

## PRECIPITAÇÃO ESPERADA, EM DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE, NA REGIÃO DE DOURADOS, MS

### DEPENDABLE RAINFALL, USING DIFFERENT LEVELS OF PROBABILITY, IN DOURADOS, MS, BRAZIL

Carlos Ricardo Fietz<sup>1</sup> José Antônio Frizzone<sup>2</sup>  
Marcos Vinícius Folegatti<sup>2</sup> Mário Artemio Urchei<sup>3</sup>

#### RESUMO

*O objetivo deste trabalho foi determinar a precipitação pluviométrica esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Dourados, MS. O estudo, realizado para períodos decendiais, quinzenais e mensais, baseou-se em dados diários de precipitação de 17 anos. As séries foram ajustadas a uma distribuição mista e a aderência dos dados verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Os parâmetros da distribuição gama foram estimados pelo método da máxima verossimilhança. Houve ajuste dos dados para todos os períodos. Através da distribuição acumulada mista foram gerados valores de precipitação esperada para períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12 e 17 anos. Os resultados obtidos permitem que se adotem valores criteriosos de precipitação no dimensionamento de sistemas de irrigação implantados na região de Dourados. O uso da precipitação média para este fim não é recomendado, pois pode resultar em projetos subdimensionados.*

**Palavras-chave:** irrigação, dimensionamento, precipitação.

#### SUMMARY

*The aim of this work was to determine the dependable rainfall using different levels of probability in Dourados, Mato Grosso do Sul State, Brazil. This study was conducted for intervals of 10, 15 and 30 days, based on daily data of rainfall for 17 years. Series were adjusted to a mixed distribution and a non-parametric*

*test Kolmogorov-Smirnov was used. The parameters of gama distribution were estimated by the method maximum likelihood. Data were adjusted to all periods. Based on the accumulated mixed distribution were generated values of rainfall for periods return of 2, 3, 4, 5, 10, 12 and 17 years. Results allow irrigation personal to adopt criterions values of rainfall for designing irrigation projects near Dourados-MS. The average rainfall should not be used because it may result in under estimation of the rainfall.*

**Key words:** irrigation, design, precipitation.

#### INTRODUÇÃO

A maioria dos projetos de irrigação no Brasil são dimensionados para atender a toda necessidade hídrica das culturas, sem considerar a contribuição da precipitação pluviométrica. Esse procedimento, justificável para regiões áridas e semi-áridas, pode resultar no superdimensionamento de sistemas implantados no Centro-Sul do Brasil, onde, normalmente, a irrigação é de caráter complementar. Em alguns casos, utiliza-se no dimensionamento o valor da precipitação média mensal, o que geralmente, acarreta no subdimensionamento dos sistemas (FRIZZONE, 1979).

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, MSc., EMBRAPA-CPAO, Caixa Postal 661, 79804-970 - Dourados, MS. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Caixa Postal 09, 13418-900 - Piracicaba, SP.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., EMBRAPA-CPAO.

No entanto, alguns modelos desenvolvidos para dimensionar sistemas de irrigação, como o apresentado por JENSEN (1974), consideram, entre outros fatores, a distribuição de frequência da precipitação pluviométrica. Essa abordagem racional possibilita dimensionamentos criteriosos da irrigação, com base nos níveis de risco do sistema não atender às necessidades hídricas das culturas e, conseqüentemente, reduzir as produtividades.

Os níveis de probabilidade da precipitação devem ser adotados com base em critérios econômicos, tais como, o valor da cultura, a disponibilidade de recursos hídricos e o custo da irrigação. MATUTE & HACHEM (1983) e MAROUELLI & SEDIYAMA (1987) consideram o nível de 75% de probabilidade como o mais indicado para ser utilizado no dimensionamento de sistemas de irrigação, enquanto DOORENBOS & PRUITT (1977) recomendam níveis entre 75 e 80%.

