

DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS APLICADA ÀS SÉRIES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL PARA A REGIÃO OESTE DO PARANÁ

CACEA F. MAGGI¹, BENEDITO M. GOMES², MANOEL M. F. QUEIROZ²,
MARCIO ANTONIO VILAS BOAS², FERNANDA CATELAN³.

¹Engº Agrícola, Doutoranda do Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá – PR, e-mail: cf_maggi@yahoo.com.br

²Prof. Dr, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR.

³Zootecnista, Mestranda do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar a estimativa da evapotranspiração mensal (Eto) para a Região Oeste do Paraná utilizando o modelo de Distribuição Generalizada de Valores extremos (GEV). Foram utilizados dados de temperatura média mensal em °C, referentes a 12 estações da região, obtidos junto ao IAPAR (Instituto Agrônomico do Paraná) e do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná). Através dos registros de temperatura foram calculados os valores de Evapotranspiração de Referência (Eto) calculados através do método de Camargo. Os valores estimados de Eto ao nível de 75% de ocorrência e o ajuste do modelo GEV foi realizado com o auxílio do Software MATLAB R12, versão 7.0. Para a validação do ajuste do modelo probabilístico foi utilizado o teste de Wang (1998). Do total de séries mensais de Eto estudados, 84,7% ajustaram-se adequadamente à GEV, segundo teste de Wang.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração de Referência, Momentos LH; probabilidade

DISTRIBUTION GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS APLICADO AS SÉRIES MENSAIS DE ETO PARA A REGIÃO OESTE DO PARANÁ

ABSTRACT: This paper aims at analyzing the Eto estimates for the western region of Paraná through the using GEV. Monthly temperature average data in °C from 12 regional stations, gotten from IAPAR (Instituto Agrônomico do Paraná) and from SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) were used. Through temperature registers, referential evapotranspiration (Eto) values were worked out through the Camargo method. The estimated Eto values with a 75% occurrence level and the adjustments in the GEV model were made with the help of the 7.0 version of the MATLAB R12 software. Wang's (1998) test was used to validate the adjustments made in the probability model. Among the Eto monthly series which were studied, 84,7% of the series were accepted by Wang's test.

KEYWORDS: referential evapotranspiration, LH moments; probability

INTRODUÇÃO: Evapotranspiração é o termo utilizado para a ocorrência simultânea de evaporação e da transpiração das plantas. O conhecimento da perda d'água de uma superfície natural é de suma importância nos diferentes campos do conhecimento científico, especialmente nas aplicações da Meteorologia e da Hidrologia. VILLA NOVA & REICHARDT (1989) relacionaram vários métodos de medida e estimativa da Evapotranspiração de Referência (Eto), que são mais usadas ou tem maior aplicação às condições brasileiras de solo e clima. O uso de alguns modelos para dimensionamento de sistemas de irrigação leva em consideração o nível de probabilidade de ocorrência da Evapotranspiração. JENSEN (1974) apresentou um modelo de dimensionamento de sistemas que considera a probabilidade de ocorrência de Evapotranspiração e precipitação pluviométrica. Recentemente, a distribuição de probabilidade Generalizada de Valores Extremos (GEV) introduzida por JENKINSON (1955), citada por QUEIROZ (2002), tem encontrado muitas aplicações em hidrologia. Considerando a importância do estudo da Evapotranspiração para a região Oeste do Paraná, busca-se através desta pesquisa analisar a estimativa da Eto para a Região Oeste do Paraná utilizando o modelo probabilístico de Distribuição Generalizada de Valores extremos (GEV).

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado na região Oeste do Paraná, sendo utilizadas 12 estações meteorológicas. Os registros de temperatura média mensal em °C foram fornecidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) () e do Sistema meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Através dos registros de Temperatura foram calculadas as Eto usando o método de camargo. Na tabela 1 estão relacionadas às estações utilizadas sua localização geográfica e o período observado de cada estação.

Tabela 1 Relação das estações de temperatura média mensal.

