

11º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 30 de novembro de 2017

ESTUDO DA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO PARA A CIDADE DE UBERABA

Andréia Cristina da Silva¹, André Luís Teixeira Fernandes², Leonardo Campos Assis³.

¹Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Uberaba (andreiacengenharia@gmail.com).

²Engenheiro agrônomo USP em 1993; Mestre em Irrigação e Drenagem USP em 1996; Doutor em Engenharia de Água e Solo Unicamp em 2001; Professor Doutor na Universidade de Uberaba.

³Formado em Sistemas de Informação UNIUBE 2005; Mestre 2008 e Doutor 2012 em Engenharia Civil em UFV; Professor Doutor na Universidade de Uberaba. (leonardo.assis@uniube.br)

RESUMO

A cidade de Uberaba localizada no estado de Minas Gerais, enfrenta a anos problemas com inundações e enchentes devido às precipitações máximas, causando vários impactos sociais, ambientais e econômicos para a população, se tornando alvo de estudos das variáveis hidrológicas dessas chuvas. O uso de técnicas de estatísticas e modelos hidrológicos permite a caracterização e quantificação dessas precipitações máximas, constituindo um elemento importante para o apoio ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos e ainda auxiliando nas mudanças no planejamento de obras de controle de erosão e de estruturas hidráulicas. Como um dos modelos mais utilizados, temos a distribuição Generalizada de Valores Extremos – GEV, que tem facilitado muitas aplicações e tem crescente aceitação para descrição dos eventos máximos naturais, principalmente em cheias anuais. O estudo foi realizado por análise das precipitações mensais e anuais de 52 anos, caracterizando o período de chuva e realizando o ajuste da probabilidade de distribuição

generalizada de valores extremos através do método da máxima verossimilhança para determinação de parâmetros e cálculo do período de retorno para 2, 5, 10, 50 e 100 anos. Foi possível concluir que houve uma correspondência entre os valores observados e preditos e um bom ajuste da distribuição de GEV para a distribuição de chuva da cidade de Uberaba.

PALAVRAS - CHAVE: Chuva. Caracterização. Estatística.

1 INTRODUÇÃO

Em busca de melhores condições de vida, muitas pessoas migraram da área rural para a área urbana, e, como isso ocorreu de forma desordenada, trouxe vários problemas ambientais, entre eles a impermeabilização do solo que dificulta a infiltração da água pluvial, situação essa agravada pela falta de planejamento dos gestores da cidade.

Na agricultura, podem causar erosão do solo e alagamentos, podendo provocar a perda de plantações inteiras, enquanto que, em outros casos, podem

11º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 30 de novembro de 2017

causar enchentes, deslizamentos, rompimentos de diques e represas, soterramento, entre outros, levando, em alguns casos, a perda de vidas humanas (BEIJO *et al.*, 2009.)

Devido aos impactos causados pelas precipitações extremas, a cada ano são desenvolvidos mais estudos e análises. “Estudos probabilísticos de variáveis hidrológicas como chuvas fortes, constituem um elemento importante para o apoio ao planejamento e gerenciamento de recursos hídricos” (MARQUES *et al.*, 2014.) “É necessário uma série pluviográfica ocorrida durante um período longo de tempo para que seja possível considerar as frequências como probabilidades” (QUADROS, 2011). As chuvas mais fortes são, contudo, menos frequentes e por isso são consideradas como eventos extremos para a estatística.

O conhecimento da precipitação máxima provável, que é definida como a quantidade de precipitação considerada como o limite superior estatístico (físico) numa dada bacia, para uma determinada duração, é de extrema importância para o dimensionamento adequado de trabalhos de

Os dados climatológicos analisados são da cidade de Uberaba-MG, que faz limite com os municípios de Uberlândia, Nova Ponte, Sacramento Conquista, Conceição das Alagoas com uma população estimada para 2017 de 328.272 habitantes (IBGE – Censo 2017).

conservação do solo, estradas, barragens e drenagem, entre outros (BEIJO *et al.*, 2009).

