

ISSN - 0104-866X

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PARA O MEIO-NORTE

ANAIS

**VIII SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUÍ
I SIMPÓSIO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL DO MEIO-NORTE**

07 A 10 DE NOVEMBRO DE 1994



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária**

Teresina, PI
1997

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

EMBRAPA/CPAMN

Av. Duque de Caxias, 5650

Telefone (086) 225 1141

Telex (086) 2337

Caixa Postal 01

Fax (086) 225 1142

Tiragem: 300 exemplares

SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIO DO PIAUÍ, 8., 1994, Teresina. Anais. Teresina: EMBRAPA-CPAMN/São Luís: EMAPA, 1997. 342 p. (Embrapa-CPAMN. Documentos, 16).

Anais do 8º Seminário de Pesquisa Agropecuária do Piauí e 1º Simpósio Agropecuário e Florestal do Meio-Norte, Teresina, 1994.

1. Agricultura - Pesquisa - Congresso - Brasil - Piauí. 2. Agropecuária - Pesquisa - Congresso - Brasil I. EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Teresina, PI). II. Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (São Luís). III. Simpósio Agropecuário e Florestal do Meio-Norte, 1., 1994, Teresina. IV. Título.

CDD 630.72098122

© Embrapa 1997

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA FINS DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE TERESINA, PI

EDSON ALVES BASTOS¹, ANTENOR DE OLIVEIRA AGUIAR NETTO², ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR³ E CONCEIÇÃO DE MARIA MARQUES DE OLIVEIRA¹

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo analisar a distribuição de frequência da evapotranspiração de referência (Eto) para o município de Teresina, PI. Os dados meteorológicos foram obtidos no Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio Norte - CPAMN/EMBRAPA, contemplando uma série histórica de 15 anos. Os valores diários de Eo foram acumulados em períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, estabelecendo-se valores máximos para cada período e cada ano. A partir desses valores procedeu-se a distribuição de Gumbel e aplicou-se o teste estatístico de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados obtidos permitem uma seleção de valores mais representativos de Eto em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência, contribuindo para dimensionamentos criteriosos de sistemas de irrigação na região considerada.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da quantidade de água a ser aplicada na irrigação é de fundamental importância para a obtenção de produtividade máxima das culturas. Portanto, o estabelecimento da evapotranspiração máxima da cultura deve ser feita criteriosamente a fim de proporcionar um correto dimensionamento de sistemas de irrigação.

O uso da evaporação de uma superfície livre de água tem sido amplamente utilizado como critério para determinação da evapotranspiração máxima das culturas (Arruda & Barroso, 1984). Segundo Lima & Silva (1988) o Tanque Classe A é um dos métodos de estimativa de Eto mais convenientemente aplicáveis para as condições de Teresina, PI pelos resultados satisfatórios obtidos e por sua simplicidade operacional.

¹ Eng. Agr., aluno de pós-graduação em Irrigação e Drenagem na FCA/UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

² Eng. Agr., Msc., aluno de pós-graduação em Irrigação e Drenagem na FCA/UNESP, Botucatu, SP.

³ Eng. Agr., pesquisador da EMBRAPA/CPAMN, Caixa Postal 01, CEP 64006-220, Teresina, PI, aluno de pós-graduação em Irrigação e Drenagem na FCA/UNESP, Botucatu, SP.

Arruda & Barroso (1984) afirmam que a apresentação da média mensal da evaporação subestima o consumo de água em regiões de clima subtropical, pois inclui em seu cálculo as baixas evaporações ocorridas nos dias de chuvas, enquanto as irrigações são realizadas em período de escassez de chuva e de evaporação mais elevada.

Um modo mais adequado de representar uma série de dados de evaporação e promover seu melhor emprego na irrigação, consiste em apresentá-los na forma de distribuição de frequência, conforme sugerida por Pruitt et al. (1972) e Nixon et al. (1972).

Pruitt et al. (1972) estabeleceram a distribuição de frequência da evapotranspiração para todos os meses do ano, em períodos de 1, 3, 7, 15 e 30 dias consecutivos na região central da Califórnia. Nixon et al. (1972) realizaram trabalho semelhante na região costeira da Califórnia e afirmaram que a análise de frequência é uma boa aproximação da situação real.

Arruda & Barroso (1984) empregaram a análise de distribuição de frequência aos dados médios mensais de evaporação do Tanque IA-58, em Ribeirão Preto, no período de 1962 a 1975. Saad & Scaloppi (1988) avaliaram a distribuição de frequência dos dados de evapotranspiração de referência (série de 10 anos) calculados por Penman-Monteith em Piracicaba, SP, sugerindo sua aplicação para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação.

