



DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

Marinaldo Ferreira Pinto¹, Dinara Grasiela Alves¹, Janaina Paulino², Rubens Duarte Coelho¹

RESUMO

As funções de distribuição de probabilidade podem ser empregadas para cálculo da precipitação associada a um nível de probabilidade desejado, podendo ser usada para o cálculo da demanda máxima de irrigação para fins de projeto. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar o uso da distribuição de frequência da precipitação de melhor ajuste no dimensionamento de projetos de irrigação, considerando a precipitação a 75% de probabilidade e precipitação média. Utilizou-se para isto dados pluviométricos da estação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Arroz e Feijão (EMBRAPA), localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, nas coordenadas (16°28'00" S, 49°17'00" W), cuja altitude é de 823 metros. A série composta de dados diários de precipitação de 1983 a 2007 totaliza 25 anos. A estimativa da precipitação provável foi feita por meio das funções densidade de probabilidade normal, log-normal, exponencial e gama, sendo verificado o ajuste por Kolmogorov-Smirnov a 5%. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que o uso da precipitação média para o dimensionamento de projetos de irrigação suplementar resultou em sistemas com capacidade de suprimento da demanda de irrigação significativamente inferior àqueles cuja precipitação está sujeita a probabilidade de 75 %.

Palavras-chave: Função densidade de probabilidade, balanço hídrico.

PRECIPITATION DISTRIBUTION FREQUENCY AND ITS APPLICATION IN THE DESIGN OF SUPPLEMENTAL IRRIGATION PROJECTS

ABSTRACT

The probability distribution functions can be used to calculate the precipitation associated with a desired level of probability and can be used for calculating the maximum demand for irrigation purposes of design. Therefore this study it was carried out to analyze the use of precipitation distribution frequency of better fit at design of irrigation projects, considering the precipitation at 75% probability and the main rainfall. It used rainfall database of Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Rice and Beans (EMBRAPA) station, at Santo Antonio de Goiás municipally, GO, in the coordinates (16°28'00" S, 49°17'00" W), whose altitude it is 823 meters. The series was constructed with daily rainfall data from 1983

¹ Departamento de Engenharia de Biossistemas – LEB/ESLAQ/USP, e-mail: marinaldopinto@usp.br, dinara@usp.br, rdcoelho@usp.br

² Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT.

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

to 2007, totaling 25 years. The probability density function normal, log-normal, exponential and gamma were used for the estimative of provably rainfall. The fit of these functions was verified by Kolmogorov-Smirnov to 5 %. According to the results, it was concluded that use of the mean precipitation for supplemental irrigation systems design resulted in systems with the ability to supply irrigation demand significantly lower than those whose precipitation was probability of 75%.

Keywords: Probability density function, water balance

INTRODUÇÃO

O dimensionamento de sistemas de irrigação pode ser baseado na irrigação total ou suplementar, sendo que no primeiro caso, despreza-se a ocorrência de precipitação pluviométrica, levando em conta apenas a evapotranspiração máxima. Em regiões áridas e semiáridas onde os índices pluviométricos são baixos, esse procedimento pode ser adotado. No entanto, em áreas úmidas, quando se despreza a ocorrência da precipitação pluviométrica, opta-se por projetos superdimensionados, uma vez que os índices pluviométricos dessas regiões são geralmente elevados. Neste caso é conveniente que os projetos sejam concebidos considerando a irrigação suplementar, que é baseada no valor máximo da diferença entre a evapotranspiração e a precipitação no período considerado, que pode ser estimada através de séries históricas (FARIA et al., 2002; ANDRADE et al., 2009).

O nível de probabilidade a ser adotado deve levar em consideração fatores econômicos, tomando como restrições a sustentabilidade da água e do solo. Segundo FIETZ et al. (1998), deve ser adotado uma probabilidade de ocorrência entre 75 e 80 % dependendo do valor comercial da cultura, sendo a estes diretamente proporcionais.