Estação	Nº	Cidade	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Período	nº de anos
E2453004	1	Assis Chateaubriand	24°18'00"	53°31'00"	350	1999-2004	6
E2453006	2	Palotina	24°17'00"	53°50'00"	289	1973-2004	32
E2453007	3	Cascavel	24°57'00"	53°28'00"	660	1978-1998	26
E2453040	4	Nova Cantu	24°46'59'	53°07'00"	652	1977-2004	28
E2453049	5	Palotina	24°18'00"	53°55'00"	310	1998-2005	8
E2453056	6	Cascavel	24°58'00'	53°13'59"	642	1998-2005	8
E2453059	7	Toledo	24°43'59"	53°43'00"	547	1998-2005	8
E2554006	8	São M.do Iguaçu	25°20'45	54°14'39	309	1983-1996	14
E2454008	9	Santa Helena	24°46'59"	54°22'00"	650	1998-2005	8
E2554012	10	Foz do Iguaçu	25°25'59"	54°24'00"	152	1998-2005	8
E2554013	11	São M. do Iguaçu	25°27'00"	54°19'00"	250	1998-2005	8
E2454016	12	Guairá	24°19'00"	54°13'00"	249	1998-2005	8

A determinação da evapotranspiração mensal de referência foi feita utilizando registros de temperatura média mensal para cada estação, através do método de Camargo (1971). As séries de Eto de cada estação foi ajustada através da distribuição generalizada de valores extremos (GEV) que as três formas assintóticas de distribuição de valores extremos conhecida como valor extremo tipo I (VEI), valor extremo do tipo II (VEII) e valor extremo do tipo III (VEIII), classificado por Gumbel, (1958), é definida, segundo JENKINSON (1955), como segue:

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x-u}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right], \quad k \neq 0 \quad (1a)$$

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[- \exp \left(- \frac{x-u}{\alpha} \right) \right], \quad k = 0 \quad (1b)$$

sendo: $-\infty < x < +\infty$, $k = 0$ - distribuição VEI; $\varepsilon \leq x < +\infty$, $k < 0$ - distribuição VEII; $-\infty < x \leq \omega$, $k > 0$ - distribuição VEIII. Onde u é um parâmetro de posicionamento com $-\infty < u < +\infty$, α é um parâmetro de escala com $0 < \alpha < +\infty$ e k é um parâmetro de forma com $-\infty < k < +\infty$. Assim quando $k > 0$ o limite superior da distribuição assintótica VEIII torna-se $\omega = u + \alpha/k$ e quando $k < 0$ o limite inferior da distribuição assintótica VEII torna-se $\varepsilon = u + \alpha/k$. Na prática, quando o parâmetro k encontra entre o intervalo de $-0,03$ a $0,03$; a forma geral de distribuição GEV é similar a distribuição de Gumbel. STEDINGER et al., (1993), citado por QUEIROZ (2002). O p -ésimo quantil da distribuição GEV e dado tomando a forma inversa da equações (1a) e (1b) as quais resultam nas seguintes relações:

$$x_p = u + \frac{\alpha}{k} \left[1 - (-\ln(p))^k \right], \quad k \neq 0, \quad 0 < p < 1 \quad (2a)$$

$$x_p = u - \alpha \ln[-\ln(p)], \quad k = 0, \quad 0 < p < 1 \quad (2b)$$

A variável z definida pela relação abaixo corresponde a variável reduzida de Gumbel:

$$z = \frac{x-u}{\alpha} \quad (3)$$

Substituindo z em (1b), obtém-se:

$$F(x) = \exp[-\exp(-z)] \quad (\text{distribuição de Gumbel}) \quad (4)$$

$$z = -\ln[-\ln(F(x))] \quad (5)$$

Onde, neste caso, a variável reduzida de Gumbel, z , também relaciona-se com o período de retorno (T) $T = 1/(1-F(x))$. Além disso, a equação (5) pode ser usada para definir z com respeito às distribuições VEI, VEII e VEIII. O ajuste do modelo de distribuição GEV às séries de Eto mensais, foi realizado, utilizando o método dos momentos de combinações lineares das estatísticas de ordem mais elevadas (momentos LH) para estimação dos parâmetros. A qualidade de cada ajuste foi avaliada através do teste de WANG (1998). Todo o processo de aplicação do modelo probabilístico foi desenvolvido através de uma rotina em ambiente MATLAB 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Verificação do ajuste do modelo GEV: Foram avaliadas 144 séries mensais de Eto, referentes a 12 estações. A Tabela 1 mostra os valores máximos e mínimos de todos os parâmetros estudados para as séries de Eto mensais.