A cidade de Uberaba, localizada no estado de Minas Gerais, é frequentemente notícia em redes de jornais e televisão, em consequência das fortes chuvas que causam grandes impactos principalmente na região central, impactos esses sociais, econômicos e ambientais que afetam a vida dos moradores e dos comerciantes da região.

A distribuição generalizada de valores extremos (GEV) tem facilitado muitas aplicações e tem crescente aceitação para descrição dos eventos máximos naturais, principalmente dados de cheias máximas anuais (QUADROS, 2011). A possível variação nos períodos de retorno dos diferentes padrões de chuva sugere mudanças no planejamento de obras de controle de erosão e de estruturas hidráulicas, nas diferentes regiões climáticas do Brasil (MEHL *et al.*, 2011). Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi verificar a aplicabilidade da distribuição de GEV aplicada ao estudo da precipitação máxima na cidade de Uberaba com cálculo do período de retorno.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

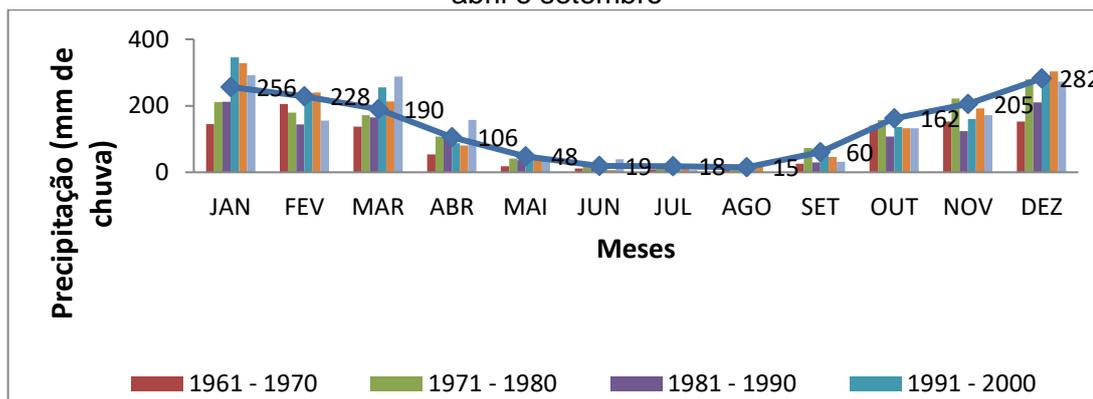
Foram utilizados dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 01/01/1961 a 31/12/2015. Os dados de precipitação diária em altura de lamina d'água (mm), com uma série histórica de 54 anos de precipitação desde 1961/1962 a 2012/2013.

11º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 30 de novembro de 2017

Foi realizada a análise das precipitações mensais e anuais, com o propósito de caracterizar o período

chuvoso, que se inicia em outubro e termina em março, apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Caracterização do período chuvoso onde a estação seca é bem definida entre abril e setembro



Foi feito a análise de todos os eventos e estabelecido um valor limiar a partir de 40 mm, sendo os demais descartados e, em seguida, selecionados os eventos de maior intensidade pluviométrica de cada ano hidrológico. Devido a uma falha hidrológica dos anos de 1985 a 1989, foi usado o Método da Ponderação Regional para preenchimento das falhas usando os dados das cidades de Araxá, Belo Horizonte e Uberlândia, conforme Equação (1).

$$P(x) = \frac{1}{3} \left(\frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right) \text{ (eq.1)}$$

Em que:

$P(x)$ = É a variável que guardará os dados corrigidos; M_x = Média aritmética da estação com falha; M_a , M_b e M_c = Média aritmética das estações vizinhas; P_a , P_b e P_c = São os dados das estações vizinha, ao posto com falha, do mesmo ano que utilizamos para preencher a falha.

