frac{\sigma}{2\pi}} \frac{\exp(-0,5\sigma/x)}{(x - \gamma)^{3/2}}$	$F(x) = 2 - 2\Phi\left(\sqrt{\frac{\sigma}{x}}\right)$	σ – Parâmetro contínuo de escala ($\sigma > 0$); γ - Parâmetro contínuo de localização ($\gamma < x < +\infty$); Φ – Integral de Laplace
Levy (2P)	$f(x) = \sqrt{\frac{\sigma}{2\pi}} \frac{\exp(-0,5\sigma/(x - \gamma))}{(x - \gamma)^{3/2}}$	$F(x) = 2 - 2\Phi\left(\sqrt{\frac{\sigma}{(x - \gamma)}}\right)$	
Log-Gamma	$f(x) = \frac{(\ln(x))^{\alpha-1}}{x\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp(-\ln(x) / \beta)$	$F_{(x)} = \frac{\Gamma_{\ln(x)/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	α – Parâmetro contínuo ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo ($\beta > 0$); Γ – Função Gamma; Γ_z - Função Gamma Incompleta. $0 < x < +\infty$
Lognormal (2P)	$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right)}{x \sigma \sqrt{2\pi}}$	$F(x) = \Phi\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)$	σ – Parâmetro contínuo ($\sigma > 0$); μ – Parâmetro contínuo; γ - Parâmetro contínuo de localização

Lognormal (3P)	$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x - \gamma) - \mu}{\sigma}\right)^2\right)}{(x - \gamma) \sigma \sqrt{2\pi}}$	$F(x) = \Phi\left(\frac{\ln(x - \gamma) - \mu}{\sigma}\right)$	$(\gamma < x < +\infty)$; Φ – Integral de Laplace.
Log-Pearson 3	$f(x) = \frac{1}{X \beta \Gamma(\alpha)} \left(\frac{\ln(x) - \gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(\frac{\ln(x) - \gamma}{\beta}\right)$	$F(x) = \frac{\Gamma_{(\ln(x) - \gamma/\beta)}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	α – Parâmetro contínuo ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo ($\beta \neq 0$); γ – Parâmetro contínuo $0 < x < e^\gamma$ (Quando $\beta < 0$) $e^\gamma \leq x < +\infty$ (Quando $\beta > 0$)
Normal	$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right)}{x \sigma \sqrt{2\pi}}$	$F(x) = \Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$	σ – Parâmetro contínuo de escala ($\sigma > 0$); μ – Parâmetro contínuo de localização; Φ – Integral de Laplace. $-\infty < x < +\infty$
Pareto	$f(x) = \frac{\alpha \beta^\alpha}{x^{\alpha+1}}$	$F(x) = 1 - (\beta/x)^\alpha$	α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$). $\beta \leq x < +\infty$
Pareto 2	$f(x) = \frac{\alpha \beta^\alpha}{(x + \beta)^{\alpha+1}}$	$F(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x + \beta}\right)^\alpha$	α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$). $0 \leq x < +\infty$

Pearson 5 (2P)	$f(x) = \frac{\exp(-\beta/x)}{\beta \Gamma(\alpha) (x/\beta)^{\alpha+1}}$	$F(x) = 1 - \frac{\Gamma_{\beta/x}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$); Parâmetro contínuo de localização ($\gamma < x < +\infty$).
Pearson 5 (3P)	$f(x) = \frac{\exp(-\beta/(x-\gamma))}{\beta \Gamma(\alpha) ((x-\gamma)/\beta)^{\alpha+1}}$	$F(x) = 1 - \frac{\Gamma_{\beta/(x-\gamma)}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	
Pearson 6 (3P)	$f(x) = \frac{(x/\beta)^{\alpha_1-1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2) (1+x/\beta)^{\alpha_1+\alpha_2}}$	$F(x) = I_{x/(x+\beta)}(\alpha_1, \alpha_2)$	α_1 – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha_1 > 0$); α_2 – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha_2 > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$); Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$); B – Função Beta; Iz - Função Beta Incompleta Regularizada.
Pearson 6 (4P)	$f(x) = \frac{((x-\gamma)/\beta)^{\alpha_1-1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2) (1+(x-\gamma)/\beta)^{\alpha_1+\alpha_2}}$	$F(x) = I_{(x-\gamma)/(x-\gamma+\beta)}(\alpha_1, \alpha_2)$	
Student's t	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi v}} \frac{\Gamma((v+1)/2)}{\Gamma(v/2)} \left(\frac{v}{v+x^2}\right)^{\frac{v+1}{2}}$	$\begin{aligned} F(x) &= \frac{1}{2} - \frac{1}{2} I_z\left(\frac{1}{2}, \frac{v}{2}\right) \\ &\text{(Quando } x < 0) \\ F(x) &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} I_z\left(\frac{1}{2}, \frac{v}{2}\right) \\ &\text{(Quando } x \geq 0) \end{aligned}$	v – Graus de Liberdade (Inteiro Positivo); Γ – Função Gamma; Iz - Função Beta Incompleta Regularizada. $-\infty < x < +\infty$
Weibull (2P)	$f_{(x)} = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right)$	$F(x) = 1 - e\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right)$	α – Parâmetro contínuo de forma ($\alpha > 0$); β – Parâmetro contínuo de escala ($\beta > 0$); Parâmetro contínuo de localização ($\gamma \leq x < +\infty$).
Weibull (3P)	$f_{(x)} = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} e\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right)$	$F(x) = 1 - e\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right)$	

(2P) – Distribuição de 2 Parâmetros; (3P) – Distribuição de 3 Parâmetros; (4P) – Distribuição de 4 Parâmetros

3.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS EQUAÇÕES IDF

O desempenho das equações de Intensidade-Duração-Frequência, na estimativa das precipitações intensas, foi avaliado com as seguintes médias estatísticas: o erro absoluto médio (MAE); a raiz do erro quadrático médio (RMSE); o viés; o índice de concordância de Willmott; e o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (ENS) (WILLMOTT, 1982; STONE, 1993; KRAUSE et al., 2005; PEREIRA et al., 2014), obtidos, respectivamente, por:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |O_i - P_i| \quad \text{Equação 7.}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \quad \text{Equação 8.}$$

$$Viés = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i) \quad \text{Equação 9.}$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad \text{Equação 10.}$$

$$E_{NS} = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \right] \quad \text{Equação 11.}$$

em que: **P_i** é a intensidade de chuva estimada (mm h⁻¹); **O_i**, a intensidade de chuva observada (mm h⁻¹); **O** é a média das intensidades observadas (mm h⁻¹); e **N**, o número de valores da amostra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO DAS CHUVAS INTENSAS NO ESTADO

As médias e os desvios-padrão das séries anuais de intensidades máximas de precipitação pluvial correspondentes às durações 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1440 minutos, para as estações do Estado de Mato Grosso, são apresentadas na TABELA 4.

As intensidades de precipitação máxima tenderam a ser superiores na mesorregião norte do Estado com médias variando de 102,4 mm h⁻¹, para duração de 10 min, a 0,7 mm h⁻¹, nas chuvas de duração de 360 min. As estações localizadas nas mesorregiões Sudoeste e Sudeste apresentaram médias das intensidades máximas de chuva próximas, com valores variando de 97,8 e 98,8 mm h⁻¹ (10 min) a 0,1 e 0,3 mm h⁻¹ (360 min), respectivamente. Esses resultados corroboram com o trabalho de Marcuzzo et al. (2011) que demonstram maiores índices pluviométricos no Bioma Amazônia, localizado ao norte do Estado, em relação as demais fitofisionomias ao sul do Mato Grosso.

O decréscimo da intensidade de precipitação, assim como o aumento do coeficiente de variação, em chuvas de maior duração também foi observado nos trabalhos de Moruzzi; Oliveira (2009); Castro et al. (2011); Silva; De Oliveira (2017), sendo considerado como um comportamento característico das chuvas (VILLELA; MATTOS, 1975).

O Estado apresentou ainda baixa frequência de chuvas com duração superior a 360 min., não sendo observada precipitações com duração de 1440 min e, apenas, 7 eventos de chuvas com 720 min, distribuídas nas estações da Jusante de Peixoto de Azevedo (2 eventos), Porto dos Gaúchos (1 evento), Paranatinga (1 evento), Porto Esperidião (1 evento) e Alto Araguaia (2 eventos). Alves et al. (2013), no município de Cuiabá-MT, também encontrou baixa frequência de eventos de precipitação com longa duração, tendo sido registrados, em uma série de 22 anos, apenas 3 eventos de chuva com 24 horas de duração e 13 eventos com 12 horas.

TABELA 4 - Médias e desvio-padrão, em mm h⁻¹, das séries anuais de intensidades máximas médias de precipitação pluvial com duração de 10 a 1440 minutos, para as estações pluviográficas localizadas no Estado de Mato Grosso.

Estação	Duração da Chuva (min)											
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360	720	1440
Bioma Amazônia (Mesorregião Norte)												
1 - Jusante Foz Peixoto de Azevedo	105,9 ± 38,5	79,2 ± 23,4	65,1 ± 18,6	59,4 ± 15,9	43,9 ± 17,1	34,4 ± 20,6	11,9 ± 14,4	4,4 ± 10,1	2,3 ± 4,2	1,5 ± 3,9	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,0
2 - Alta Floresta	106,3 ± 27,1	84,3 ± 19,5	67,3 ± 18,1	56,5 ± 12,8	53,6 ± 10,8	41,7 ± 19,1	16,9 ± 13,9	9,7 ± 10,5	4,6 ± 6,4	0,7 ± 1,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
3 - Humboldt	94,9 ± 33,2	75,5 ± 17,1	64,3 ± 15,1	55,8 ± 14,4	52,5 ± 11,7	44,8 ± 11,8	17,7 ± 18	10,1 ± 13,6	5,6 ± 11,8	0,2 ± 0,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
4 - Porto dos Gaúchos	102,1 ± 23,3	80,8 ± 19,3	67,9 ± 21,2	58,5 ± 21	48,5 ± 23,9	43,7 ± 25,7	17,2 ± 13,6	6,4 ± 10,5	0,7 ± 1,3	0,4 ± 1,0	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,0
Média (Mesorregião)	102,4	80,1	66,3	57,6	49,7	41,3	16,0	7,6	3,2	0,7	0,0	0,0
Desvio (Mesorregião)	29,8	19,4	17,9	16,0	16,8	19,9	14,6	11,0	6,9	2,1	0,1	0,0
CV (Mesorregião)	0,29	0,24	0,27	0,28	0,34	0,48	0,91	1,44	2,14	3,02	2,80	0,00
Ecótono dos Biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal (Mesorregião Sudoeste)												
5 - Mato Grosso	79,2 ± 18,7	69,0 ± 12,8	61,0 ± 14,8	55,2 ± 12,8	37,7 ± 17,8	34,8 ± 14,8	3,8 ± 7,1	0,6 ± 0,8	0,4 ± 0,7	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
6 - Pontes e Lacerda	108,2 ± 36,2	70,8 ± 26	65,2 ± 28	52,1 ± 20,6	45,8 ± 20,5	34,6 ± 17,6	9,2 ± 15,1	0,6 ± 1,0	0,2 ± 0,3	0,2 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
7 - Porto Esperidião	106,9 ± 24,9	84,6 ± 23,8	63,8 ± 19,5	47,5 ± 13,2	45,5 ± 12,7	31,7 ± 13,9	10,2 ± 9,6	2,2 ± 3,3	2,0 ± 3,4	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Média (Mesorregião)	97,8	74,9	63,3	51,6	42,9	33,7	7,7	1,1	0,9	0,1	0,0	0,0
Desvio (Mesorregião)	29,6	21,9	20,5	15,5	17,0	14,9	10,9	2,2	2,2	0,2	0,0	0,0
CV (Mesorregião)	0,30	0,29	0,32	0,30	0,40	0,44	1,42	1,89	2,41	1,43	0,0	0,00

Bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste)												
8 - Paranatinga	94,4 ± 19,7	74,2 ± 13,9	66,9 ± 14,2	53,1 ± 14,0	43,4 ± 13,9	39,9 ± 13,7	12,6 ± 9,6	4,2 ± 7,7	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
9 - Xavantina	136,1 ± 19,4	95,6 ± 30,2	81,3 ± 24,8	72,3 ± 22,5	59,3 ± 12,8	51,7 ± 16,4	8,5 ± 6,0	7,4 ± 6,5	4,6 ± 6,0	1,3 ± 3,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
10 - Rondonópolis	90,8 ± 32,8	71,2 ± 26,2	61,5 ± 20,8	49,0 ± 19,6	42,0 ± 14,9	35,5 ± 15,3	4,6 ± 6,7	0,2 ± 0,3	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
11 - Ponte Branca	93,2 ± 20,8	67,9 ± 12,6	56,2 ± 15,0	48,6 ± 13,4	44,7 ± 13,6	39,9 ± 14,8	14,2 ± 11,5	2,2 ± 2,8	0,7 ± 1,2	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
12 - Alto Garças	115,6 ± 49,4	81,3 ± 38,0	67,3 ± 30,4	54,0 ± 20,6	46,0 ± 17,1	38,2 ± 14,8	10,2 ± 9,6	3,2 ± 5,4	2,2 ± 5,3	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
13 - Alto Araguaia	86,8 ± 20,4	65,9 ± 13,0	57,9 ± 15,0	49,6 ± 12,6	41,3 ± 13,0	36,1 ± 12,6	10,5 ± 12,5	1,1 ± 2,0	0,3 ± 0,3	0,2 ± 0,2	0,1 ± 0,2	0,0 ± 0,0
14 - Fazenda Taquari	89,1 ± 35,6	70,4 ± 13,8	55,8 ± 8,7	49,7 ± 11,8	36,7 ± 10,3	32,5 ± 10,4	5,2 ± 9,3	2,8 ± 7,4	0,6 ± 1,3	0,5 ± 1,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Média (Mesorregião)	98,8	74,0	62,7	52,6	43,9	38,3	9,5	2,8	1,1	0,3	0,0	0,0
Desvio (Mesorregião)	33,3	23,3	20,0	17,0	14,5	14,3	10,0	5,4	3,0	1,1	0,1	0,0
CV (Mesorregião)	0,34	0,32	0,32	0,32	0,33	0,37	1,06	1,94	2,86	3,87	4,41	0,00

A baixa frequência de chuvas com duração superior a 360 minutos pode ser explicada pelo predomínio de chuvas do tipo convectiva no Estado. Segundo Salio et al. (2007) esses eventos apresentam máximo desenvolvimento durante período diurno, com durações menores do que 9 horas em áreas de até 150.000 km², no período de máxima extensão, sendo mais frequentes no verão seguido do outono.

A ocorrência de precipitações com duração superior a 360 minutos no Mato Grosso está relacionada as chuvas frontais ocasionadas pela passagem de frentes polares trazidas do Sul pelo anticiclone polar (NIMER, 1972). Contudo, a ocorrência de anticiclones polares forte suficiente para ocasionar precipitações é rara (FISCH, 1995) além de, não serem intensas, com totais de precipitação pouco significativos (NIMER, 1972).

4.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS CHUVAS INTENSAS

O teste de Kolmogorov-Smirnov a 20% de significância rejeitou grande parte dos 33 modelos de distribuição teórica testados, sendo observados ajustes dos dados de intensidade de precipitação máxima anual, em todas as diferentes intensidades de chuva, nas diferentes estações, apenas para as distribuições presentes no ANEXO 1.

A baixa frequência de chuvas com duração de 720 min impossibilitou o ajuste das distribuições teóricas, nesta duração, em todas as estações, mesmo pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com significância a 5%. Assim as chuvas com duração superiores a 360 min não foram consideradas nas demais etapas do trabalho por não ser possível estimar as intensidades de precipitação máximas nos tempos de retorno superior ao número de anos da série.

Dentre as distribuições com ajuste a todas as durações de chuva no Bioma Amazônia (mesorregião norte), apenas a distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV) foi comuns a todas as estações. Na Mesorregião Sudoeste (Ecótono dos Biomas Matogrossense) foi observado ajuste, comum a todas as estações, das distribuições Generalizada de Valores Extremos (GEV), Generalizada de Pareto e Inversa Gaussiana (3P). As distribuições com ajuste comum as estações do Cerrado (mesorregião Sudeste) foram a Generalizada de Valores Extremos (GEV); Generalizada de Pareto; Pearson 5 (3P) e Weibull (3P) (ANEXO 1).

Diversos trabalhos na literatura apontam as distribuições de Gumbel e Gama Incompleta como capazes de gerar resultados mais eficazes no ajuste de eventos extremos de precipitação, podendo ser citados, para o Mato Grosso, os estudos em Nova Maringá (MOREIRA, et al., 2010); Tangará da Serra (MARTINS et al., 2010); Cáceres (PIZZATO et al., 2012); Juína (BATISTÃO et al., 2013); Diamantino (RAMOS et al., 2015) e Nova Mutum (JUNIOR et al., 2016). Entretanto, as destruições de Gumbel e Gama Incompleta, no presente estudo, não foram capazes de se ajustar, a todas as durações de chuva, em nenhuma estação pluviográfica.

A divergência dos resultados encontrados neste trabalho com os da literatura no Estado ocorre, pois, os estudos de ajustes de distribuição de probabilidade no Mato Grosso utilizam base de dados dos totais precipitados diários, ou dos totais diários desagregados. Além disso, estudos com dados de precipitação em diferentes durações no Brasil utilizando a distribuição de Gumbel para estimativa do tempo de retorno testaram a aderência da série com significância, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, de 10% (BACK, 2006), 5% (BACK et al., 2011; FIETZ et al., 2010; MARTINS et al., 2010; MOREIRA, et al., 2010; ALVES, et al., 2013) e em alguns casos 1% (OLIVEIRA et al., 2005; SANTOS et al., 2009; PEREIRA et al., 2017), enquanto, no presente estudo optou-se pela adoção de significância à 20%, considerado um valor mais rigoroso da avaliação.

A análise dos resultados de p-valor, dos ajustes das distribuições, demonstrou que, de forma geral, a GEV apresentou as melhores estimativas para chuvas com duração até 60 minutos, por outro lado, para durações acima de 60 min houve uma grande variação das distribuições com os melhores resultados (ANEXO 1). A GEV, contudo, foi a única distribuição ajustada a todas as durações de chuva, em todas as estações. Dessa forma, afim de padronizar uma única distribuição para as estações pluviográficas do Mato Grosso optou-se por utilizar a distribuição Generalizada de Valores Extremos para as estimativas de intensidade de chuva máxima nos diferentes tempos de retorno.

A distribuição generalizada de valores extremos (GEV) nos últimos anos tem apresentado crescente aceitação para descrição e modelagem de uma extensa variedade de eventos extremos naturais como cheias, chuvas, velocidade do vento, temperaturas e outros (MARTINS; STEDINGER, 2000; BAUTISTA et al., 2004; BEIJO et al.,

2009; QUADROS et al., 2011). Sendo a utilização GEV, desenvolvida por Jenkinson (1955), justificada por se tratar de uma família de distribuições, que inclui como casos particulares, os três tipos de distribuições assintóticas de Valores Extremos (VE), a tipo VEI de Gumbel, a tipo VEII de Fréchet e a tipo VEIII de Weibull, reduzindo, assim, os erros de subestimação ou superestimação que podem ocorrer quando essas distribuições são ajustadas de forma isolada (BAUTISTA, 2002; BAUTISTA et al., 2004).

4.2.1 Ajuste da Distribuição Generalizada de Valores Extremo Para as Estações Pluviográficas do Estado de Mato Grosso

Os resultados do ajuste dos parâmetros de forma (K), escala (σ) e posição (μ), da distribuição GEV, assim como, as intensidades máximas de chuva prováveis para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5 - Valores dos parâmetros ajustados K , σ e μ , do modelo de distribuição teórico Generalizado de Valores Extremos, e intensidade de precipitação provável (mm h^{-1}), para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.

1. Jusante Peixoto de Azevedo (Gen. Valores Extremos)										
	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,1858	37,815	90,078	103,5	139,6	159,6	176,4	187,2	195,0	207,0
20	-0,0112	19,964	67,912	75,2	97,6	112,3	126,2	136,3	144,1	157,4
30	-0,1795	18,080	57,442	63,9	81,2	90,9	99,1	104,4	108,2	114,1
40	-0,0958	14,688	52,243	57,5	72,8	82,0	90,2	95,8	100,1	106,9
50	-0,5568	19,253	40,121	46,5	59,7	64,8	68,1	69,8	70,8	72,0
60	-0,2496	21,343	26,380	33,9	53,1	63,1	71,1	76,1	79,6	84,8
120	0,3156	7,569	4,138	7,1	18,7	29,0	41,4	52,3	62,3	82,6
180	0,8494	0,664	0,357	0,6	2,4	4,9	9,3	14,8	21,1	38,5
240	0,7107	0,688	0,277	0,6	2,1	4,1	7,3	10,9	14,8	24,8
360	0,9222	0,116	0,062	0,1	0,4	0,9	1,9	3,1	4,5	8,7
2. Alta Floresta (Gen. Valores Extremos)										
	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,4440	29,41	98,714	108,7	130,9	140,6	147,2	150,9	153,3	156,4
20	-0,3413	20,708	77,759	84,9	102,1	110,3	116,4	120	122,4	125,8
30	-0,0887	16,146	59,316	65,1	82	92,3	101,5	107,8	112,6	120,3
40	-0,6258	14,876	54,076	58,9	68,6	72	74,1	75,2	75,8	76,5
50	-0,4754	12,331	50,637	54,8	63,9	67,7	70,3	71,6	72,5	73,7
60	-1,0099	20,771	41,797	48,2	57,8	60,2	61,3	61,8	62	62,2

120	-0,1999	13,703	11,272	16,1	29	36,1	42	45,7	48,4	52,5
180	0,1915	6,982	4,044	6,7	16,2	23,7	32	38,7	44,6	55,6
240	0,4391	2,594	1,175	2,2	6,7	11,1	17	22,6	28,1	39,8
360	0,7064	0,199	0,14	0,2	0,7	1,2	2,2	3,2	4,3	7,1

3. Humboldt (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,3476	35,617	83,764	96,0	125,4	139,4	149,7	155,8	159,8	165,5
20	-0,5892	19,426	71,917	78,3	91,3	96,1	99,2	100,7	101,6	102,7
30	-0,6544	17,617	61,624	67,4	78,5	82,4	84,7	85,8	86,5	87,2
40	-0,5519	16,525	52,447	57,9	69,3	73,7	76,6	78,0	78,9	80,0
50	-0,9117	13,394	51,974	56,2	62,9	64,8	65,7	66,1	66,3	66,4
60	-0,3746	13,084	40,893	45,4	55,9	60,8	64,3	66,4	67,7	69,6
120	0,0923	13,568	8,476	13,5	30,3	42,4	54,8	64,4	72,2	86,2
180	0,4243	5,867	2,524	4,9	14,8	24,6	37,5	49,5	61,1	86,1
240	0,8062	1,124	0,356	0,8	3,6	7,5	14,2	22,2	31,4	55,8
360	0,4260	0,067	0,066	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0