Tabela 1: Valores máximos e mínimos de todos os parâmetros estudados para séries de Eto mensais

Tamanho da série	Parâmetros da GEV			Taxas de Momentos			Teste de	
	k	alfa	u	cv	ca	cc	LH	Wang
32	1,7464	22,872	139,8925	0,0741	0,4963	0,4967	4	3,5211
6	-0,431	0,8538	37,6577	0,0023	-0,411	-0,875	0	0,057

k – parâmetro de forma; α – parâmetro de escala; u – parâmetro de posicionamento; cv – coeficiente de variação; ca – coeficiente de assimetria; cc coeficiente de curtose. Teste de Wang com nível de 5% de probabilidade ($Z_w t(0.05) = 1.96$).

A Tabela 2 apresentas os valores do parâmetro de forma (k) da distribuição observada para as séries de Eto mensais.

Tabela 2: Distribuição dos valores do parâmetro k para séries de Eto mensais

Acima de 0,5	33	22,91%
Entre -0,5 a 0,5	111	77,08%
Abaixo de -0,5	0	0,00%

Analisando os dados das Tabela 1 e 2, observou-se que os valores de k encontram-se na faixa de -0,431 a 1,7464 ficando a maioria dos valores entre -0,5 a 0,5. Na Tabela 3 estão representados as formas de distribuições de valores extremos das 144 séries mensais de Eto.

Tabela 3: Formas de distribuições de valores extremos para séries de Eto mensais

Forma da distribuição	Número de séries	Porcentagem
VEI	17	11,8%
VEII	24	16,66%
VEIII	103	71,53%

Analisando a Tabela 3, verificou-se que 71,53% das distribuições são do tipo VEIII. A análise torna-se mais realística, onde o limite superior da função pode ter como referencial o valor da Eto mensal máxima provável. Logo essa forma de distribuição apresenta-se como a mais adequada para descrever valores de Eto mensais, pois o seu uso permite levar em consideração os limites reais dos processos hidrológicos fisicamente possíveis de ocorrerem em uma bacia. As distribuições do tipo VEI e VEII possuem limite superior infinito, não sendo muito adequadas para representar processos hidrológicos, já que esses são considerados processos finitos. Das 144 séries avaliadas, 22 séries não foram aceitas pelo Teste de Wang (1998) para o nível de 5% de probabilidade. Do total de séries mensais de Eto estudados, 15,3% das séries não foram aceitas pelo teste de Wang (1998).

CONCLUSÕES: O tamanho das séries não influenciou na forma de distribuição assumida pela GEV. Das 144 séries avaliadas, 22 séries não foram aceitas pelo Teste de Wang (1998) para o nível de 5% de probabilidade, ou seja, 15,3%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A. P. **Balanço Hídrico no Estado de São Paulo**. Boletim técnico n.1 16, 1971. 24p.

JENSEN, M. E. **Consumptive use of water and irrigation water requeriments**. New York: 1974, 215p.

QUEIROZ, M. M. F. de. **Análise de cheias anuais segundo distribuição generalizada**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 2002.

VILANOVA, M. A.; REICHARDT, K. **Evaporação/evapotranspiração de um ecossistema e suas relações com o meio ambiente**. Engenharia e hidrologia. Rio de Janeiro, coleção ABRH de recursos Hídricos, n.2: p. 145-197, 1989.

WANG, Q. J. (1998). Using higher probability-weighted moments to fit the extreme value distribution to censored samples. **Water Resour. Rev.**, v.32, n.6, p.1767-1772.