



## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO JUAZEIRO DO NORTE**

John Handerson do Nascimento Brito (1); Sheltonlaine Rodrigues de Souza (1); Denise Magalhães Azevedo Feitoza (2); Nilson da Silva Nascimento (3); Daniel Albuquerque de Castro (4)

*Faculdade de tecnologia CENTEC*

*fatec\_cariri@centec.org.br*

#### **INTRODUÇÃO**

Os desastres naturais vêm se intensificando nas últimas décadas devido à ocupação do uso do solo com pouco planejamento, atrelado a isto se verifica um aumento na frequência e na intensidade de eventos de chuva devido a mudanças climáticas. Estes desastres têm efeitos muitas vezes devastadores sobre a população que habita zonas urbanas com riscos de enchentes ou de deslizamentos de encostas.

O conhecimento das precipitações máximas é de grande importância na elaboração de projetos em engenharia hidráulica e de projetos agrícolas. De acordo com Tucci (1993) a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial críticas para uma área ou bacia hidrográfica. A disponibilidade de longas séries de precipitações é, em geral, muito mais frequente que a de vazão e que o estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para se conhecer a vazão de enchente de uma bacia (Tucci, 2001). Esta pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros, dependente das características topográficas, pedológicas, cobertura vegetal e uso do solo. A precipitação máxima provável (PMP) é definida como a maior coluna pluviométrica correspondente a uma duração fisicamente possível de ocorrer sobre uma determinada área em uma dada época do ano. O fato dos projetos hidráulicos, em geral, serem concebidos considerando o custo mínimo, associado a um risco admissível de falha, requer a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude, tais como vazões ou precipitações máximas que podem vir a ocorrer em certa localidade. Vieira et al., (1991) descrevem que a partir do conhecimento





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

da PMP pode-se amenizar problemas como: erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, queda de produção agrícola, prejuízos em projetos de obras hidráulicas, danos em estradas, danos em sistemas de drenagem, dentre outros.

Obras de engenharia hidráulica geralmente são projetadas com parâmetros hidrológicos, que por sua vez, são gerados sob cálculos estimados, resultando numa incerteza do projetista no dimensionamento dessas obras. Como os projetos são feitos para o futuro, as suas demandas, seus benefícios e custos são todos conhecidos até certo limite, e erros na estimativa de valores hidrológicos podem acarretar prejuízos econômicos e ambientais (Nerilo et al.,2002).

Desta forma, os projetos são normalmente elaborados mediante a admissão de certo risco calculado, derivado de métodos de estimativas de probabilidade relativa aos parâmetros hidrológicos, que iram auxiliar no dimensionamento dos mesmos.

No presente estudo foi realizada uma análise estatística das precipitações máximas diárias para a cidade de Juazeiro do Norte, CE, com enfoque na precipitação máxima diária ocorrida.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

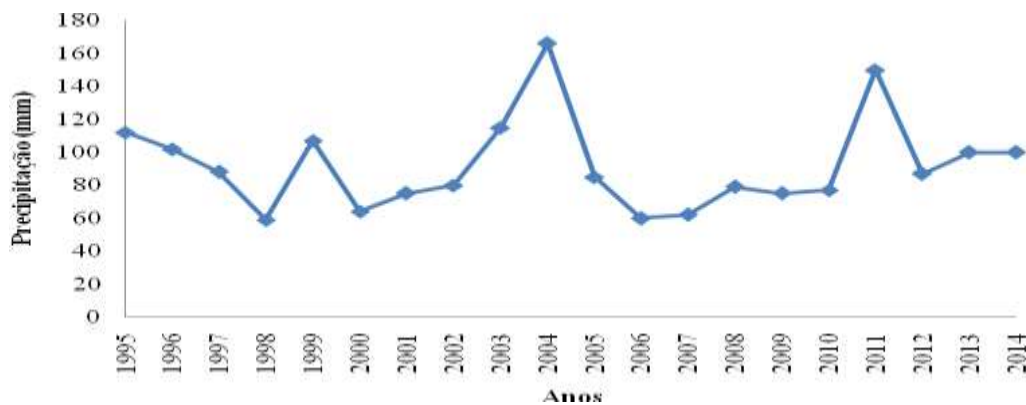
No presente estudo foram utilizados os dados de precipitação diária da estação pluviométrica de Juazeiro do Norte, dados estes cedidos pela FUNCEME, de uma série histórica dos últimos vinte anos.