4. Porto dos Gaúchos (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,3623	25,124	94,463	103,1	123,5	133,1	140,2	144,2	146,9	150,7
20	-0,5117	21,288	76,053	83,2	98,3	104,5	108,6	110,7	112,0	113,7
30	-0,2481	21,328	59,883	67,4	86,6	96,7	104,7	109,7	113,2	118,4
40	0,0968	15,577	47,896	53,7	73,0	87,1	101,5	112,6	121,7	138,2
50	-0,0767	21,031	37,885	45,5	67,7	81,4	93,8	102,3	108,8	119,4
60	-0,3558	26,743	35,488	44,7	66,6	76,9	84,5	89,0	91,9	96,0
120	-0,3821	14,626	12,945	18,0	29,6	35,0	38,9	41,1	42,6	44,6
180	0,6018	2,657	0,986	2,1	7,5	13,7	22,9	32,7	42,8	66,9
240	0,7477	0,166	0,145	0,2	0,6	1,1	2,0	2,9	4,0	6,8
360	0,8927	0,040	0,056	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,5	2,1

5. Mato Grosso (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	0,3817	8,274	69,481	72,7	86,2	99,0	115,2	130,0	143,9	173,3
20	0,0145	10,419	62,866	66,7	78,7	86,7	94,5	100,2	104,7	112,4
30	0,3447	7,114	53,279	56,1	67,3	77,5	90,1	101,4	111,9	133,4
40	0,1035	9,288	48,829	52,3	63,9	72,4	81,1	87,9	93,5	103,6
50	-0,3985	19,080	32,301	38,8	53,8	60,7	65,5	68,3	70,1	72,5
60	-0,6695	16,220	32,496	37,8	47,9	51,4	53,4	54,4	54,9	55,6
120	0,7113	1,058	0,643	1,1	3,5	6,5	11,5	17,0	23,0	38,4
180	0,4205	0,324	0,213	0,3	0,9	1,4	2,1	2,8	3,4	4,8
240	0,7613	0,088	0,080	0,1	0,3	0,6	1,1	1,6	2,2	3,8
360	0,4291	0,037	0,026	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6

6. Pontes e Lacerda (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,0179	30,869	90,931	102,2	136,6	159,0	180,2	195,4	207,3	227,3
20	-0,1382	24,877	59,499	68,4	93,2	107,6	120,1	128,4	134,5	144,2

30	-0,0197	24,241	51,644	60,5	87,5	105,0	121,6	133,4	142,7	158,3
40	-0,0095	17,505	42,167	48,6	68,2	81,1	93,4	102,3	109,2	121,0
50	0,0161	17,222	35,618	42,0	61,8	75,1	88,0	97,5	105,0	117,9
60	-0,0568	15,589	26,404	32,1	48,8	59,3	69,0	75,8	81,0	89,5
120	0,6659	3,052	1,532	2,8	9,4	17,5	30,1	43,8	58,5	95,0
180	0,7747	0,114	0,116	0,2	0,4	0,8	1,4	2,2	3,0	5,1
240	0,8252	0,020	0,066	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,1
360	0,7148	0,038	0,040	0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,4

7. Porto Esperidião (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,1594	19,465	98,361	105,3	124,3	135,2	144,4	150,5	154,9	161,8
20	0,1268	15,688	73,275	79,2	99,2	114,1	129,9	142,2	152,5	171,3
30	-0,5212	20,187	59,457	66,2	80,5	86,2	90,0	91,9	93,1	94,7
40	-1,0601	14,328	47,906	52,3	58,7	60,2	60,8	61,1	61,2	61,3
50	-0,8125	14,136	44,396	48,9	56,7	59,0	60,2	60,8	61,1	61,4
60	-1,2747	14,057	33,384	37,5	42,8	43,8	44,2	44,3	44,3	44,4
120	0,0825	7,273	5,389	8,1	17,0	23,4	29,9	34,8	38,9	46,1
180	0,5756	0,920	0,429	0,8	2,6	4,7	7,7	10,8	13,9	21,4
240	0,6352	0,757	0,317	0,6	2,2	4,1	7,0	10,1	13,3	21,3
360	0,4279	0,032	0,070	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5

8. Paranatinga (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,3333	20,799	87,765	94,9	112,3	120,7	127,0	130,7	133,2	136,7
20	0,0939	10,494	67,111	71,0	84,0	93,4	103,1	110,5	116,6	127,5
30	-0,1024	12,901	60,654	65,3	78,6	86,6	93,7	98,5	102,2	108,0
40	0,1772	8,866	46,077	49,4	61,3	70,6	80,7	88,9	95,9	109,1
50	-0,4319	15,022	39,414	44,5	56,0	61,0	64,6	66,5	67,8	69,4
60	-0,2433	13,635	34,759	39,5	51,9	58,4	63,6	66,8	69,1	72,5
120	-0,0952	8,900	8,250	11,5	20,7	26,3	31,3	34,7	37,3	41,4
180	0,7036	1,281	0,473	1,0	3,9	7,5	13,4	19,9	27,0	45,0
240	0,2132	0,088	0,134	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
360	-0,0684	0,048	0,046	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2

9. Xavantina (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,5757	23,075	131,720	140,0	154,9	160,8	164,6	166,4	167,6	169,0
20	-1,0695	34,525	96,598	107,1	122,4	126,0	127,5	128,1	128,4	128,7
30	-1,0057	28,626	81,414	90,2	103,6	106,9	108,4	109,0	109,3	109,6
40	-0,3038	24,276	64,071	72,5	93,3	103,6	111,6	116,3	119,6	124,2
50	-0,7023	15,171	57,290	62,2	71,4	74,4	76,2	77,0	77,5	78,4
60	-0,2719	17,568	45,383	51,5	67,0	75,0	81,2	85,0	87,6	91,5
120	0,1918	4,092	5,186	6,7	12,3	16,7	21,6	25,5	28,9	35,4
180	-0,1064	6,210	4,418	6,7	13,0	16,8	20,2	22,5	24,3	27,0
240	0,3602	3,009	1,258	2,4	7,2	11,7	17,3	22,3	27,0	36,7
360	0,9366	0,082	0,069	0,1	0,3	0,7	1,4	2,3	3,4	6,5

10. Rondonópolis (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	0,2013	21,175	73,341	81,4	110,4	133,6	159,4	180,6	198,9	233,7
20	0,0697	18,627	59,122	66,0	88,6	104,5	120,6	132,8	142,7	160,1
30	0,0823	15,504	51,226	57,0	76,0	89,6	103,4	113,9	122,6	137,9
40	0,3990	7,230	40,149	43,0	55,0	66,5	81,3	95,0	108,0	135,6
50	0,1903	8,910	34,818	38,2	50,3	59,8	70,4	79,0	86,4	100,4
60	-0,5044	16,464	31,790	37,3	49,1	54,0	57,1	58,8	59,9	61,2
120	0,5625	1,912	1,072	1,9	5,6	9,7	15,7	21,9	28,2	42,9
180	0,4032	0,116	0,107	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,7
240	0,0995	0,106	0,096	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
360	0,1188	0,040	0,041	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3

11. Ponte Branca (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,7401	23,685	90,565	98,2	112,0	116,5	119,0	120,2	120,8	121,5
20	-0,3954	13,919	63,966	68,7	79,7	84,7	88,3	90,3	91,6	93,5
30	-0,3158	15,859	50,958	56,5	69,9	76,5	81,5	84,5	86,5	89,4
40	-0,4274	14,873	44,621	49,7	61,1	66,1	69,6	71,6	72,9	74,6
50	-0,4577	15,305	40,833	46,0	57,4	62,3	65,7	67,5	68,7	70,2
60	-0,5313	16,402	36,437	42,0	53,4	58,0	60,9	62,5	63,4	64,6
120	0,2477	6,839	8,015	10,6	20,4	28,6	38,0	46,0	53,0	66,7
180	0,3895	1,283	0,707	1,2	3,3	5,3	7,9	10,2	12,5	17,2
240	0,7310	0,166	0,136	0,2	0,6	1,1	1,9	2,8	3,9	6,5
360	0,1830	0,037	0,064	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3

12. Alto Graça (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,0405	43,579	92,131	108,0	155,6	185,9	214,1	234,0	249,4	275,1
20	-0,1629	37,135	65,130	78,3	114,6	135,1	152,6	164,0	172,4	185,3
30	-0,1455	29,278	54,137	64,6	93,6	110,3	124,7	134,3	141,3	152,3
40	-0,1636	20,138	45,186	52,4	72,0	83,1	92,6	98,8	103,3	10,3
50	0,0503	13,695	37,363	42,4	58,7	70,0	81,2	89,6	96,4	108,2
60	0,0515	11,786	30,740	35,1	49,1	58,9	68,6	75,8	81,7	91,9
120	0,1627	6,550	5,187	7,7	16,3	23,0	30,2	36,0	40,9	50,0
180	0,6357	1,170	0,549	1,0	3,5	6,4	10,9	15,7	20,7	33,0
240	0,8669	0,300	0,157	0,3	1,1	2,2	4,2	6,7	9,7	17,9
360	0,1119	0,022	0,071	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2

13. Alto Araguaia (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	-0,2499	21,123	78,851	86,3	105,3	115,2	123,1	128,1	131,5	136,6
20	0,0327	10,274	59,592	63,4	75,4	83,6	91,6	97,6	102,4	110,6
30	-0,4333	16,765	53,465	59,2	72,0	77,6	81,5	83,6	85,0	86,9
40	-0,5138	14,047	46,500	51,2	61,2	65,2	67,9	69,3	70,2	71,3
50	-0,1432	12,271	35,779	40,2	52,3	59,4	65,5	69,5	72,5	77,1
60	-0,4818	13,647	32,882	37,5	47,5	51,6	54,4	55,9	56,9	58,1
120	0,3263	6,600	3,577	6,2	16,4	25,5	36,7	46,5	55,6	74,1

180	0,6910	0,305	0,253	0,4	1,1	1,9	3,3	4,7	6,4	10,4
240	0,3792	0,157	0,115	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,5	2,1
360	0,2059	0,118	0,082	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0

14. Fazenda Taquari (Gen. Valores Extremos)

	K	σ	μ	Tempo Retorno (anos)						
				2	5	10	20	30	50	100
10	0,4579	13,262	70,599	75,9	99,2	122,8	154,5	184,9	214,5	279,7
20	-0,1589	13,112	64,628	69,3	82,1	89,4	95,7	99,8	102,8	107,4
30	-0,1916	8,329	52,333	55,3	63,2	67,6	72,2	73,5	75,2	77,8
40	-0,2038	11,510	45,072	49,1	60,0	65,8	70,7	73,8	76,1	79,4
50	-0,1839	9,817	32,575	36,1	45,4	50,7	55,0	57,9	59,9	63,1
60	0,0846	7,381	27,578	30,3	39,4	45,9	52,5	57,6	61,7	69,1
120	0,6644	1,549	1,283	1,9	5,3	9,4	15,7	22,7	30,1	48,5
180	0,8852	0,315	0,207	0,3	1,2	2,5	4,8	7,7	11,1	20,8
240	0,8454	0,076	0,107	0,1	0,3	0,6	1,1	1,8	2,5	4,4
360	0,8968	0,048	0,056	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,8	3,3

A convergência assintótica da curva de distribuição GEV é verificada por meio do parâmetro de forma K , no qual: para $-0,04 < K < 0,04$ considera-se que o ajuste se aproxima consideravelmente da distribuição Gumbel; quando $K < 0,4$ a curva converge para o VEII, que corresponde a distribuição de Fréchet; e a VEIII, cuja curva se aproxima da distribuição de Weibull, ocorre quando $K > 0,4$ (QUADROS et al., 2011).