A estimativa da precipitação pluviométrica pode ser feita por meio de diversas funções de distribuição de probabilidade, como normal, log-normal,

exponencial, Gumbel, Weibull e gama (LYRA et al., 2006), que inclui 2 situações; séries de eventos extremos, e séries de totais (diária, mensais, anuais, etc.). Mas, estes modelos precisam ser ajustados às séries históricas e validados por meio de testes de aderência. Estes testes verificam a hipótese de que o modelo representa adequadamente o conjunto de dados.

Os principais testes utilizados para este fim são qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov (SILVA et al., 2007; MURTA et al., 2005). Através destes, pode-se verificar entre os principais modelos de distribuição de probabilidade, aquele que apresenta maior número de aderências, ou seja, aquele que se adéqua melhor ao conjunto de dados.

A maioria dos sistemas de irrigação são dimensionados considerando a irrigação total (SOCCOL, et al., 2010). Quando a precipitação é considerada, adota-se como precipitação efetiva a precipitação média, sendo que esta não está sujeita a mesma probabilidade de ocorrência para as diferentes localidades (VIEIRA et al., 2010), dependendo da função de distribuição que se ajusta aos dados da série histórica. Para o caso particular da distribuição normal, a precipitação média está associada a uma probabilidade de 50%.

O fato de considerar a irrigação total, adotar a precipitação média ou a precipitação provável para o dimensionamento dos sistemas de irrigação pode influenciar consideravelmente os custos dos projetos. Neste sentido,

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

desenvolveu-se este trabalho objetivando analisar o uso da distribuição de frequência da precipitação de melhor ajuste no dimensionamento de projetos de irrigação,

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido a partir de dados pluviométricos fornecidos pela estação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Arroz e Feijão (EMBRAPA), localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, nas coordenadas (16°28'00" de latitude Sul, 49°17'00" de longitude Oeste), cuja altitude é de 823 metros. Segundo a classificação de Köppen, essa localidade apresenta clima Aw, tropical de savana, mesotérmico. A série era composta de dados diários de precipitação de 1983 a 2007, totalizando 25 anos. Para o mesmo período foi estimada a evapotranspiração de referência mensal por meio da equação de Penman-Monteith que é o método padrão recomendado pela FAO, sendo as informações agrometeorológicas obtidas da EMBRAPA (2007).

Os dados de precipitação foram agrupados em séries mensais e decendiais e submetidas às distribuições de densidade

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

em que:

X: Precipitação;

μ : Precipitação média, correspondendo ao ponto máximo de $f(X)$;

considerando a precipitação a 75% de probabilidade e a precipitação média.

de probabilidade normal, log-normal, exponencial e gama. As particularidades de cada uma destas funções estão descritas a seguir.

Distribuição normal

A distribuição normal é a função densidade de probabilidade mais empregada para estimativa de eventos pluviométricos (CATALUNHA et al., 2002). Esta função é adequada para a estimativa de dados que apresentam uma frequência simétrica em torno da média, ou seja, 50% dos dados possuem respectivamente valores abaixo e acima da média.

A função densidade de probabilidade normal $f(X)$ é dada pela Equação 1, sendo que a probabilidade de ocorrência da precipitação $P(X)$ é dada pela integral de $f(X)$. Note-se que é necessário se utilizar de métodos numéricos ou tabelas para sua resolução, visto que a mesma não apresenta solução analítica.

e

σ : Desvio padrão da série.

Distribuição log-normal

Alguns eventos que não seguem a distribuição normal, ou seja, não apresentam simetria dos dados em torno da média, têm um comportamento da distribuição normal quando são submetidos a aplicação do logaritmo natural dos dados individuais. Desse modo, os fenômenos

que apresentam este comportamento, se ajustam a distribuição log-normal Equação 2. A probabilidade de ocorrência $P(X)$ é calculada por meio da integral de $f(X)$, sendo necessário um processo iterativo para resolução.

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

$$f(X) = \frac{1}{X\sigma_Y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y}\right)^2} \quad (2)$$

em que:

Y: Logaritmo da precipitação;

μ_Y : Média dos logaritmos da precipitação; e

σ_Y : Desvio padrão dos logaritmos da precipitação.