Em seguida foi feito um ajuste de probabilidade de distribuição generalizada de valores extremos – GEV, através do método de máxima verossimilhança para determinação dos parâmetros através de um programa de otimização, sendo a partir desses dados determinado três parâmetros da distribuição: α (escala), μ (locação) e k (forma). Com os dados observados e ajustados, foram lançados no software R para que fossem gerados 52 valores aleatórios de GEV seguindo-se os três parâmetros que foram ajustados, valores esses demonstrados graficamente e avaliados quantitativamente pelo coeficiente de determinação (R^2) e erro médio quadrático (RMSE – *Root Mean Squared Error*). A equação (2) exhibe a Função Densidade de Probabilidade (FDP) da distribuição GEV:

11º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 30 de novembro de 2017

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 + \frac{\kappa}{\alpha} (x - \mu) \right]^{-\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right)} \exp \left\{ - \left[1 + \frac{\kappa}{\alpha} (x - \mu) \right]^{-\frac{1}{\kappa}} \right\} \dots (2)$$

Definida em, com parâmetros κ , α e μ .

A Função de Distribuição Acumulada (FDA) da GEV é apresentada na Equação (3):

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - \mu}{\alpha} \right)^{1/k} \right] \dots (3)$$

e assim calculado o período de retorno das precipitações máximas da cidade de Uberaba para dois, cinco, dez, vinte, cinquenta e cem anos.

Para determinar as alturas precipitadas máximas diárias a partir

dos parâmetros ajustadas da distribuição GEV, utilizou-se a equação (4).

$$y = \mu - \frac{\alpha}{\kappa} \left[1 - \left(\frac{1}{\log \left(1 - \frac{1}{rp} \right)} \right)^{\kappa} \right] \dots (4)$$

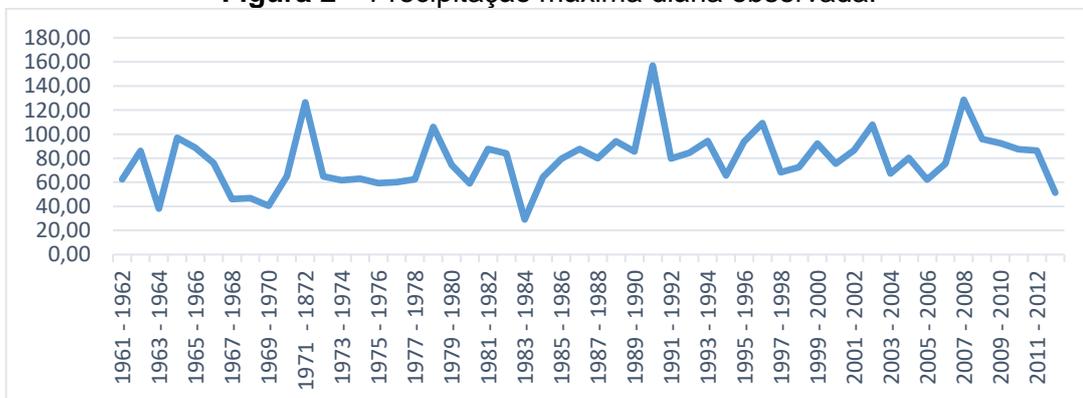
Em que $rp = [2,5,10,20,50,100]$ em anos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos valores dos registros de precipitação máxima diária observados, determinaram-se os parâmetros da distribuição Generalizada de Valores Extremos.

Os valores analisados dos 52 anos estão apresentados na Figura 2.