Por meio da série histórica foram escolhidos somente os valores máximos diários de cada ano sendo que, ao todo, foram selecionados vinte dados para compor a série histórica das precipitações máximas diárias. A série histórica utilizada neste estudo é apresentada em forma gráfica na Figura 1.





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO



**Figura 1.** Serie historica das precipitações máximas diarias.

A determinação do período de retorno é uma maneira de estimar, a partir de dados observados, a previsão de futuras ocorrências de certo evento. Pode ser definido como o tempo médio decorrido entre as ocorrências de um evento que exceda ou iguale certa magnitude da precipitação.

Desta forma, as maiores precipitações de ordem “m”, em uma série de dados que iguale ou supere “m” vezes no período de observação de N anos ou número de observação tem uma estimativa do seu período de retorno (T) de acordo com a seguinte expressão:

$$T = \frac{N + 1}{m}$$

A relação entre a probabilidade de ocorrer o evento “X”,  $P(X)$  e o período de retorno (T) é tal que:

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

Assim, o período de retorno é o inverso da probabilidade de ocorrer um evento “X” com a





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

magnitude igual ou maior que um certo  $x$ .

Portanto, tendo como referencia a teoria dos extremos de amostras ocasionais, Gumbel demonstrou que, se o número de precipitações máximas anuais tende para o infinito, a probabilidade  $P_i$  de qualquer uma das máximas ser maior ou igual do que um certo  $X_i$  é dada pela equação:

$$P_i = 1 - e^{-e^{-y_i}}$$

Onde:  $y_i$  é a variável reduzida, dada por :

$$y_i = a(x_i - x_f)$$

Onde:  $a$  é um parâmetro -  $X_i$  é um certo valor da variável aleatória  $X$  (precipitações máximas anuais) -  $x_f = \mu - 0,450 \sigma$  para  $n \rightarrow \infty$  ( $\mu$  é a média do universo e  $\sigma$  desvio padrão do universo).

Na prática, não se tem um número suficiente de dados para se considerar  $n \rightarrow \infty$ . Gumbel calculou os parâmetros  $x_f$  e “ $a$ ” pelas seguintes expressões:

$$x_f = \bar{X} - s_x \left( \frac{\bar{y}_n}{s_n} \right)$$

$$a = \frac{s_n}{s_x}$$

onde:  $\bar{X}$  é a média da variável  $X$  (precipitações máximas) -  $\bar{y}_n$  e  $s_n$  é a média e o desvio padrão da variável reduzida (valores tabelados em função do número de dados) -  $s_x$  é o desvio padrão da variável  $X$ .

Diante dos dados, a pluviosidade máxima registrada em um dia foi 166 mm, no mês de