Considerando os possíveis valores do parâmetro K , a convergência assintótica para as intensidades de precipitação entre 10 e 60 min, em geral, tenderam a distribuição do tipo VEII, assim como nas durações de 120 a 360 min predominaram a convergência para o tipo VEIII. Esses resultados são embasados ainda no fato de as distribuições de Fréchet e Weibull terem apresentado ajuste, em todas as durações, para 9 e 12 estações, dentre as 14 avaliadas, respectivamente (ANEXO 1).

4.3 EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA PARA AS ESTAÇÕES PLUVIOGRÁFICAS DO ESTADO DE MATO GROSSO

As equações de intensidade-duração-frequência para as localidades estudadas, com os respectivos valores dos parâmetros de ajustados K , a , b e c são apresentadas na TABELA 6.

TABELA 6 – Parâmetros calibrados para equações de intensidade máxima média de precipitação pluvial (i), em mm h^{-1} , em função do período de retorno (T), em anos, e da duração da precipitação (t), em minutos, para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.

Estações	K^*	a^*	b^*	c^*
1 – Jus. Foz Peixoto ^{**}	3407,410	0,163	19,952	1,029
2 - Alta Floresta	4766,289	0,098	29,239	1,036
3 - Humboldt	470,837	0,112	4,347	0,580
4 - Porto dos Gaúchos	5979,295	0,131	48,214	1,022
5 - Mato Grosso	987,684	0,207	13,729	0,831
6 - Pontes e Lacerda	748,555	0,205	9,945	0,700
7 - Porto Esperidião	9750,604	0,102	33,438	1,215
8 - Paranatinga	9895,483	0,124	46,840	1,174
9 - Xavantina	6246,965	0,101	23,534	1,100
10 - Rondonópolis	14615,726	0,207	39,234	1,331
11 - Ponte Branca	10828,492	0,086	47,690	1,190
12 - Alto Garças	6037,949	0,182	17,764	1,178
13 - Alto Araguaia	7339,183	0,121	37,977	1,161
14 - Fazenda Taquari	7964,394	0,228	21,612	1,351

* Parâmetros das equações ajustados para chuvas com tempo de duração (t) entre 10 e 360 minutos; ** Jusante Peixoto de Azevedo.

Os resultados da análise de desempenho das curvas IDF nas estimativas da intensidade de precipitação máxima, em diferentes durações e tempos de retorno, nas estações pluviográficas do Mato Grosso são apresentadas na TABELA 7. A análise dos índices estatísticos demonstram que todas as equações apresentaram um bom desempenho. Os valores de R^2 foram sempre superiores a 86,65% (Humboldt) alcançando o máximo de 95,96% (Jusante Foz de Peixoto de Azevedo).

As estimativas do erro absoluto médio (MAE) e a raiz do erro quadrático médio (RMSE) medem a magnitude dos erros em um conjunto de estimativas, nas unidades da variável de interesse, onde valores de MAE e RMSE iguais a zero indicam ajuste perfeito do modelo à série de dados observados (MORIASI et al., 2007). Assim é possível inferir um bom ajuste das equações, que mostraram erros de estimativa máximo de $15,2 \text{ mm h}^{-1}$ (MAE) e $18,9 \text{ mm h}^{-1}$ (RMSE), na estação de Pontes e Lacerda, e erro médio de todas as estações de $9,9 \text{ mm h}^{-1}$ (MAE) e $12,7 \text{ mm h}^{-1}$ (RMSE).

A análise do índice Viés evidencia subestimativa de todos os modelos com exceção da estação Fazenda Taquari onde ocorre uma superestimativa de $0,3 \text{ mm h}^{-1}$. A avaliação do índice de concordância de Willmott (d) e índice de eficiência de Nash-

Sutcliffe (Ens) confirmam o bom ajuste dos modelos, visto que os valores foram próximos a 1, podendo serem classificados como modelos adequados, segundo critério de Van Liew et al. (2007).

TABELA 7 - Desempenho das estimativas de intensidade de precipitação máxima média anual, para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.

Estações	R ²	MAE (mm h ⁻¹)	RMSE (mm h ⁻¹)	Viés	d	Ens
Bioma Amazônia e Transição (Mesorregião Norte)						
1 – Jus Foz Peixoto*	0,9596	8,21	10,25	-1,87	0,9902	0,9631
2 - Alta Floresta	0,9579	6,82	8,40	-0,45	0,9899	0,9616
3 - Humboldt	0,8665	10,57	14,17	-0,76	0,9656	0,8781
4 - Porto dos Gaúchos	0,8918	12,49	14,87	-5,35	0,9707	0,9012
Ecótono dos Biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal (Mesorregião Sudoeste)						
5 - Mato Grosso	0,8876	12,84	14,24	-5,84	0,9710	0,8973
6 - Pontes e Lacerda	0,8912	15,18	18,91	-8,78	0,9701	0,9007
7 - Porto Esperidião	0,9275	9,31	12,34	-1,95	0,9802	0,9338
Bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste)						
8 - Paranatinga	0,9447	7,46	9,58	-4,05	0,9855	0,9495
9 - Xavantina	0,9287	10,62	13,25	-1,99	0,9835	0,9349
10 - Rondonópolis	0,9536	9,49	11,77	-4,63	0,9876	0,9577
11 - Ponte Branca	0,9269	7,92	9,73	-2,78	0,9808	0,9333
12 - Alto Garças	0,9414	9,33	15,69	-2,28	0,9857	0,9465
13 - Alto Araguaia	0,9263	7,99	10,29	-2,72	0,9808	0,9327
14 - Fazenda Taquari	0,9227	9,98	13,94	0,31	0,9803	0,9295

* Jusante Foz Peixoto de Azevedo

Com as relações das curvas IDF ajustadas para as estações pluviométricas empregadas neste estudo, foi realizada a avaliação de dependência espacial dos parâmetros da equação de chuvas intensas por meio do coeficiente de variação (CV), conforme Silva; Oliveira (2017), presentes na TABELA 8.

Os parâmetros “k” e “b” obtiveram valores com alta variação, indicando não haver existência de uma dependência espacial entre as estações estudadas. Os parâmetros “a” e “c” apresentaram variabilidade média com valores de CV, para o Estado, de 33,39% e 21,08% respectivamente. Grande variação dos parâmetros da equação, dentro de um mesmo Estado, também foram relatados para a Bahia (SILVA et al., 2002); Tocantins (SILVA et al., 2003), Mato Grosso do Sul (SANTOS et al., 2009); Pernambuco (SILVA et al., 2012); e Piauí (CAMPOS et al., 2014).

Apesar da média geral das estações do Estado apresentar alta variação para os parâmetros da equação IDF, as estações do Bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste)

apresentaram CV médios dos parâmetros “k” (33.94%); “a” (36.92); “b” (36.95%) e baixa variabilidade do parâmetro “c” (7.66%). A variabilidade menor nas estações do Cerrado, contudo, pode ter ocorrido devido ao maior número de estações localizadas próximas entre si.

A variabilidade dos parâmetros entre as estações pode ser explicada pelo fato de as chuvas intensas tratarem-se de uma variável física ambiental, as quais exigem modelos estatísticos mais complexos para aplicação, em razão, principalmente, da alta variabilidade e grande número de atributos envolvidos na dinâmica do fenômeno (MELLO; SILVA, 2009).

TABELA 8 – Estatística Descritiva para os parâmetros das Equações IDF nos Biomas do Estado de Mato Grosso.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)*
Bioma Amazônia e Transição (Mesorregião Norte)					
k	470,837	5979,292	3655,957	2369,071	64,80
a	0,098	0,163	0,126	0,028	22,33
b	4,347	48,214	25,438	18,331	72,06
c	0,580	1,036	0,915	0,224	24,43
Bioma Amazônia e Transição (Mesorregião Sudoeste)					
k	748,555	9750,604	3828,948	5129,698	133,97
a	0,102	0,207	0,171	0,060	35,12
b	9,945	33,438	19,037	12,614	66,26
c	0,700	1,215	0,915	0,267	29,23
Bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste)					
k	6037,949	14615,726	8989,742	3051,357	33,94
a	0,086	0,228	0,150	0,055	36,92
b	17,764	47,690	33,521	12,386	36,95
c	1,100	1,351	1,212	0,093	7,66
Estado de Mato Grosso					
k	470,837	14615,726	6359,919	4134,327	65,01
a	0,086	0,228	0,148	0,049	33,39
b	4,347	48,214	28,108	14,484	51,53
c	0,580	1,351	1,064	0,224	21,08

* CV < 12% - baixa variabilidade; 12% < CV < 60% - média variabilidade; CV > 60% - alta variabilidade (SILVA; OLIVEIRA, 2017).

Os resultados das intensidades de precipitação ajustadas, nos diferentes tempos de retorno, por meio das equações IDF de intensidades das precipitações médias

máximas para a estação do Estado de Mato Grosso são exibidas nas FIGURA 7, FIGURA 8 e ANEXO 2.

Conforme esperado observa-se a redução da intensidade com o aumento da duração da chuva e redução do tempo de retorno. Esse comportamento é típico das curvas IDF, como pode ser verificado em diversos trabalhos (BEIJO et al. 2005; MORUZZI; OLIVEIRA, 2009; SILVA; SILVEIRA, 2011; SILVA; DE OLIVEIRA, 2017).

As maiores variações de intensidade de chuva ocorreram para as precipitações com duração até 120 minutos, havendo suavização na redução da curva após essa duração (FIGURA 7; FIGURA 8). A maior intensidade de chuva estimada pelas equações, com duração de 10 minutos, foi obtida para a estação pluviométrica de Alto Garça ($278,8 \text{ mm h}^{-1}$), e para as durações de 60 e 360 minutos na estação de Pontes e Lacerda ($98,6$ e $30,7 \text{ mm h}^{-1}$, respectivamente). Em contrapartida a menor intensidade de chuva estimada, com duração de 10 minutos, foi obtida para a estação Mato Grosso ($82,1 \text{ mm h}^{-1}$), e para as durações de 60 e 360 minutos na estação Fazenda Taquari ($24,4$ e $3,0 \text{ mm h}^{-1}$, respectivamente).

Apesar das variações de intensidade de chuva estimada, todas as intensidades ajustadas pelas equações IDF, independente da duração da chuva ou tempo de retorno, podem ser consideradas como intensas, segundo classificação proposta por Wilken (1978).