Vários trabalhos demonstraram que a distribuição de frequência da precipitação se ajusta à distribuição gama incompleta para períodos mensais, quinzenais (VIVALDI, 1973; FRIZZONE, 1979; GARCIA & CASTRO, 1986; GALATE, 1987 e SAAD, 1990) e decenais (VIVALDI, 1973, FRIZZONE, 1979 e SAAD, 1990). No entanto, em séries com valores nulos, ou entre zero e um, situação comum para períodos reduzidos de precipitação, a distribuição gama incompleta apresenta a limitação de seus parâmetros não poderem ser estimados pelo método da máxima verossimilhança, o processo mais geral e recomendado por fornecer estimativas de menor variância. Para solucionar este problema, THOM (1951) introduziu o conceito de distribuição mista, na qual  $I$  é a probabilidade de ocorrer alguma precipitação e  $K$  de não ocorrer, sendo  $K + I = 1$ . Nessa distribuição, a probabilidade de ocorrência de um determinado valor de precipitação ( $y$ ) é expresso por:

$$M(y) = K + IG(y) \quad (1)$$

sendo

$$K = \frac{j}{n} \quad (2)$$

em que  $M(y)$  é a distribuição acumulada mista,  $G(y)$  uma distribuição contínua acumulada, sendo neste trabalho testada a gama incompleta para valores não nulos ( $y$ ),  $j$  o número de valores nulos e  $n$  o tamanho da série. É importante observar que quando a série não

contém valores nulos ( $K = 0$  e  $I = 1$ ) a probabilidade de ocorrência é estimada pela própria distribuição gama, ou seja:

$$M(y) = G(y) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^y y' e^{-y'/\beta} \cdot y'^{\alpha-1} dy' \quad (3)$$

em que  $\alpha$  e  $\beta$  são, respectivamente, os parâmetros de forma e de escala da distribuição gama,  $\Gamma$  é o símbolo da função gama e  $e$  a base do logaritmo neperiano.

O objetivo deste trabalho foi determinar a precipitação pluviométrica esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Dourados, MS, visando utilizá-la no dimensionamento de projetos de irrigação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo baseou-se em dados diários de precipitação pluviométrica de um período de 17 anos (julho/1979 a agosto/1996), coletados na Estação Agrometeorológica da EMBRAPA/CPAO, em Dourados, MS, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 22°14' S, longitude de 54°49' W e 452m de altitude.

A análise foi realizada para períodos decenais, quinzenais e mensais, sendo cada ano dividido, respectivamente, em 36, 24 e 12 períodos discretos.

As séries foram ajustadas à distribuição gama incompleta e os valores prováveis obtidos através da distribuição mista (equações 1 e 2), sendo a aderência dos dados verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (ASSIS *et al.*, 1996).

Os parâmetros da distribuição gama incompleta foram estimados pelo método da máxima verossimilhança (SAAD, 1990 e ASSIS *et al.*, 1996):

$$\hat{\beta} = \frac{Y_m}{\alpha} \quad (4)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + [1 + (4A/3)]^{1/2}}{4A} \quad (5)$$

$$A = \ln(Y_m) - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \ln(Y_k) \quad (6)$$

em que  $Y_m$  é a precipitação média do período,  $Y_k$  a precipitação acumulada,  $n$  é o número de dados da

série e  $\ln$  o operador do logaritmo neperiano. Consideraram-se como nulas as precipitações inferiores a 0,5mm e como 1,0mm as no intervalo  $0,5\text{mm} \leq y \leq 1,0\text{mm}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os desvios máximos do teste Kolmogorov-Smirnov foram inferiores ao nível crítico em 5% de significância. Portanto, os dados de precipitação ajustaram-se à distribuição gama incompleta para períodos mensais (Tabela 1), quinzenais (Tabela 2) e decendiais (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por VIVALDI (1973), FRIZZONE (1979) e SAAD (1990).

Através da função de frequência acumulada da distribuição mista foram gerados os valores de precipitação esperada para períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12 e 17 anos ou, respectivamente, níveis de

probabilidade de 50, 67, 75, 80, 88, 90, 92 e 94% (Tabelas 1, 2 e 3).

Nas Tabelas estão apresentadas as probabilidades da precipitação ser igual ou maior aos valores nelas contidos. A interpretação dessas informações pode ser feita da seguinte forma: considerando cinco anos como período de retorno, existe 80% de probabilidade de que a precipitação no mês de janeiro (Tabela 1) seja igual ou maior a 83,0mm, ou ainda, em quatro de cada cinco anos o valor da precipitação em janeiro deverá ser, no mínimo, igual a 83,0mm.