Verifica-se na literatura que a evapotranspiração de referência tem sido bem representada pela distribuição Beta (Yao, 1974; Ravelo & Decker, 1979; Saad, 1990) e Normal (Arruda & Barroso, 1984; Saad & Scaloppi, 1988; Saad, 1990). No entanto, outras distribuições podem ser utilizadas com o mesmo objetivo.

A distribuição de Gumbel é utilizada especialmente para análises de fenômenos extremos, como as precipitações máximas e enchentes. Para sua aplicação é indispensável que se tenha uma série anual e, quando existe interesse em se observar os valores máximos prováveis de um fenômeno, essa série deve conter os valores máximos observados em cada ano, ordenados em sentido decrescente (Cruciani, 1989). Desta forma, considerando-se a evapotranspiração de referência como um fenômeno extremo, a distribuição de Gumbel poderia representá-la com boa precisão.

O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir a distribuição de frequência por Gumbel dos dados de evapotranspiração de referência, proporcionando informações necessárias ao criterioso dimensionamento de sistemas de irrigação na região de Teresina, PI.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos foram obtidos no Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte - CPAMN/EMBRAPA, localizado no município de Teresina, PI, que está a 05°05' S de latitude, 42°43' W de longitude e a uma altitude de 72 m.

A evapotranspiração de referência (E_t_0) foi determinada pelo método do Tanque Classe A (Doorenbos & Pruitt, 1977):

$$E_t_0 = K_p \cdot ECA$$

onde:

E_t_0 - evapotranspiração de referência (mm/dia)

K_p - coeficiente do tanque

ECA - evaporação do Tanque Classe A (mm/dia)

Foi selecionada uma série histórica de 15 anos, desde 1977 a 1990 e mais o ano de 1992, verificando-se como período de maior demanda hídrica das culturas os meses de setembro e outubro. Os valores diários de E_{t_0} foram acumulados em períodos de 1,2,3, 4,5,6 e 7 dias e, para cada período selecionou-se o valor máximo em cada ano. Estes valores máximos foram colocados em ordem decrescente e procedeu-se a distribuição de Gumbel.

Posteriormente, os valores máximos acumulados de E_{t_0} observados foram ajustados a níveis de probabilidade de ocorrência fixos em 95, 90, 85, 80, 75, 65, 50, 35, 25, 20, 15, 10 e 5%. Tomando-se os valores calculados do tempo de retorno (TR) como variável independente e os dados de evapotranspiração de referência (E_{t_0}), plotou-se um gráfico em papel de probabilidade de Gumbel.

Aplicou-se, ainda, o teste estatístico de aderência de Kolmogorov - Smirnov (Campos, 1983) a fim de verificar se os dados de E_{t_0} poderiam ser bem representados pela distribuição de Grumbel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar pela Tabela 1 que em todos os períodos acumulados (P_1 a P_7) a probabilidade (P) decresce à medida que diminuem os valores acumulados de evapotranspiração de referência (E_{t_0}). Este fato é explicado porque esta probabilidade, de acordo com CRUCIANI (1989), indica os níveis de ocorrência inferiores aos estabelecidos, ou seja, a probabilidade de não exceder um dado evento. Assim, tomando-se como exemplo o período de um dia (P_1), verifica-se que há 95% de probabilidade de que a E_{t_0} seja menor que 15,90 mm ou então que existe apenas 5% de que a E_{t_0} seja igual ou superior a 15,90 mm.

TABELA 1. Valores máximos acumulados de E_{t_0} (mm) para períodos de 1 a 7 dias (P_1 a P_7) e probabilidade (P) de que o evento não seja superado, segundo a distribuição de Gumbel, para os meses de setembro e outubro em Teresina, PI.