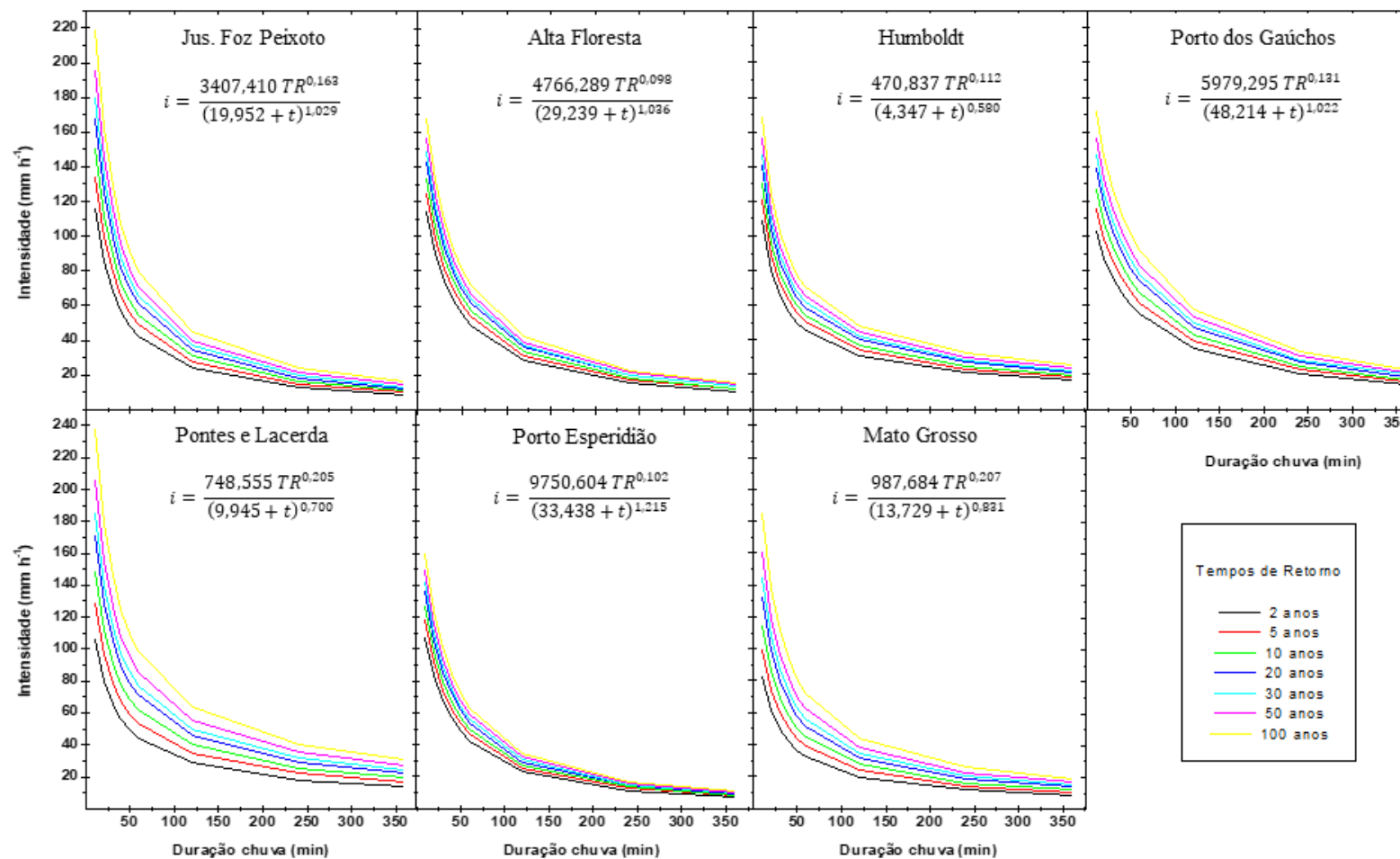


FIGURA 7 - Curvas de Intensidade de precipitação máxima para diferentes períodos de retorno, ajustados por meio das equações IDF para os postos pluviográficos dos biomas Amazônia e Ecótono dos Biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal, no Estado de Mato Grosso.

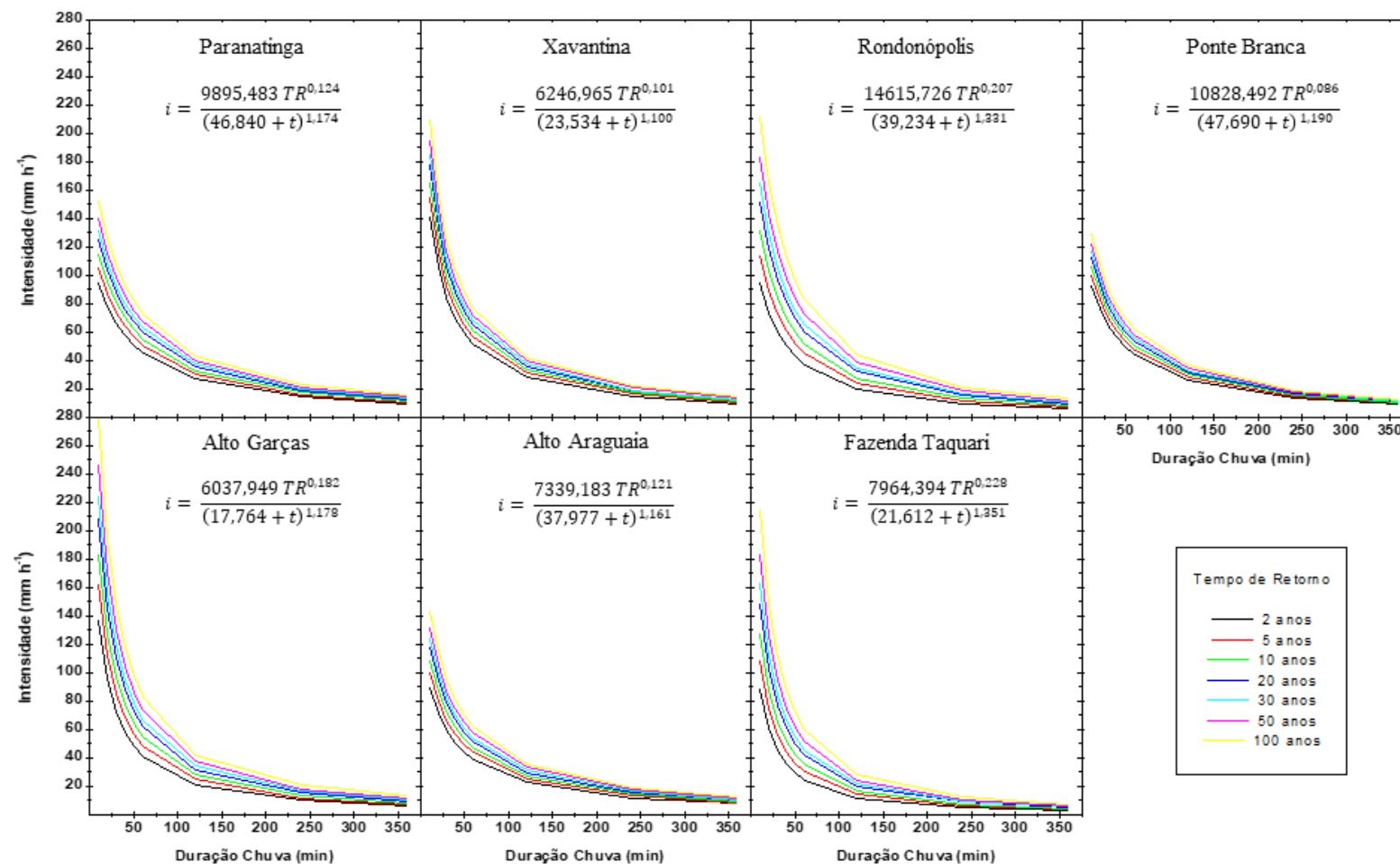


FIGURA 8 - Curvas de Intensidade de precipitação máxima para diferentes períodos de retorno, ajustados por meio das equações IDF para os postos pluviográficos do bioma Cerrado, no Estado de Mato Grosso.

5. CONCLUSÃO

A distribuição Generalizada de Valores Extremos foi a única com ajuste significativo a todas as durações de chuvas, em todas as estações, sendo a mais indicada para o Estado.

As equações de IDF foram ajustados com bom desempenho das estimativas de intensidade de precipitação máxima média para os tempos de duração de chuva de 10 a 360 minutos e tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos.

Os parâmetros ajustados das curvas IDF apresentaram grande variabilidade entre as estações do Estado não sendo indicada sua regionalização e indicando a necessidade de maior distribuição de estações no Estado de forma a otimizar os ajustes das equações IDF.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. T. **Espacialização de chuvas intensas: uma nova proposta**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2017.

ALVES, L. M. Clima da região centro-oeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA N.J.; SILVA M.G.A.J.; DIAS M.A.F.S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, Cap. 15, 2009. 463 p.

ALVES, A. V .P.; DA SILVA SANTOS, G. B.; DE MENEZES FILHO, F. C. M.; SANCHES, L. Análise dos métodos de estimação para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013.

ANDREAE, M. O.; ROSENFELD, D.; ARTAXO, P.; COSTA, A. A.; FRANK, G. P.; LONGO, K. M.; SILVA-DIAS, M. A. F. Smoking rain clouds over the Amazon. **science**, Washington, v. 303, n. 5662, p.1337-1342, 2004.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008.

AZEVEDO, P. R. M. **Introdução à estatística**. 3. ed. Natal : EDUFRRN, 2016. 235 p.

BACK, A. J. Relações intensidade-duração-frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, 575-581, 2006.

BACK, A. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p.2127-2134, 2011.

BACK, A. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 391–398, 2012.

BATISTÃO, A. C.; LAVEZO, A.; PESSOA, M. J. G.; DALLACORT, R.; DE CARVALHO, M. A. C. Distribuição temporal e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Juína (MT). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 13, p. 258-270, 2014.

BAUTISTA, E. A. L., **A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade máxima do vento em Piracicaba, SP**. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2002.

BAUTISTA, E. A. L.; ZOCCHI, S. S.; ANGELOCCI, L. R. A Distribuição generalizada de valores extremos aplicada ao ajuste de dados de velocidade máxima do vento em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 95-111, 2004.

BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; CASTRO NETO, P. Tempo de retorno das precipitações máximas em lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p.657-667, 2005.

BEIJO, L. A.; VIVANCO, M. J. F.; MUNIZ, J. A. Análise Bayesiana no estudo do tempo de retorno das precipitações pluviais máximas em Jaboticabal (SP). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 261-270, 2009.

CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D. S. Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 488-498, 2014.

CASTRO, A. L. P. de; SILVA, C. N. P.; SILVEIRA, A. Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT). **Ambiência-Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v.7, n.2, p.305-315, 2011.

CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PRUSKI, F. F.; HOLLANDA, M. P.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 82-92, 2009.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; LARRY, W. **Applied hydrology**. McGrawHill International editions, 1988. 540 p.

CLAEYS, M.; GRAHAM, B.; VAS, G.; WANG, W.; VERMEYLEN, R.; PASHYNSKA, V.; CAFMEYER, J.; GUYON, P.; ANDREAE, M.O.; ARTAXO, P.; MAENHAUT, W. Formation of secondary organic aerosols through photooxidation of isoprene. **Science**, Washington, v. 303, n. 5661, p.1173-1176, 2004.

DAVIDSON, E. A.; DE ARAÚJO, A. C.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W. The Amazon basin in transition. **Nature**, London, v. 481, n. 7381, p. 321; 2012.

DENARDIN, J. L.; FREITAS, P. L. Características fundamentais da chuva no Brasil, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 10, p. 1409-1416, 1982.

EUCLYDES, H. P. **Saneamento agrícola: atenuação de cheias; metodologia e projeto**. 2 ed. Belo Horizonte: Ruralminas, 1987. 320 p.

FENDRICH, R. **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná**. 2ª. Edição. Gráfica Vicentina Editora Ltda. Curitiba/PR, 2003, 101 p.