Distribuição exponencial

Apresenta uma distribuição assimétrica, semelhante a um “J” invertido, sendo indicado para séries com forte

assimetria. A função de distribuição exponencial é dada pela Equação 3.

$$P(X) = \frac{1}{\mu} \int_0^{\infty} e^{-\frac{X}{\mu}} dX = 1 - e^{-\frac{X}{\mu}} \quad (3)$$

Este método é de fácil manipulação visto que a função de distribuição exponencial é uma equação simples, não

necessitando de cálculos sofisticados, que demande o uso de programas computacionais, ou do uso de tabelas.

Distribuição gama

A distribuição gama é amplamente utilizada para o estudo de frequência de eventos pluviométricos, tendo como característica uma distribuição assimétrica em relação à média. A distribuição de frequência acumulada é dada pela Equação 4. Os parâmetros α e β desta função podem ser estimados por meio dos métodos dos

momentos ou da máxima verossimilhança, sendo preferível o uso do último (LYRA et al., 2006; SOCCOL et al., 2010). Neste caso, tem-se que os parâmetros α e β são calculados por meio das equações 6, 7 e 8. A função gama do parâmetro alfa $\Gamma(\alpha)$ é dada pela equação 5.

$$P(X) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^X X^{(\alpha-1)} e^{-\frac{X}{\beta}} dX \quad (4)$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} X^{(\alpha-1)} e^{-X} dX \quad (5)$$

$$\beta = \frac{\mu}{\alpha} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{1 + \left[1 + \left(\frac{4A}{3}\right)\right]}{4A} \quad (7)$$

$$A = \ln(\mu) - \frac{1}{n} \sum \ln(X) \quad (8)$$

em que:

α : Parâmetro de forma da variável aleatória X;

β : Parâmetro de escala da variável aleatória X; e

n: Número de dados da série.

Esta função de distribuição de probabilidade não permite que a série de dados apresente valores nulos, pois o cálculo do parâmetro α é composto de uma função logarítmica (Equação 8). Para

contornar esse problema matemático, pode-se adotar basicamente 2 procedimentos: a) agrupar a série em períodos maiores, dependendo da aplicação (5, 10 dias, etc.); b) calcular separadamente

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

a probabilidade para os valores nulos e os demais valores, conforme sugerido por THOM (1951). Esse procedimento foi chamado de distribuição mista, partindo do princípio que a probabilidade de ocorrer valores nulos (K), somado à probabilidade de ocorrer precipitação (I), é dada pela

$$K + I = 1 \quad (9)$$

$$P(X') = K + I P(X) \quad (10)$$

$$K = \frac{j}{n} \quad (11)$$

em que:

j: Número de valores nulos; e

n: Número total de valores da série.

Teste de aderência

As distribuições de probabilidade foram ajustadas utilizando planilha eletrônica e depois efetuado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (Equação 12) a 5% de significância. Este

$$D_{obs} = \text{Max}|F(X) - P(X)| \quad (12)$$

em que:

D_{obs} : Desvio máximo observado; e

F(X): Frequência observada.

Para calcular a frequência observada F(X), as séries mensal e decendial foram

$$F(X) = \left(\frac{m - 0,5}{n} \right) \quad (13)$$

em que:

m: Número de ordem da lâmina de precipitação.

Os valores de desvio máximo observado (D_{obs}) foram comparados com valor crítico tabelado (D_{tab}), para o número de dados igual a 25 e nível de significância de 5%, o que corresponde ao valor crítico de 0,264 (ASSIS, et al., 1996). Considera-se que a amostra segue a distribuição de probabilidade testada, se a D_{obs} for menor que a D_{tab} , desse modo as frequências estimadas concordam com as frequências observadas. Considerou-se como sendo a função de melhor ajuste,

Equação 9. Sendo assim, a probabilidade de ocorrer um determinado valor de precipitação $P(X')$ é dada pela Equação 10. A probabilidade de ocorrer valores nulos pode ser calculada por meio da Equação 11.

nível de significância foi utilizado por autores como ARAÚJO et al. (2001); SAMPAIO et al. (2007); BAÚ et al. (2006); VIEIRA et al. (2010) e SOCCOL et al. (2010).

ordenadas de modo decrescente, e submetidas à Equação 13.

aquela que apresentou o menor desvio máximo no teste de aderência.