Probabilidade (%)	Período acumulado (dias)						
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
5	7.46	14.24	20.74	25.84	31.50	37.67	43.70
10	8.01	15.08	21.89	27.41	33.44	39.85	46.18
15	8.41	15.71	22.74	28.57	34.86	41.47	48.02
20	8.75	16.23	23.46	29.54	36.07	42.83	49.56
25	9.06	16.71	24.12	30.43	37.17	44.07	50.97
30	9.35	17.16	24.73	31.27	38.20	45.24	52.30
35	9.64	17.61	25.34	32.09	39.21	46.38	53.60
50	10.50	18.94	27.16	34.56	42.27	49.83	57.52
65	11.49	20.47	29.25	37.40	45.77	53.79	62.01
70	11.88	21.08	30.08	38.53	47.16	55.36	63.80
75	12.33	21.77	31.02	39.81	48.74	57.14	65.83
80	12.85	22.58	32.13	41.32	50.61	59.26	68.23
85	13.51	23.59	33.52	43.20	52.93	61.87	71.20
90	14.41	24.99	35.43	45.79	56.13	65.49	75.31
95	15.90	27.31	38.59	50.08	61.42	71.48	82.11

De um modo análogo ao efetuado para a distribuição normal, a verificação do ajuste dos extremos da série anual à reta teórica da distribuição de Gumbel é extremamente facilitada pelo uso de papel de probabilidade de Gumbel. Este papel, tradicionalmente, tem nas abcissas os valores do tempo de retorno (TR) e nas ordenadas são marcados os valores Y dos extremos analisados (Cruciani, 1989).

Dessa forma observa-se, pela Fig. 1, um bom ajuste da evapotranspiração de referência à reta teórica de Gumbel. Tal fato pode ser comprovado estatisticamente pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 2), uma vez que o desvio máximo bilateral foi menor que o nível crítico a 5% (Campos, 1983). Assim, apesar de ser mais usual a aplicação das distribuições Beta e Normal, fica comprovado que a distribuição de Gumbel representou bem os dados de evapotranspiração de referência desse trabalho.