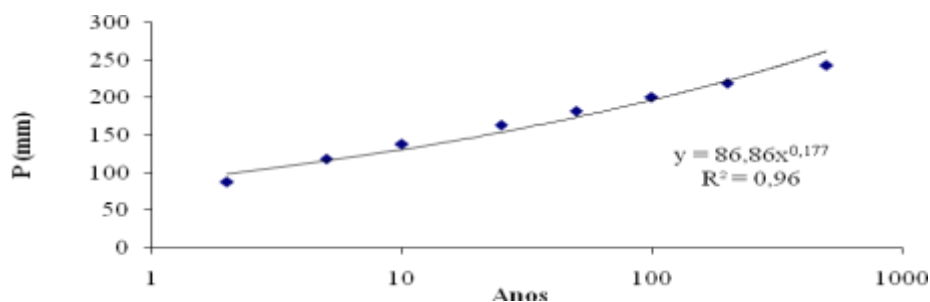


## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

fevereiro de 2004 e a soma do mês sendo de 506 mm. Um evento dessa magnitude em centros urbanos pode causar grandes impactos ambientais ao meio ambiente, pela intensidade de um dia, com grande volume de água. Estas precipitações tão elevadas e com o agravante que o solo já estar quase saturado e impermeabilizado, levam a ocorrência de vários escorregamentos, alagamentos nas cidades, destruindo muitas casas e em muitos casos os residentes perdem também suas vidas.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de Gumbel foi aplicado com o auxílio de uma planilha eletrônica. Os resultados são mostrados na Figura 2, onde no eixo das abscissas encontram-se os anos e no eixo das ordenadas as precipitações máximas diárias. Podemos ver que as precipitações tendem a um comportamento potencial de forma aumentar com o período observado.



**Figura 2-** Precipitações máximas para Juazeiro do Norte e ajuste da reta pelo método de Gumbel.

Séries temporais longas possibilitam melhores ajustes e verificações, mas por outro lado podem estar contaminadas pela presença de tendências e ciclos de longo prazo, que devem ser previamente analisados.

Este resultado confirma que esta distribuição é a mais apropriada não só para descrever os extremos de vento, como para extrapolá-los para longos períodos de retorno (Van der Auwera et al. 1980;





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Garcia et al. 1998, Bautista, 2002 e Sansigolo, 2005).

Na Tabela 1 é apresentada as precipitações máximas para diversos períodos de retorno, extraídas da equação encontrada, através da aplicação do método de Gumbel, a qual foi apresentada na Figura 2.

Constatamos que a chuva de 166 mm, registrada no evento de Fevereiro de 2004, corresponde a um período de retorno de 50 anos, ou seja, a grande probabilidade de a cada 50 anos haja ocorrência de um evento acima de 166 mm.

**Tabela 1.** Precipitações Máximas e períodos de retornos para Juazeiro do Norte/CE.

Período de retorno	Gumbel	
	Variável reduzida	Precipitação
T (anos)	Y	P (mm)
2	0,367	88,0
5	0,476	118,2
10	0,834	138,1
25	1,169	163,1
50	1,364	182,1
100	1,527	200,7
200	1,667	219,3
500	1,827	243,7





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Hershfield e Kohler (1960) analisando os dados de milhares de estações pluviométricas nos Estados Unidos, concluíram que a distribuição de Gumbel é a mais adequada para estimar as probabilidades de ocorrência de eventos extremos de precipitação de diversas durações.

### **CONCLUSÕES**

A aplicação do método de Gumbel mostrou bastante efetivo em estimar a ocorrência das máximas precipitações em Juazeiro do Norte, CE, correspondendo a um período de retorno da ordem de 50 anos, para que seja superada uma chuva de 166 mm, mostrando com isto que foi um evento excepcional.

### **REFERÊNCIAS**

- BAUTISTA, E. Z. A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade máxima do vento em Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado, ESALQ, USP, Piracicaba, 47p. 2002.
- GARCIA, A.; TORRES, J. L.; PRIETO, E.; FRANCISCO, A. Fitting Wind Speed Distributions: A Case Study. *Solar Energy*, v. 6, n. 2, p. 139-144, 1998.
- HERSFIELD, D. M.; KOHLER, M. A. An empirical appraisal of the Gumbel extreme value procedure. *J. Geophys. Res.*, v. 65, n. 6, p. 1737-1746, 1960.
- NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A. (2002). "Chuvas intensas no estado de Santa Catarina". Edifurb/Editora da UFSC, 156 p.
- PFAFSTETTER, O. (1957). "Chuvas intensas no Brasil". Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas, 420 p.





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. (1976). “Hidrologia Básica”. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 179 p.

SANSIGOLO, C.A. Distribuições de probabilidade de velocidade e potência do vento. Rev. Bras. Met., v. 20, n. 2, p. 207-214, 2005.

TUCCI, C. (Organizador) (1993)’. “Hidrologia – Ciência e Aplicação”. Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 943 p.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. E BURROWS, I.T. (1991). “Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 15, p. 93-98.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). “Hidrologia Aplicada”. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p.