De posse da função de distribuição de probabilidade ajustada para cada período, calculou-se a precipitação provável a 75% de probabilidade, a probabilidade de ocorrência da precipitação média e o seu respectivo período de retorno, bem como a demanda de irrigação em relação à evapotranspiração de referência, para os períodos mensais e decendiais. A demanda aproximada de irrigação foi obtida pela diferença da evapotranspiração de referência (calculada

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

a partir da equação de Penman Monteih) e a precipitação (média e provável) para todos os meses dos anos citados anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 se encontram os parâmetros de ajuste da distribuição gama para as séries decenciais e mensais. Pode-se notar que o parâmetro “ α ” não sofreu grandes variações entre os meses do ano, tanto para o período mensal quanto decencial, isso porque, “ α ” é um parâmetro de forma da variável aleatória, portanto não depende da magnitude dos valores de precipitação. Por outro lado, o parâmetro “ β ” apresentou grande dispersão entre os diferentes períodos do ano, sendo que os maiores valores foram aqueles referentes aos meses de maiores precipitações.

Para o período mensal, o valor máximo de “ β ” foi 453,15 e o mínimo de 10,25, referentes aos meses dezembro e julho, respectivamente. Para o período decencial os valores máximo e mínimo de “ β ” aconteceram no segundo decênio de dezembro e julho, cujos valores foram respectivamente 152,50 e 0,35. Essa amplitude entre os valores máximo e mínimo se deve ao fato deste parâmetro representar a escala da variável e, conseqüentemente no período mais seco as lâminas precipitadas são de baixa magnitude, apresentando uma ordem de grandeza muito inferior ao período chuvoso, fazendo com que os valores do parâmetro “ β ” sejam bastante inferiores àqueles referentes ao período de maior precipitação.

Tabela 1. Parâmetros de ajuste da distribuição gama para a série de totais mensais e decenciais.

Mês	Mensal		1° decênio		2° decênio		3° decênio	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Jan	0,5508	405,2095	0,5813	138,8572	0,5600	115,2075	0,5875	117,4317
Fev	0,5548	357,4028	0,5787	131,8910	0,5823	133,5412	0,5985	98,2192
Mar	0,5471	417,7638	0,5658	137,9236	0,5804	137,7942	0,5856	110,8718
Abr	0,5740	193,2441	0,5854	90,3278	0,6001	70,4830	0,4641	33,9166
Mai	0,5808	49,8109	0,4744	25,2434	0,4623	23,2654	0,4620	13,2210
Jun	0,4400	19,4921	0,4340	8,6732	0,4280	6,4761	0,4456	4,7755
Jul	0,4378	10,2506	0,4724	1,3719	0,5034	0,3498	0,4348	5,0049
Ago	0,4412	24,9710	0,4318	4,9011	0,4505	1,9357	0,4345	16,6524
Set	0,5808	85,4996	0,4612	22,2733	0,4847	30,5093	0,5085	33,3666
Out	0,5699	242,4809	0,5418	65,0673	0,5537	61,0740	0,5907	99,0787
Nov	0,5546	374,5974	0,5561	110,4923	0,5895	97,9023	0,5826	130,7757
Dez	0,5469	453,1514	0,5811	143,8485	0,5693	152,4981	0,5820	123,1975

Para o período mensal as funções de melhor ajuste, foram respectivamente a distribuição log-normal para o período dezembro a abril e normal para os meses de setembro, outubro e novembro (Tabela 2).

Em estudos feitos em outras regiões a distribuição gama tem apresentado o melhor ajuste para a maioria dos meses chuvosos. Estes resultados são apresentados por CALUNHA et al. (2002), para Barbacena – MG, e RIBEIRO et al. (2007), para estado de Minas Gerais, que

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

utilizaram o teste de Kolmogorov-Smirnov a 20% de significância. Já ARAÚJO et al. (2001) obtiveram bom ajuste para distribuição gama mista, para a cidade de Boa vista, RO. Porém, para Santo Antônio de Goiás, GO, a distribuição gama não teve bom ajuste.