FIETZ, C.; COMUNELLO, E.; CREMON, C.; DALLACORT, R.; PEREIRA, S. **Chuvas intensas no estado de Mato Grosso**. Embrapa Agropecuária Oeste- Documentos (INFOTECA-E), 2010.

FISCH, G. **Camada Limite Amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. 138 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - São José dos Campos, 1995.

FORSDYKE, A. G. **Previsão do tempo e clima**. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1978. 159 p.

FREITAS, A. J.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A.; PEREIRA, S. B.; GOMES FILHO, R. R.; TEIXEIRA, A. F.; BAENA, L. G. N.; MELLO, L. T. A.; NOVAES, L. F. **Equações de chuvas intensas para o Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 65p.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over west-central Brazil. **Journal of climate**, Boston, v. 17, n. 1, p.47-66, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Mapa Biomas. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 de abril de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de dados por Estado. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/panorama>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

JENKINSON, A. F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Berks, v. 81, p. 158-71, 1955.

JUNIOR, D. M.; RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; DA SILVA, F. S. Distribuição E Probabilidade De Precipitação Para Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13 n. 24; p. 435-447, 2016.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 107, p. 1140-1153, 1979.

KOUTSOYIANNIS, D.; KOZONIS, D.; MANETAS, A. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 206, p. 118-135, 1998.

KRAUSE, P.; BOYLE, D. P.; BÄSE, F. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. **Advances in Geosciences**, Gotinga, v. 5, p. 89-97, 2005.

KUO, J. T.; ORVILLE, H. D. A Radar climatology of summertime convective clouds in the Black Hills. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 12, p. 359-368, 1973.

MARCUZZO, F. F.; MELO, D. D. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p.157-167, 2011.

MARTINS, E. S.; STEDINGER, J. R. Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data. **Water Resources Research**, Washington, v. 36, n. 3, p. 737-744, 2000.

MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; HIROKO INOUE, M.; SANTI, A.; KOLLING, E. M.; COLETTI, A. J. Probabilidade De Precipitação Para A Microregião De Tangará Da Serra, Estado Do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, 2010.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 68-74, 2009.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455p.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 37-44. 2012.

MÉNDEZ, L.; JUAN, A.; HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, A.; GARRIDO MONAGAS, M.; ANDALIA GILBERT, A. I. Captación de lluvia con pluviógrafos de cubeta y su postprocesamiento. **Ingeniería Hidráulica y Ambiental**, v. 34, n. 2, p. 73-87, 2013.

MOREIRA, P. S. P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R. A.; INOUE, M. H.; STIELER, M. C.; SILVA, D. D.; MARTINS, J. A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2010.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007.

MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, S. C. de. Relação entre intensidade, duração frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, n. 13, v. 9, p. 59-68, 2009.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. D. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NIMER, E. Climatologia do brasil: Introdução à Climatologia Dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 4; p. 3-30, 1972.

NÓIA, C. P. Z. **Estimativa de precipitação pluvial máxima para o Estado de Mato Grosso do Sul**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS, 2013.

OLIVER, J. E.; HIDORE, J. J. Climatology – **An atmospheric science**. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B; SARMENTO, P. H. L; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.

OLIVEIRA, L. F. C; ANTONINI, J. C. A.; GRIEBELER, N. P. Estimativas de chuvas intensas para o estado de Goiás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 22-33, 2008.

PEREIRA, D. R.; MARTINEZ, M. A.; ALMEIDA, A. Q.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; ZONTA, J. H. Hydrological simulation using SWAT model in headwater basin in southeast Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 789-799, 2014.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri–Goiás. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas; DNOS, 1957. 420p.

PINTO, F. A. **A chuvas intensas no estado de Minas Gerais: análise e modelos**. Viçosa, MG: UFV, Tese Doutorado em Irrigação e Drenagem, 1995.

PIRES, T. B; PIERANGELI, M. A. P. Composição florística e fertilidade do solo no garimpo de ouro da Lavrinha, Pontes e Lacerda, MT, Brasil. **Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 239-254, 2011.

PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; PALHANA MOREIRA, P. S. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, 2012.

QUADROS, L. E.; DE QUEIROZ, M. M. F.; ANTONIO, M. Vilas Boas Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 401-410, 2011.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; JUNIOR, S. S.; DE MIRANDA QUEIROZ, T. Precipitação Pluvial De Diamantino-MT Em Anos De Ocorrência De El Niño, La Niña E Neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 1, p.71-80, 2015.

RAO, V. B.; CAVALCANTI, I. F.; HADA, K. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Hoboken, v. 101, p. 26539-26551, 1996.

RODRIGUES, J; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, T; LOBATO, F. Equações de intensidade – duração – frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, p. 511-519, 2008.

SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, E. J. Mesoscale convective systems over southeastern South America and their relationship with the South American low-level jet. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 135, n. 4, p.1290-1309, 2007.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 899-905, 2009.

SELUCHI, M.E. Geadas e Friagens. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA N.J.; SILVA M.G.A.J.; DIAS M.A.F.S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.

SILVA, D. D.; PINTO, F. R. L. P.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 1, p. 11-21, 1999.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. Chuvas intensas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 11, n. 4, p. 1-8, 2003.

SILVA, B. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, F. B.; ARAÚJO FILHO, P. F. Chuvas intensas em localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 135-147, 2012.

SILVA, C. B.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas extremas na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 20, p. 267-283, 2017.

SILVEIRA, L. F.; D'HORTA, F. M. A avifauna da região de Vila Bela da Santíssima Trindade, Mato Grosso. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 42, n. 10, p.265-286, 2002.

SOUZA, A. P. de; MOTA, L. L. da; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T. de; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado

de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. DOI: 10.14583/2318-7670.v01n01a07.

STONE, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. **Solar Energy**, Kidlington, v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

TUCCI, C.E. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. São Paulo: Editora da, 2012. 944 p.

VAN LIEW, M. W.; VEITH, T. L.; BOSCH, D. D.; ARNOLD, J. G. Suitability of SWAT for the conservation effects assessment project: a comparison on USDA-ARS watersheds. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v. 12, n. 2, p.173-189, 2007.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. INMET, 2000. 463 p.

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

WANG, J.; KREJCI, R.; GIANGRANDE, S.; KUANG, C.; BARBOSA, H. M.; BRITO, J.; CARBONE, S.; CHI, X.; COMSTOCK, J.; DITAS, F.; LAVRIC, J. Amazon boundary layer aerosol concentration sustained by vertical transport during rainfall. **Nature**, London, n. 539, v. 7629, p.416, 2016.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 487 p

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, Boston, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.

7. ANEXOS

ANEXO 1 – Distribuições significativas e seus respectivos α para em diferentes tempos de duração de chuva, para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.

Distribuição	Duração da Chuva (min)									
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360
Bioma Amazônia (Mesorregião Norte)										
1. Jusante Peixoto de Azevedo										
GEV	0,9426	0,9093	0,8698	0,905	0,9167	0,9187	0,3996	0,8104	0,6152	0,9038
Gen. Pareto	0,8711	0,8790	0,9371	0,7551	0,8268	0,9578	0,5932	0,7414	0,5512	0,8770
Inv. Gaussiana (3P)	0,8139	0,4121	0,9100	0,8208	0,7488	9244	0,2107	0,8505	0,8474	0,7315
Lognormal	0,7456	0,8234	0,7112	0,9484	0,2298	0,4273	0,4697	0,9119	0,8730	0,8460
Log-Pearson 3	0,8519	0,9019	0,8239	0,9471	0,8916	0,7129	0,6159	0,9880	0,9646	0,9624
Pearson 5 (3P)	0,8786	0,5355	0,7692	0,9656	0,6132	0,8144	0,5418	0,4365	0,6955	0,5303
Pearson 6	0,8307	0,8549	0,7547	0,9594	0,3331	0,4834	0,6689	0,9856	0,9421	0,8782
Weibull	0,7708	0,7181	0,5849	0,7819	0,2789	0,5384	0,576	0,8758	0,8893	0,9073
Weibull (3P)	0,2992	0,5111	0,7742	0,8768	0,9134	0,3626	0,3820	0,7494	0,8882	0,5073
2. Alta Floresta										
Frechet (3P)	0,7653	0,5164	0,9043	0,8193	0,8909	0,2930	0,3548	0,5245	0,6691	0,2857
Gamma	0,9317	0,7263	0,9492	0,7721	0,9072	0,2374	0,2307	0,3442	0,3958	0,2942
GEV	0,8397	0,9292	0,9091	0,8866	0,9965	0,8861	0,6689	0,8200	0,4404	0,7004
Gen. Pareto	0,7254	0,7669	0,7313	0,6713	0,9885	0,4559	0,8750	0,7774	0,5920	0,5431
Pearson 5 (3P)	0,9012	0,7631	0,9695	0,7394	0,9268	0,3143	0,2489	0,5864	0,6456	0,2424
3. Humboldt										
Frechet	0,2271	0,2542	0,2160	0,2551	0,2802	0,2428	0,6093	0,5770	0,8453	0,7478
GEV	0,9285	0,8491	0,9753	0,9960	0,9580	0,9995	0,5694	0,3625	0,3890	0,8294
Gen. Gamma	0,6627	0,3882	0,5001	0,8605	0,5026	0,9843	0,7208	0,3232	0,2436	0,7198

Gen. Pareto	0,7683	0,8070	0,9300	0,9202	0,6418	0,9776	0,7250	0,5193	0,3576	0,8561
Lognormal	0,5435	0,3618	0,4354	0,7656	0,5194	0,9659	0,6398	0,4146	0,5804	0,6398
Log-Pearson 3	0,7639	0,5941	0,7907	0,9705	0,7763	0,9975	0,7228	0,4887	0,8497	0,7214
Pearson 5	0,4266	0,3335	0,3706	0,6505	0,5243	0,9137	0,4668	0,5802	0,9574	0,6609
Pearson 5 (3P)	0,7813	0,4190	0,5266	0,9297	0,5265	0,9852	0,4528	0,2056	0,2200	0,6058
Pearson 6	0,4119	0,3345	0,4743	0,4980	0,5347	0,9425	0,4663	0,5839	0,9566	0,6999
Weibull	0,5295	0,4398	0,4978	0,6457	0,6918	0,9294	0,8033	0,5600	0,6947	0,7908
Weibull (3P)	0,2542	0,6895	0,9803	0,9873	0,5500	0,9844	0,7888	0,6717	0,5440	0,9259

4. Porto dos Gaúchos

Frechet (3P)	0,6630	0,5747	0,6080	0,8422	0,9712	0,6003	0,1089*	0,3268	0,9926	0,7208
GEV	0,8914	0,6779	0,8562	0,9446	0,9845	0,6909	0,6213	0,2819	0,4775	0,3548
Log-Pearson 3	0,9535	0,8277	0,7360	0,8874	0,9805	0,4558	0,2734	0,3088	0,5407	0,5663
Pearson 6	0,8679	0,4007	0,6263	0,8351	0,9483	0,2598	0,1182*	0,4577	0,5686	0,8018
Weibull	0,8051	0,5677	0,5294	0,8675	0,7918	0,2969	0,2598	0,3121	0,2141	0,7865

Ecótono dos Biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal (Mesorregião Sudoeste)