Confrontando a probabilidade de ocorrência da precipitação média, utilizada em alguns casos no dimensionamento de sistemas de irrigação, com o nível geralmente recomendado (75%), observa-se a grande discrepância entre esses valores (Figura 1). Todas precipitações médias apresentaram probabilidades de ocorrência inferiores a 50%, portanto, muito abaixo do nível recomendado. Esse comportamento,

também verificado por SAAD (1990), pode ser atribuído à assimetria positiva apresentada pelas precipitações totais nos períodos estudados, o que justifica a boa aderência das mesmas à distribuição gama. As diferenças tenderam a aumentar com a redução do tamanho dos períodos de análise. Portanto, com a utilização dos períodos de análise mais reduzidos (decêndios e quinzenas), há maior risco dos valores médios de precipitação subdimensionar os projetos.

## CONCLUSÕES

Os dados de precipitação ajustam-se à distribuição gama incompleta para períodos mensais, quinzenais e decendiais e podem ser utilizados no dimensionamento de sistemas de irrigação na região de Dourados. O uso da precipitação média pode resultar em projetos subdimensionados, principalmente quando se utilizam períodos menores de precipitação.

Tabela 1 - Precipitação pluviométrica esperada, período mensal, na região de Dourados, MS, para diferentes níveis de probabilidade e períodos de retorno, calculada com observações do período 1979/96.

Mês	$\alpha$ *	$\beta$ *	K**	Precipitação pluviométrica (mm)						
				Média	Nível de probabilidade (%) - M(Y <sub>z</sub> y)					
					94	90	80	75	67	50
Janeiro	3,598	41,787	0,000	150,4	50,8	61,8	83,0	92,2	106,3	136,7
Fevereiro	6,355	18,956	0,000	120,5	56,5	64,7	79,5	85,8	95,0	114,2
Março	3,292	44,039	0,000	145,0	45,9	56,5	77,2	86,3	100,3	130,6
Abril	3,743	31,702	0,000	118,7	41,3	49,9	66,5	73,7	84,7	108,3
Mai	1,077	115,898	0,000	124,8	9,1	15,0	30,4	38,6	52,8	89,0
Junho	1,124	58,113	0,000	65,3	5,2	8,4	16,7	21,0	28,5	47,3
Julho	1,429	35,908	0,111	45,6	0,0	0,0	9,4	13,4	19,8	34,4
Agosto	1,534	35,075	0,111	47,5	0,0	0,0	10,2	14,6	21,4	36,7
Setembro	2,104	50,700	0,000	106,7	22,3	29,7	45,4	52,6	64,1	90,3
Outubro	4,948	31,080	0,000	153,8	63,6	74,5	94,7	103,3	116,3	143,6
Novembro	7,940	20,140	0,000	159,9	82,5	92,8	111,3	118,9	130,2	153,2
Dezembro	3,087	56,055	0,000	173,0	52,1	64,8	89,7	100,7	117,7	154,8
					17	10	5	4	3	2
					Período de retorno (anos)					

\*Parâmetros da distribuição gama utilizados na distribuição mista.

\*\*Probabilidade de não ocorrer precipitação.

Tabela 2 - Precipitação pluviométrica esperadas, períodos quinzenais, na região de Dourados, MS, para diferentes níveis de probabilidade e períodos de retorno, calculada com observações do período 1979/96.