Para o período decendial a variabilidade das funções de melhor ajuste para cada decêndio foi maior, devido à alta

dispersão dos dados. Porém, as distribuições normal e log-normal apresentaram o melhor ajuste para a maioria dos decêndios, principalmente no período chuvoso. Para o período de outubro a abril a distribuição normal pode ser utilizada sem restrições, uma vez que esta passou no teste de aderência pra todos os meses deste período.

Tabela 2. Distribuição densidade de probabilidade de melhor ajuste (Dist.), precipitação média (PM, mm) e precipitação a 75 % de probabilidade (P75, mm) e coeficiente de variação (CV, %), para o município Santo Antônio de Goiás, GO.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mensal												
Dist.	L	L	L	L	E	—	—	—	N	N	N	L
PM	223,2	198,3	228,6	110,9	28,9	8,6	4,5	11,0	49,7	138,2	207,8	247,8
P75	165,5	140,3	144,6	58,2	8,3	0,0	0,0	0,0	26,0	101,3	165,6	186,2
CV (%)	36,8	38,5	45,6	55,6	103,1	250,7	226,8	243,5	70,7	39,6	30,1	38,3
1º decêndio												
Dist.	N	N	N	E	L	—	—	—	—	E	N	L
PM	80,7	76,3	78,0	52,9	12,0	3,8	0,7	2,1	10,3	35,3	61,4	83,6
P75	54,0	47,1	30,9	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	31,2	52,7
CV (%)	49,0	56,8	89,6	78,8	173,8	246,6	337,8	394,8	204,2	103,0	73,0	64,0
2º decêndio												
Dist.	N	L	L	E	—	—	—	—	—	E	N	L
PM	64,5	77,8	80,0	42,3	10,8	2,8	0,2	0,9	14,8	33,8	57,7	86,8
P75	39,0	45,0	45,6	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	32,4	40,1
CV (%)	58,6	54,0	64,9	80,1	187,5	491,0	349,4	397,7	162,2	88,3	65,1	70,6
3º decêndio												
Dist.	L	L	L	N	—	—	—	—	G	N	L	N
PM	69,0	58,8	64,9	15,7	6,1	2,1	2,2	7,2	17,0	58,5	76,2	74,5
P75	36,3	32,7	29,4	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	34,3	41,4	36,4
CV (%)	57,6	51,3	75,5	130,0	174,9	318,1	307,2	342,9	124,4	61,4	60,6	67,3

L: Log-normal; E: Exponencial; N: Normal; e G: Gama.

Para o período de junho a agosto nenhuma das funções testadas se ajustaram aos dados, seja para o período mensal como para o período decendial. Porém, como a precipitação para essa época é pouco significativa, pode-se assumir que para uma probabilidade de ocorrência de 75%, esta é desprezível. A falta de ajuste dos dados para esse período pode ser explicada pela grande dispersão dos dados nesses meses, evidenciada por meio o coeficiente de variação (CV) apresentado na Tabela 2. O máximo valor de CV

ocorreu no mês de junho tanto para a série de totais mensais como para a série de totais decendiais, cujo valor foi de 250,7 e 491,0 %, respectivamente. Pode-se observar que a série de totais mensais apresentou menor dispersão em relação à decendial. O CV médio para o período mensal foi 98,3 %, enquanto que para o período decendial o CV foi de 158,7 %.

Na Tabela 2, observa-se ainda que há uma diferença considerável, entre o valor de precipitação média e o estimado a 75% probabilidade, constatando-se que o

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

dimensionamento de sistemas de irrigação partindo da precipitação média, proporciona projetos hidráulicos consideravelmente mais barato, uma vez que a demanda calculada será menor. Porém, o projeto dimensionado de tal modo, provavelmente ficará subdimensionado, podendo não atender as necessidades hídricas da cultura e com isso reduzir os rendimentos da mesma.

Em algumas fases (floração, enchimento de grãos, etc.) de culturas específicas, o déficit hídrico pode refletir em grandes prejuízos, dependendo da sua sensibilidade ao estresse hídrico. Para a cultura do milho, o déficit hídrico durante a floração pode representar 80% das variações do rendimento da mesma para a região sul do Brasil (BERGAMASCHI et al., 2006).