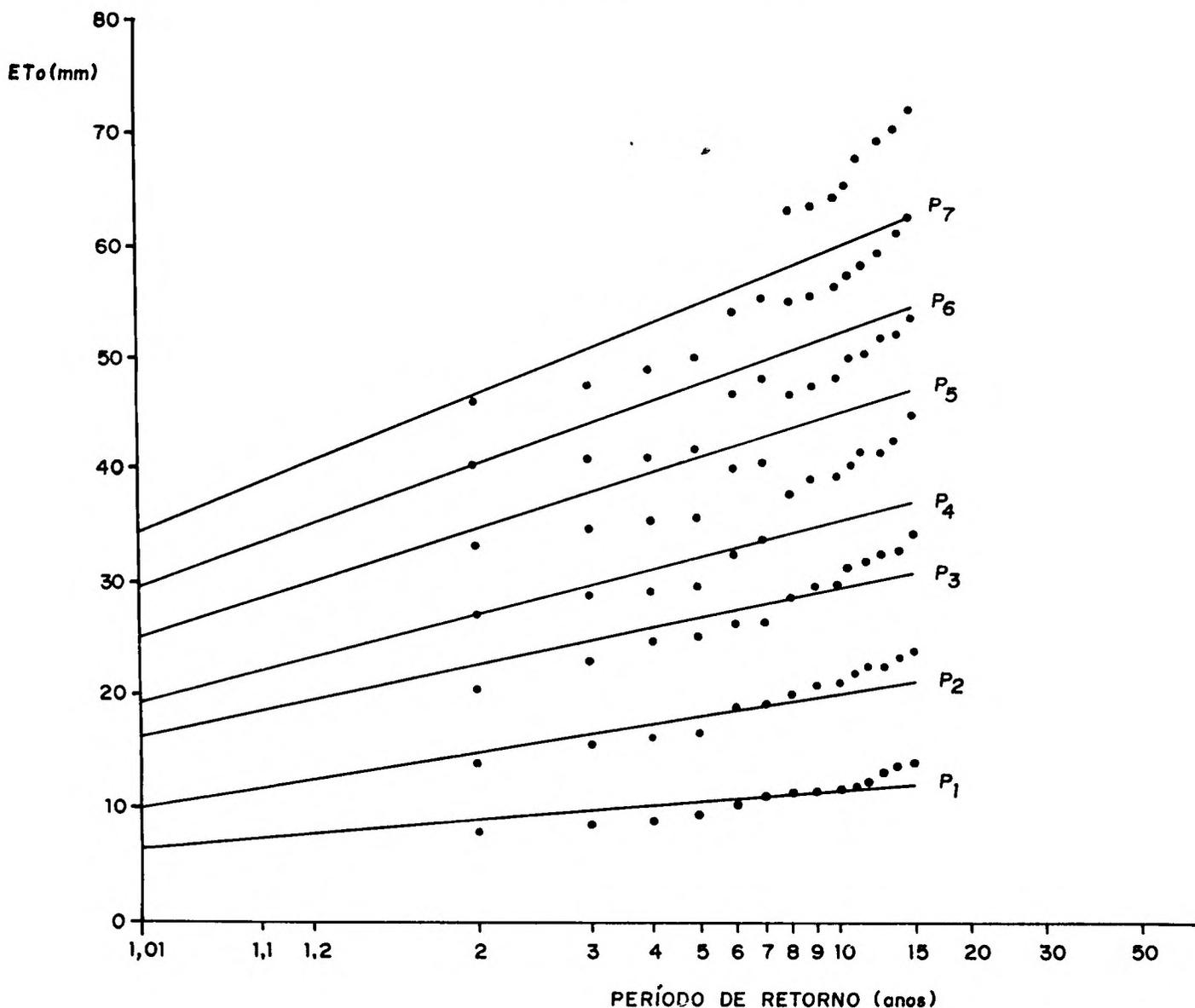


FIG. 1. Distribuição de freqüência de evapotranspiração de acordo com Gumbel

TABELA 2. Valores de desvio máximo bilateral e valor crítico a 5% de acordo com o teste de aderência proposto por Kolmogorov-Smirnov.

Dias Acumulados	Desvio Máximo Bilateral	Valor crítico (5%)
1	0.120	0.338
2	0.210	0.338
3	0.110	0.338
4	0.137	0.338
5	0.153	0.338
6	0.157	0.338
7	0.167	0.338

Segundo Arruda & Barroso (1984), para o uso em irrigação, a escolha da evapotranspiração representativa do mês deve ser feita de acordo com o grau de segurança do manejo de água e com a importância do projeto. Saad & Scaloppi (1988) complementam afirmando que na prática os valores usuais de probabilidade adotados variam de 75% a 50 %, dependendo das implicações econômicas associadas ao projeto em consideração.

De posse da evapotranspiração de referência e do coeficiente de cultivo (K_c), o projetista pode calcular a evapotranspiração máxima ($Et_m = Et_o \cdot K_c$) que neste caso, representa a lâmina líquida a ser aplicada. Desta forma, caso o turno de irrigação adotado seja dois dias com um nível desejado de 75% de probabilidade ($TR = 4$ anos), a lâmina líquida será estimada em torno de 21,77 mm.

Portanto, o valor esperado da evapotranspiração de referência para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação, depende do turno de irrigação adotado e também do nível de probabilidade desejado para as condições do projeto em questão.

CONCLUSÃO

A adoção da distribuição de frequência aos dados de evapotranspiração de referência, segundo Gumbel, permitiu a seleção de valores mais representativos de Et_o em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência, contribuindo para dimensionamentos criteriosos de sistemas de irrigação na região de Teresina, PI.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, F.B.; BARROSO, L.F.S. Estimativa do uso de água para fins de projetos de irrigação em função da evaporação do tanque, em Ribeirão Preto. *Bragantia*. v. 43. p. 677-82, 1984.

- CAMPOS, H. *Estatística experimental não paramétrica*. 4 ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 349 p.
- CRUCIANI, D.E. *Estatística aplicada à análise de fenômenos hidrológicos*. In: Cruciani, D.E. *Drenagem na agricultura*. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1989, p. 117-22.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Las necesidades de água de los cultivos*. Roma: FAO. 1977. 194 p. (Riego y drenaje, 24).
- LIMA, M.G., SILVA, F.A.M. Evapotranspiração máxima (E_m) da cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp). In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUÍ, 5, 1988, Teresina. *Anais...* Teresina, EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1988. p. 9-19.
- NIXON, P.R, LAWLESS, G.P., RICHARDSON, G.V. Coastal California evapotranspiration frequencies. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. V. 98. p. 185-91. 1972.
- Pruitt, W.O., OETTIGEN, S. Von, MORGAN, D.L.I. Central California evapotranspiration frequencies. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, v. 98. p. 177-84. 1972.
- RAVELO, A.C.; DECKER, W.L. The probability distribution of a soil moisture index. *Agricultural meteorology*, v. 20. p. 301-12. 1979.
- SAAD, J.C.C. Estudo das distribuições de frequência da evapotranspiração de referência e da precipitação pluvial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, 1990. 124 p. Tese mestrado.
- SAAD, J.C.C. SCALOPPI, J.E. Frequência de distribuição de referência para dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM 8. 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. p. 1027-1052.
- YAO, A.Y.M. A statistical model for the surface relative humidity. *Journal of applied meteorology*, v. 13, p. 17-21. 1974.