Decêndio	$\alpha^*$	$\beta^*$	K**	Precipitação (mm)						
				Média	Nível de probabilidade (%) - $M(Y \geq y)$					
					94	90	80	75	67	50
Janeiro										
01-15	1,206	60,412	0,000	72,9	6,7	10,5	20,0	24,9	33,3	54,0
16-31	2,780	27,872	0,000	77,5	21,4	27,0	38,3	43,3	51,2	68,4
Fevereiro										
01-15	7,985	7,499	0,000	59,9	31,0	34,8	41,7	44,6	48,8	57,4
16-28	1,818	33,319	0,000	60,6	10,6	14,7	23,5	27,6	34,4	49,9
Março										
01-15	2,534	22,147	0,000	56,1	14,2	18,3	26,5	30,2	36,0	48,9
16-31	1,903	46,714	0,000	88,9	16,5	22,5	35,5	41,6	51,4	73,9
Abril										
01-15	1,944	24,469	0,000	49,5	9,1	12,3	19,2	22,5	27,7	39,7
21-30	2,269	32,387	0,059	69,2	2,7	14,2	27,5	33,0	41,3	59,6
Maio										
01-15	0,837	70,384	0,000	58,9	2,3	4,3	10,4	13,9	20,3	37,7
21-31	1,048	71,324	0,118	66,0	0,0	0,0	8,0	13,0	21,6	43,4
Junho										
01-15	0,953	41,820	0,000	39,9	2,2	3,8	8,4	10,9	15,4	27,1
16-30	0,889	32,273	0,118	25,5	0,0	0,0	2,4	4,1	7,1	15,5
Julho										
01-15	1,114	23,777	0,222	20,6	0,0	0,0	0,0	1,3	4,6	12,6
16-31	1,389	24,902	0,278	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	16,1
Agosto										
01-15	1,373	17,468	0,167	19,8	0,0	0,0	1,6	3,8	7,0	14,1
16-31	1,423	33,119	0,389	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9
Setembro										
01-15	1,207	53,550	0,118	57,0	0,0	0,0	8,7	13,5	21,3	40,1
16-30	1,574	31,524	0,000	49,6	7,1	10,3	17,3	20,7	26,3	39,6
Outubro										
01-15	3,090	25,344	0,000	78,3	23,6	29,3	40,6	45,6	53,3	70,1
16-31	1,496	50,461	0,000	75,5	10,0	14,6	25,2	30,4	39,0	59,5
Novembro										
01-15	2,719	30,792	0,000	83,7	22,6	28,7	40,9	46,4	54,9	73,7
16-30	4,148	18,366	0,000	76,2	28,3	33,9	44,3	48,8	55,6	70,2
Dezembro										
01-15	1,963	46,248	0,000	90,8	17,5	23,7	37,0	43,2	53,1	75,9
16-31	3,162	26,015	0,000	82,3	25,3	31,3	43,1	48,3	56,3	73,8
					17	10	5	4	3	2
Período de retorno (anos)										

\*Parâmetros da distribuição gama utilizados na distribuição mista.

\*\*Probabilidade de não ocorrer precipitação.

Tabela 3 - Precipitação pluviométrica decenal esperada na região de Dourados, MS, para diferentes níveis de probabilidade e períodos de retorno, calculada com observações do período 1979/96.

Decêndio	$\alpha^*$	$\beta^*$	K**	Precipitação (mm)						
				Média	Nível de probabilidade (%) - $M(Y \geq y)$					
					94	90	80	75	67	50
Janeiro										
01-10	1,243	34,087	0,000	42,4	4,1	6,4	12,0	14,9	19,7	31,7
11-20	2,528	23,887	0,000	60,4	15,3	19,6	28,5	32,5	38,7	52,6
21-31	1,553	34,737	0,118	47,6	0	0	10,4	14,8	21,6	36,9
Fevereiro										
01-10	1,458	27,501	0,000	40,1	5,1	7,5	13,1	15,9	20,4	31,4
11-20	4,386	10,122	0,000	44,4	17,1	20,3	26,3	28,9	32,8	41,1
21-28	1,562	23,028	0,000	36,0	5,1	7,4	12,5	14,9	19,0	28,7
Março										
01-10	2,359	16,671	0,000	39,3	9,3	12,1	17,9	20,5	24,6	33,9
11-20	1,287	46,119	0,000	59,3	6,1	9,4	17,4	21,4	28,2	44,9
21-31	2,494	21,050	0,118	46,3	0,0	0,0	16,3	20,9	27,4	40,7
Abril										
01-10	1,447	25,166	0,059	34,3	0,3	3,6	9,3	12,0	16,3	26,5
11-20	1,252	40,397	0,000	50,6	5,0	7,7	14,4	17,9	23,7	37,9
21-30	0,961	39,870	0,118	33,8	0,0	0,0	3,5	5,9	10,1	21,3
Maio										
01-10	0,671	45,798	0,118	27,1	0,0	0,0	1,2	2,4	5,0	13,4
11-20	2,115	28,212	0,118	52,7	0,0	0,0	16,1	21,3	28,8	44,6
21-31	0,977	55,998	0,176	45,1	0,0	0,0	1,5	4,9	11,0	26,9
Junho										
01-10	1,352	21,859	0,056	27,9	0,0	0,0	2,4	5,0	8,9	17,6
11-20	0,722	37,150	0,333	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2
21-30	0,827	30,462	0,222	19,5	0,0	0,0	0,0	0,5	2,7	9,6
Julho										
01-10	0,985	24,291	0,278	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	8,7
11-20	1,161	15,793	0,444	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
21-31	1,287	25,333	0,444	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2
Agosto										
01-10	1,358	14,447	0,294	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	8,5
11-20	1,031	22,015	0,412	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
21-31	1,070	35,820	0,412	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
Setembro										
01-10	1,098	53,269	0,294	41,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	21,8
11-20	0,910	43,853	0,176	32,8	0,0	0,0	0,9	3,1	7,2	18,7
21-30	2,948	12,518	0,118	32,6	0,0	0,0	13,0	16,2	20,7	29,6
Outubro										
01-10	1,466	39,703	0,059	54,8	0,5	6,0	15,1	19,4	26,3	42,4
11-20	1,750	31,615	0,059	52,1	1,2	7,7	16,0	19,6	25,1	37,2
21-31	1,342	34,997	0,000	47,0	5,2	7,9	14,3	17,5	22,9	35,9
Novembro										
01-10	1,136	53,787	0,000	61,1	5,0	8,0	15,8	19,8	26,8	44,4
11-20	1,986	23,761	0,059	44,4	0,9	7,6	17,0	21,1	27,6	42,4
21-30	1,544	35,236	0,000	54,4	7,6	11,0	18,7	22,4	28,6	43,2
Dezembro										
01-10	1,223	46,133	0,059	53,1	0,2	4,1	12,0	15,9	22,6	38,7
11-20	1,925	34,981	0,000	67,3	12,7	17,3	27,1	31,7	39,1	56,1
21-31	1,160	45,359	0,000	52,6	4,5	7,1	13,9	17,4	23,4	38,5
					17	10	5	4	3	2