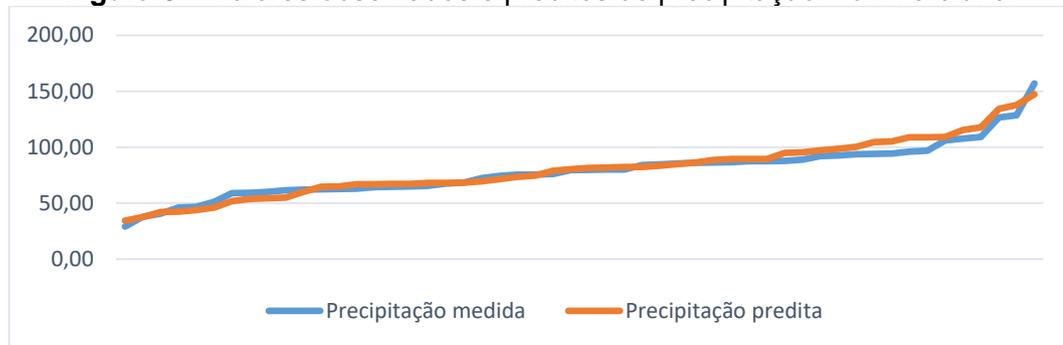
Figura 2 – Precipitação máxima diária observada.



Os valores dos parâmetros ajustados foram: $k = -0.12$, $\alpha = 20.97$ e $\mu = 69.17$.

Para avaliar a qualidade do ajuste, gerou-se uma série de valores aleatórios a partir da distribuição GEV,

cujo tamanho é mesmo da série de dados observados. Em seguida ranquearam-se os valores em ordem crescente, conforme exibe a Figura 3. Percebe-se visualmente que há correspondência entre valores observados e preditos.

11º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 30 de novembro de 2017
Figura 3 – Valores observados e preditos de precipitação máxima diária.


Os cálculos realizados das alturas máximas precipitadas diárias para os respectivos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos dos quantis da distribuição de GEV foram de: 76.68mm, 97.82mm, 110.24mm, 121.09mm, 133.74mm e

142.29mm, representados graficamente na Figura 4. A avaliação quantitativa do modelo probabilístico em termos do RMSE e R^2 foi: 6,76 e 0,96 respectivamente.

Figura 4 – Alturas máximas precipitadas pelos respectivos períodos de retorno.


4 CONCLUSÕES

Houve um bom ajuste da distribuição de GEV para os dados da precipitação máxima de cada ano hidrológico da cidade de Uberaba, sendo consistentes as estimativas de precipitação, uma vez que foram reproduzidos com fidelidade as chuvas da cidade.

As equações de chuvas não devem ser eternas, pois ao decorrer

dos anos pode haver alterações nas variáveis climatológicas, fazendo ser necessário realizar um ajuste no decorrer dos anos conforme as variações pluviométricas. O estudo do período de retorno é fundamental para a avaliação e projeção de sistemas hídricos como canais, vertedores, reservatórios, galerias de águas pluviais e outros, sendo hoje uma exigência de segurança para inundações.

11º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 30 de novembro de 2017

5- REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BEIJO, L. A.; VIVANCO, M. J. F.; MUNIZ, J. A.; **Análise Bayesiana no estudo do tempo de retorno das precipitações pluviiais máximas em Jaboticabal (SP)**. *Ciênc. Agrotec.* 2009, vol.33, n.1, pp.261-270. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000100036>.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://inmet.gov.br/portal>. Acessado em 02 mar 2016.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Contém informações sobre indicadores sociais, ambientais e econômicos das cidades do Brasil. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberaba/panorama>. Acessado em: 01 set 2017.

MARQUES, R. F. de P. V. et al. **Desempenho de distribuições de probabilidades aplicadas a eventos extremos de precipitação diária**. *Ciênc. agrotec.* 2014, vol.38, n.4, pp.335-342. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000400003>.

QUADROS, L. M. E.; QUEIROZ, M. M. F.; VILAS BOAS, M. A.; **Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas**. Maringá, v. 33, n. 3, p. 401-410, 2011

MEHL, H. U.; ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; DIDONÉ, I. A.; Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). *Rev. Bras. Ci. Solo*, v. 25, p.475-483, 2001.