5. Mato Grosso

GEV	0,6650	0,8464	0,7989	0,9217	0,9632	0,5245	0,9780	0,9209	0,9633	0,9911
Gen. Pareto	0,5057	0,8704	0,6981	0,8102	0,8168	0,3530	0,9625	0,9065	0,8930	0,9644
Inv. Gaussiana	0,3332	0,9550	0,3225	0,4438	0,7624	0,4622	0,4331	0,3278	0,8399	0,7487
Inv. Gaussiana (3P)	0,8901	0,8158	0,8947	0,8116	0,9887	0,8562	0,6705	0,5069	0,7764	0,2350
Pearson 6	0,6321	0,9529	0,5457	0,3181	0,4154	0,2752	0,9947	0,9676	0,9823	0,3118

6. Pontes e Lacerda

Frechet	0,4725	0,3927	0,4589	0,6907	0,8194	0,3122	0,7890	0,9355	0,7952	0,7952
GEV	0,9604	0,9656	0,9808	0,9882	0,9998	0,8496	0,7536	0,9629	0,7532	0,6149
Gen. Pareto	0,8578	0,8123	0,8984	0,9607	0,9913	0,8354	0,6317	0,9490	0,7287	0,4995
Inv. Gaussiana	0,9773	0,8866	0,9854	0,9776	0,9993	0,6627	0,2399	0,6706	0,2081	0,2081
Inv. Gaussiana (3P)	0,9676	0,8095	0,9755	0,9777	0,9987	0,6488	0,2426	0,8404	0,9069	0,6045
Lognormal	0,9845	0,9122	0,9802	0,9724	0,9993	0,6523	0,8682	0,6625	0,4212	0,4212
Log-Pearson 3	0,9829	0,9445	0,9622	0,9869	0,9996	0,7722	0,9160	0,9680	0,8710	0,7614

Pearson 5	0,9677	0,8934	0,9075	0,9865	0,9991	0,4953	0,8296	0,9278	0,6965	0,6965
Pearson 5 (3P)	0,9824	0,9081	0,9695	0,9745	0,9991	0,7843	0,4278	0,8252	0,9805	0,8060
Pearson 6	0,9733	0,9270	0,9735	0,9746	0,9986	0,8120	0,4278	0,9249	0,6977	0,9805
Weibull	0,8596	0,7128	0,8495	0,9127	0,9799	0,6065	0,7652	0,8038	0,9569	0,9569

7. Porto Esperidião

Frechet (3P)	0,1286*	0,7792	0,1725*	0,3226	0,3557	0,2159	0,5780	0,9895	0,9492	0,8569
GEV	0,1808*	0,7078	0,6865	0,9878	0,9496	0,8587	0,8313	0,3588	0,1832*	0,8835
Gen. Pareto	0,1536*	0,6082	0,4114	0,8952	0,7962	0,3639	0,9181	0,5215	0,2121	0,7184
Inv. Gaussiana (3P)	0,1092*	0,7853	0,5610	0,7174	0,7500	0,2295	0,5352	0,8562	0,8193	0,7450
Pearson 5 (3P)	0,1494*	0,7793	0,5096	0,6912	0,5967	0,2004	0,6121	0,9551	0,9559	0,8334
Weibull (3P)	0,1420*	0,5256	0,6897	0,7308	0,8170	0,2588	0,5452	0,9449	0,7627	0,4584

Bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste)

8. Paranatinga

Gamma	0,4977	0,4893	0,3083	0,3235	0,7882	0,8308	0,6669	0,4944	0,7608	0,8118
GEV	0,6257	0,7395	0,5267	0,5928	0,7518	0,8829	0,9814	0,3152	0,8536	0,9544
Gen. Gamma	0,4671	0,4098	0,4704	0,2739	0,7592	0,8175	0,6536	0,2903	0,6595	0,6788
Gen. Pareto	0,8130	0,8934	0,7320	0,4280	0,5405	0,6642	0,9763	0,4009	0,6572	0,9732
Inv. Gaussiana (3P)	0,5001	0,4881	0,3556	0,4656	0,9343	0,9033	0,8913	0,3083	0,8305	0,6179
Lognormal	0,4616	0,4313	0,4441	0,3327	0,6323	0,7835	0,3787	0,6388	0,8432	0,6377
Pearson 5 (3P)	0,4913	0,5459	0,3736	0,4778	0,8868	0,8529	0,3953	0,2745	0,8431	0,5785
Pearson 6	0,4580	0,4601	0,7054	0,3995	0,5885	0,8012	0,7038	0,7919	0,6724	0,6697
Weibull (3P)	0,4911	0,7206	0,6397	0,5027	0,9038	0,8694	0,4890	0,3121	0,7660	0,6011

9. Xavantina

Frechet	0,7142	0,3219	0,4739	0,6085	0,3823	0,6212	0,6960	0,4922	0,7708	0,9812
Gamma (3P)	0,8119	0,8537	0,5296	0,9514	0,8215	0,9213	0,3230	0,4383	0,3421	0,3577
GEV	0,9889	0,9868	0,9098	0,9543	0,7167	0,9846	0,8606	0,9829	0,4840	0,9871
Gen. Gamma	0,8588	0,8214	0,2878	0,9445	0,7611	0,8893	0,6781	0,5581	0,6586	0,2805
Gen. Pareto	0,8629	0,8898	0,7476	0,9762	0,4840	0,9760	0,8843	0,9581	0,6595	0,9845
Inv. Gaussiana (3P)	0,8729	0,9135	0,5550	0,9070	0,8813	0,9354	0,3268	0,6137	0,2725	0,9984

Lognormal	0,8594	0,8113	0,5235	0,9402	0,7014	0,8365	0,6623	0,5754	0,5874	0,8822
Log-Pearson 3	0,9496	0,8638	0,8442	0,9591	0,9142	0,9468	0,7552	0,8525	0,6707	0,9999
Pearson 5	0,8590	0,6765	0,5157	0,9360	0,6369	0,7796	0,6719	0,3696	0,6023	0,9881
Pearson 5 (3P)	0,2063	0,8899	0,5371	0,9510	0,7988	0,9157	0,4487	0,6301	0,3720	0,9972
Pearson 6	0,8337	0,6760	0,4921	0,9280	0,7532	0,9137	0,6634	0,6330	0,5862	0,9887
Weibull	0,8678	0,6119	0,7250	0,8703	0,3815	0,7518	0,7476	0,7342	0,6842	0,8977
Weibull (3P)	0,9115	0,9528	0,7101	0,9368	0,9520	0,8840	0,6399	0,7383	0,7621	0,7261

10. Rondonópolis

Gamma (3P)	0,2828	0,8367	0,9507	0,3858	0,7469	0,7641	0,7276	0,6855	0,8784	0,7988
GEV	0,9024	0,7728	0,9764	0,3909	0,8652	0,8893	0,9008	0,8090	0,9417	0,8057
Gen. Gamma (4P)	0,3791	0,7977	0,2180	0,4605	0,3619	0,9612	0,9413	0,7282	0,8667	0,7548
Gen. Pareto	0,6935	0,5304	0,8402	0,3277	0,7611	0,5923	0,8319	0,7431	0,9577	0,6093
Gumbel Max	0,7457	0,7574	0,9670	0,2375	0,6011	0,5423	0,3492	0,7543	0,9880	0,9330
Inv. Gaussiana	0,7758	0,7199	0,9620	0,2552	0,5761	0,4694	0,3278	0,7788	0,7051	0,8216
Inv. Gaussiana (3P)	0,9112	0,8483	0,9505	0,4161	0,7807	0,4170	0,4942	0,6797	0,7618	0,8390
Lognormal (3P)	0,9038	0,8518	0,9523	0,4808	0,8107	0,8695	0,3618	0,6839	0,8673	0,8537
Pearson 5 (3P)	0,8883	0,8576	0,9533	0,5297	0,8361	0,4266	0,4430	0,7211	0,7705	0,7218
Weibull (3P)	0,4157	0,7068	0,9585	0,4318	0,7359	0,9558	0,9759	0,9171	0,8694	0,6811

11. Ponte Branca

Frechet (3P)	0,2364	0,6656	0,7665	0,6073	0,4173	0,6537	0,9615	0,5037	0,2496	0,9754
GEV	0,7480	0,8688	0,7644	0,9927	0,9055	0,8456	0,8119	0,2257	0,1569*	0,9446
Gen. Pareto	0,3614	0,9878	0,8879	0,8564	0,9265	0,2235	0,8937	0,3613	0,2047	0,7591
Log-Pearson 3	0,5816	0,7225	0,7248	0,9314	0,6596	0,6533	0,9127	0,2081	0,3797	0,8914
Pearson 5 (3P)	0,3873	0,6530	0,6352	0,7990	0,6077	0,5852	0,9675	0,2450	0,3770	0,9687
Weibull (3P)	0,6250	0,6433	0,6297	0,9397	0,8711	0,8497	0,3943	0,2472	0,2238	0,8914

12. Alto Graça

GEV	0,9165	0,9678	0,9366	0,9903	0,9969	0,9683	0,9679	0,2472	0,4091	0,8870
Gen. Pareto	0,8933	0,9751	0,9632	0,9463	0,9353	0,9903	0,9825	0,3843	0,3110	0,9387
Inv. Gaussiana (3P)	0,8747	0,8898	0,8426	0,9531	0,9893	0,8781	0,7566	0,5331	0,9294	0,8906

Lognormal	0,8609	0,9092	0,8137	0,9802	0,9868	0,9446	0,7302	0,3744	0,3965	0,7086
Log-Pearson 3	0,8890	0,9548	0,8992	0,9981	0,9965	0,9636	0,9759	0,5513	0,6955	0,8557
Pearson 5	0,8536	0,9006	0,7178	0,9148	0,9876	0,9282	0,2831	0,6619	0,5659	0,7740
Pearson 5 (3P)	0,8684	0,8870	0,8166	0,9869	0,9865	0,9221	0,7322	0,8353	0,8110	0,8897
Pearson 6	0,8316	0,9043	0,8164	0,9844	0,9880	0,9134	0,8606	0,6620	0,5789	0,7709
Weibull	0,9139	0,9059	0,8653	0,9744	0,9487	0,8336	0,8223	0,5828	0,3530	0,6715
Weibull (3P)	0,9133	0,9038	0,8848	0,9925	0,9959	0,7702	0,6213	0,6889	0,5122	0,9243

13. Alto Araguaia

Frechet (3P)	0,7509	0,5639	0,8945	0,3827	0,9900	0,5161	0,6619	0,9981	0,9806	0,8646
Gamma (3P)	0,9394	0,5600	0,9401	0,6449	0,9985	0,9064	0,8699	0,4659	0,9227	0,8496
GEV	0,9966	0,6480	0,9285	0,8574	0,9835	0,6971	0,6744	0,9897	0,7646	0,9329
Gen. Gamma	0,9558	0,3784	0,9364	0,5112	0,9974	0,5446	0,8934	0,5027	0,6736	0,8458
Gen. Pareto	0,9952	0,4232	0,8749	0,6917	0,8334	0,5492	0,7197	0,9505	0,9157	0,9629
Inv. Gaussiana (3P)	0,9952	0,5482	0,9427	0,7232	0,9891	0,9348	0,3830	0,9889	0,9731	0,5926
Lognormal	0,9200	0,4184	0,9500	0,4052	0,9934	0,3590	0,7373	0,9014	0,9662	0,9253
Pearson 5 (3P)	0,9633	0,5303	0,9424	0,5323	0,9989	0,9199	0,6633	0,6907	0,9737	0,8810
Pearson 6	0,8874	0,4387	0,9224	0,3066	0,9743	0,5394	0,8760	0,9792	0,6784	0,8498
Weibull	0,9359	0,5243	0,9747	0,3600	0,8365	0,3433	0,8157	0,6375	0,9101	0,6949
Weibull (3P)	0,9059	0,5573	0,9371	0,9360	0,9939	0,7378	0,5222	0,5999	0,8754	0,8351

14. Fazenda Taquari

Frechet (3P)	0,6218	0,6978	0,8551	0,9199	0,9372	0,9693	0,3244	0,9725	0,8357	0,5849
GEV	0,7310	0,7198	0,7964	0,8982	0,9422	0,9535	0,3119	0,9780	0,4916	0,4866
Gen. Pareto	0,6190	0,8522	0,6260	0,7661	0,7581	0,7951	0,2752	0,9822	0,4255	0,4249
Inv. Gaussiana	0,3154	0,6508	0,6946	0,8188	0,9850	0,9177	0,4146	0,2472	0,8014	0,2054
Inv. Gaussiana (3P)	0,5634	0,6453	0,7384	0,8446	0,9382	0,9646	0,3357	0,9424	0,5791	0,6219
Log-Pearson 3	0,5056	0,6839	0,7793	0,8014	0,9228	0,9613	0,5549	0,9365	0,8077	0,6205
Pearson 5 (3P)	0,6048	0,6839	0,8316	0,9280	0,9792	0,9709	0,3082	0,9032	0,8171	0,5644
Weibull	0,3004	0,6086	0,8112	0,7323	0,8695	0,7019	0,2966	0,9185	0,8771	0,7597

*Significativo pelo teste de Kolmogorov Smirnov a 10% de probabilidade.