A precipitação média está sujeita a um período de retorno variável, dependendo da distribuição de probabilidade utilizada. O valor mínimo e máximo encontrados foram respectivamente 2,0 e 4,7 anos, que correspondem a probabilidade de 50 e 21%

(distribuição normal e log-normal, respectivamente). De modo análogo, o período de retorno para precipitação com probabilidade de 75% tem valor fixo de 1,33 anos.

Para o período mensal a máxima diferença entre a precipitação média e a precipitação provável ocorreu em março e corresponde a 83,93 mm, o que proporciona lâmina de 2,71 mm dia⁻¹, valor este bastante considerável para o dimensionamento de projetos de irrigação. Já para os decêndios a diferença de lâmina foi ainda maior 4,71 mm dia⁻¹ com lâmina acumulada de 47,15 mm, correspondente ao primeiro decêndio de março. Esta lâmina é superior à evapotranspiração de referência média diária do referido mês, para esta localidade (3,0 mm), como pode ser observado na Figura 1. Neste caso, como a evapotranspiração é inferior à precipitação para ambos os critérios (precipitação média e provável) não há necessidade de irrigação, então esta diferença não traria consequência ao projeto.

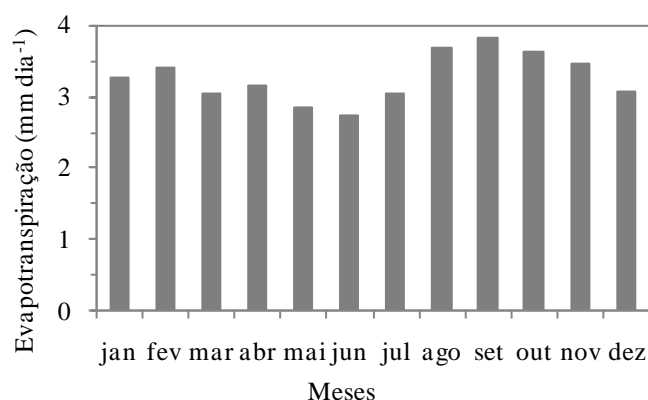


Figura 1. Evapotranspiração de referência média, calculada pela equação Penman-Monteith.

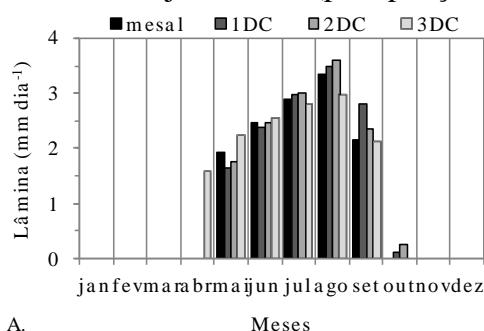
Como o projeto hidráulico é dimensionado para a demanda máxima da cultura, obtida pela diferença entre evapotranspiração e a precipitação, quando se utiliza a precipitação média, esta demanda tem tendência de ocorrer nos

meses de menor média histórica de precipitação, o que em alguns casos não corresponde à realidade. Além disso, o período correspondente a esta demanda pode ser diferente entre os dois critérios

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

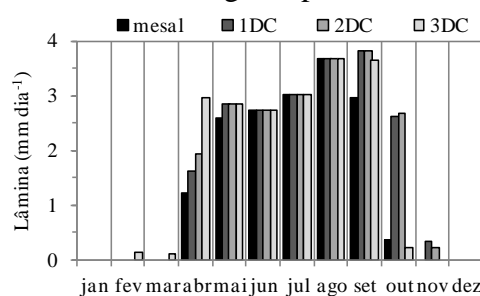
(precipitação média e provável), como pode ser observado na Figura 2.

Para o período decendial a demanda máxima em relação à evapotranspiração de referência, pelos dois critérios de dimensionamento já citados (precipitação



A.

Meses



B.

Meses

Figura 2. A. Demanda de irrigação em relação à precipitação média; e B. demanda de irrigação em relação à precipitação provável. (mesal: período mensal; 1DC, 2DC e 3DC: 1°, 2° e 3° decêndio, respectivamente).