ANEXO 2 - Intensidade máxima de precipitação (mm h^{-1}), com duração de 10 a 360 minutos, e períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, para o Mato Grosso.

Duração (min)	Tempo de Retorno (anos)						
	2	5	10	20	30	50	100
1 – Jusante Foz Peixoto de Azevedo							
10	115.4	134.0	150.0	168.0	179.5	195.2	218.6
20	85.8	99.6	111.5	124.9	133.5	145.1	162.5
30	68.1	79.1	88.6	99.3	106.1	115.3	129.1
40	56.5	65.6	73.5	82.3	87.9	95.5	107.0
50	48.2	56.0	62.7	70.2	75.0	81.5	91.3
60	42.0	48.8	54.6	61.2	65.4	71.0	79.6
120	23.6	27.4	30.7	34.4	36.7	39.9	44.7
240	12.5	14.5	16.2	18.2	19.4	21.1	23.6
360	8.4	9.8	11.0	12.3	13.1	14.3	16.0
2 - Alta Floresta							
10	114.0	124.7	133.4	142.8	148.6	156.3	167.3
20	90.1	98.5	105.5	112.9	117.5	123.5	132.2
30	74.4	81.4	87.1	93.2	97.0	102.0	109.2
40	63.3	69.2	74.1	79.3	82.5	86.8	92.9
50	55.0	60.2	64.4	69.0	71.8	75.5	80.8
60	48.6	53.2	57.0	61.0	63.5	66.7	71.4
120	28.6	31.2	33.4	35.8	37.2	39.2	41.9
240	15.5	17.0	18.1	19.4	20.2	21.3	22.7
360	10.6	11.6	12.4	13.3	13.8	14.5	15.5
3 - Humboldt							
10	108.5	120.3	130.0	140.6	147.1	155.8	168.4
20	79.8	88.5	95.6	103.4	108.2	114.6	123.9
30	65.4	72.5	78.3	84.7	88.6	93.9	101.5
40	56.3	62.5	67.5	73.0	76.4	80.9	87.5
50	50.1	55.5	60.0	64.9	67.9	71.9	77.8
60	45.4	50.3	54.4	58.8	61.6	65.2	70.5
120	31.0	34.3	37.1	40.1	42.0	44.5	48.1
240	20.9	23.2	25.1	27.1	28.4	30.1	32.5
360	16.6	18.4	19.9	21.5	22.5	23.8	25.8
4 - Porto dos Gaúchos							
10	102.8	115.9	126.9	138.9	146.5	156.6	171.5
20	87.4	98.6	107.9	118.2	124.6	133.2	145.8
30	76.0	85.7	93.8	102.7	108.3	115.8	126.8
40	67.2	75.8	83.0	90.9	95.8	102.4	112.1
50	60.2	67.9	74.4	81.4	85.8	91.8	100.5
60	54.6	61.5	67.3	73.7	77.7	83.1	91.0
120	34.8	39.2	42.9	47.0	49.5	52.9	58.0
240	20.0	22.6	24.7	27.1	28.6	30.5	33.4
360	14.0	15.8	17.3	19.0	20.0	21.4	23.4
5 - Mato Grosso							
10	82.1	99.3	114.6	132.3	143.9	159.9	184.6
20	61.3	74.1	85.6	98.8	107.4	119.4	137.8
30	49.4	59.8	69.0	79.6	86.6	96.2	111.1

40	41.7	50.4	58.1	67.1	73.0	81.1	93.6
50	36.2	43.7	50.5	58.2	63.3	70.4	81.2
60	32.0	38.7	44.7	51.6	56.1	62.4	72.0
120	19.5	23.6	27.3	31.5	34.2	38.0	43.9
240	11.5	13.9	16.0	18.5	20.1	22.3	25.8
360	8.3	10.1	11.6	13.4	14.6	16.2	18.7
6 - Pontes e Lacerda							
10	106.2	128.2	147.8	170.5	185.3	205.8	237.3
20	79.9	96.5	111.2	128.3	139.4	154.8	178.5
30	65.3	78.9	90.9	104.8	113.9	126.6	145.9
40	55.9	67.4	77.8	89.7	97.5	108.2	124.8
50	49.2	59.4	68.4	78.9	85.8	95.3	109.8
60	44.1	53.3	61.4	70.8	77.0	85.5	98.6
120	28.6	34.5	39.8	45.9	49.9	55.4	63.9
240	18.1	21.9	25.2	29.0	31.6	35.1	40.4
360	13.8	16.6	19.1	22.1	24.0	26.6	30.7
7 - Porto Esperidião							
10	107.3	117.8	126.4	135.6	141.3	148.9	159.8
20	83.4	91.6	98.3	105.4	109.9	115.8	124.2
30	67.7	74.3	79.8	85.6	89.2	94.0	100.9
40	56.7	62.2	66.8	71.7	74.7	78.7	84.4
50	48.5	53.3	57.2	61.4	64.0	67.4	72.3
60	42.3	46.4	49.8	53.5	55.7	58.7	63.0
120	23.2	25.4	27.3	29.3	30.5	32.2	34.5
240	11.5	12.6	13.5	14.5	15.1	15.9	17.1
360	7.4	8.1	8.7	9.3	9.7	10.2	11.0
8 - Paranatinga							
10	94.1	105.3	114.8	125.1	131.5	140.1	152.6
20	77.8	87.1	94.9	103.4	108.7	115.8	126.2
30	66.0	73.9	80.6	87.8	92.3	98.3	107.1
40	57.2	64.1	69.8	76.0	80.0	85.2	92.8
50	50.3	56.4	61.4	66.9	70.4	74.9	81.7
60	44.8	50.2	54.7	59.6	62.7	66.8	72.8
120	26.6	29.8	32.4	35.3	37.2	39.6	43.1
240	14.1	15.8	17.2	18.7	19.7	21.0	22.8
360	9.3	10.5	11.4	12.4	13.1	13.9	15.1
9 - Xavantina							
10	140.6	154.2	165.5	177.5	185.0	194.8	209.0
20	105.5	115.7	124.2	133.2	138.8	146.2	156.8
30	84.0	92.2	98.9	106.1	110.6	116.4	124.9
40	69.6	76.4	81.9	87.9	91.6	96.5	103.5
50	59.2	65.0	69.8	74.8	78.0	82.1	88.1
60	51.5	56.5	60.6	65.0	67.8	71.4	76.6
120	28.4	31.2	33.4	35.9	37.4	39.3	42.2
240	14.5	16.0	17.1	18.4	19.1	20.2	21.6
360	9.6	10.6	11.3	12.2	12.7	13.3	14.3
10 - Rondonópolis							
10	94.2	113.8	131.4	151.6	164.9	183.3	211.5

20	73.6	89.0	102.7	118.6	128.9	143.3	165.4
30	59.8	72.3	83.5	96.3	104.7	116.4	134.4
40	50.0	60.4	69.7	80.5	87.5	97.3	112.3
50	42.7	51.6	59.5	68.7	74.7	83.0	95.8
60	37.0	44.8	51.7	59.6	64.9	72.1	83.2
120	19.7	23.9	27.5	31.8	34.6	38.4	44.3
240	9.3	11.3	13.0	15.0	16.4	18.2	21.0
360	5.8	7.0	8.1	9.3	10.2	11.3	13.0
11 - Ponte Branca							
10	92.3	99.9	106.1	112.6	116.6	121.9	129.4
20	76.3	82.6	87.7	93.1	96.4	100.8	107.0
30	64.8	70.1	74.4	79.0	81.9	85.5	90.8
40	56.1	60.7	64.5	68.4	70.9	74.1	78.6
50	49.3	53.4	56.7	60.2	62.3	65.1	69.2
60	43.9	47.5	50.5	53.6	55.5	58.0	61.6
120	25.9	28.1	29.8	31.6	32.8	34.2	36.4
240	13.6	14.8	15.7	16.6	17.2	18.0	19.1
360	9.0	9.8	10.4	11.0	11.4	11.9	12.6
12 - Alto Garças							
10	136.6	161.4	183.2	207.9	223.8	245.7	278.8
20	95.1	112.4	127.5	144.7	155.8	171.0	194.1
30	72.1	85.2	96.7	109.7	118.1	129.7	147.2
40	57.6	68.1	77.3	87.7	94.4	103.7	117.6
50	47.7	56.4	64.0	72.7	78.2	85.9	97.5
60	40.6	48.0	54.4	61.8	66.5	73.0	82.9
120	20.7	24.5	27.8	31.5	33.9	37.2	42.3
240	9.9	11.7	13.3	15.1	16.2	17.8	20.2
360	6.3	7.5	8.5	9.6	10.3	11.3	12.9
13 - Alto Araguaia							
10	89.1	99.5	108.1	117.6	123.5	131.3	142.8
20	71.5	79.8	86.8	94.4	99.1	105.4	114.6
30	59.4	66.4	72.2	78.4	82.4	87.6	95.2
40	50.7	56.6	61.5	66.9	70.2	74.7	81.2
50	44.0	49.2	53.5	58.1	61.1	64.9	70.6
60	38.9	43.4	47.2	51.3	53.9	57.3	62.3
120	22.3	24.9	27.1	29.5	30.9	32.9	35.8
240	11.6	12.9	14.1	15.3	16.1	17.1	18.6
360	7.6	8.5	9.3	10.1	10.6	11.3	12.2
14 - Fazenda Taquari							
10	87.8	108.3	126.9	148.6	163.0	183.2	214.6
20	60.6	74.7	87.5	102.5	112.5	126.4	148.1
30	45.3	55.8	65.4	76.6	84.1	94.5	110.7
40	35.7	44.0	51.5	60.3	66.2	74.4	87.1
50	29.1	35.9	42.0	49.2	54.0	60.7	71.1
60	24.4	30.1	35.2	41.3	45.3	50.9	59.6
120	11.6	14.3	16.7	19.6	21.5	24.2	28.3
240	5.1	6.2	7.3	8.6	9.4	10.5	12.4
360	3.0	3.7	4.4	5.1	5.6	6.3	7.4