A demanda máxima em relação à precipitação provável a 75 % de probabilidade foi de 3,7 e 3,8 mm dia⁻¹, para o período mensal e decendial, respectivamente, que corresponde a uma diferença da demanda em relação à precipitação média de 0,4 e 0,2 mm dia⁻¹. Esta diferença proporciona um projeto com capacidade de suprimento de 91,5 e 95,8% da demanda da máxima com 75% de probabilidade.

Nota-se pela análise anterior que o uso da precipitação média mensal proporcionou um projeto com quase 10% a menos da capacidade de suprimento da demanda da cultura, considerando 75% de probabilidade, enquanto que para o período decendial esta diferença foi de aproximadamente 5 %. Percebe-se, portanto que a demanda máxima calculada por meio da precipitação média decendial se aproxima mais da demanda provável, quando comparada com precipitação média mensal. Além disso, independente do método de irrigação, o turno rega é de modo geral inferior a 10 dias, o que mostra que a média mensal não deve ser utilizada, uma vez que dilui os picos de demanda que por ventura venha ocorrer durante o

média e provável a 75% de probabilidade, respectivamente), corresponde ao 2° decêndio do mês de agosto e 1° e 2° decêndio do mês de setembro. Para o período mensal a demanda máxima ocorreu em agosto para ambos os critérios.

período de um mês, condicionando projetos subdimensionados.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

O uso da precipitação média para o dimensionamento de projetos de irrigação suplementar resultou em sistemas com capacidade de suprimento da demanda de irrigação significativamente inferior à aqueles cuja precipitação está sujeita a uma probabilidade de 75 %.

Projetos de irrigação dimensionados a partir da precipitação média mensal apresentaram menor capacidade de suprimento da demanda de irrigação, em relação à aqueles dimensionados a partir da precipitação média decendial.

AGRADECIMENTOS

Ao MCT, CNPq, CAPES e FAPESP, pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCT-EI). À EMBRAPA Arroz

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

e Feijão pela concessão dos dados agrometeorológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRADE, A. R. S.; FREITAS, J. C.; BRITO, J. I. B.; GUERRA, J. O. C.; XAVIER, J. F. Aplicação da probabilidade condicional e do processo de cadeia de Markov na análise de períodos secos e chuvosos para o município de Garanhuns, PE, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 169-182, 2009.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.
- ASSIS, F.N. de, ARRUDA, H.V., PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatísticas a climatologia; Teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161 p.
- BAÚ, A. L.; GOMES, B. M.; QUEIROZ, M. M. F.; OPZO, M. A. U.; SAMPAIO, S. C. Comparação espacial da precipitação mensal provável da mesoregião Oeste do Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 150-168, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, A. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Características climáticas dos municípios de Santo Antônio de Goiás (GO), Porangatu (GO), Janaúba (MG), Sete Lagoas (MG), Parnaíba (PI) e Teresina (PI), Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 36 p.
- FARIA, R. A.; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Economia de água e energia em projetos de irrigação suplementar no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 189-194, 2002.
- FIETZ, C. R.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; URCHER, M. A. Precipitação esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Dourados, MS. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 29-34, 1998.
- LYRA, G. B.; GARCIA, B. I. L.; PIEDADE, S. M. S.; SEDIYAMA, G. C.; SETELHAS, P. C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 205-215, 2006.
- MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONOMO, P. CHAVES, M. A. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

duas localidades do sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 988-994, 2005.

RIBEIRO, B. T.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, 2007.

SAMPAIO, S. C.; QUEIROZ, M. M. F.; FRIGO, E. P.; LONGO, A. J.; SUSZEK, M. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 38-53, 2007.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G. GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2007.

SOCCOL, O. J.; CARDOSO, C. O.; MIQUELLUTI, D. J. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 569-574, 2010.

THOM, H.C.S A frequency distribution for precipitation. **Bulletin of American Meteorological Society**, Boston, v. 32, n. 10, p. 117-122, 1951.

VIEIRA, J. P. G.; SOUZA, M. J. H.; TEXEIRA, J. M.; CARVALHO, F. P. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 762-767, 2010.