\*Parâmetros da distribuição gama utilizados na distribuição mista.

\*\*Probabilidade de não ocorrer precipitação.

Período de retorno (anos)

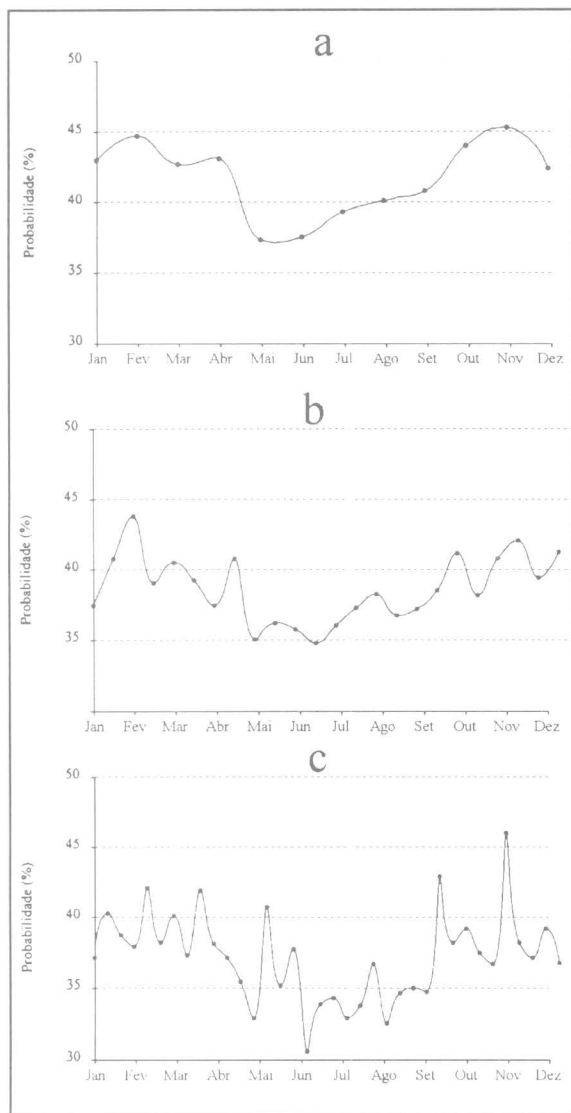


Figura 1 - Probabilidade de ocorrência das precipitações médias mensais (a) quinzenais e (b) decendiais (c),  $M(Y \geq y)$ , na região de Dourados, MS, calculada com observações no período 1979/96.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, F.N., ARRUDA, H.V., PEREIRA, A.R. *Aplicações de estatística à climatologia*. Pelotas: Editora Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161 p.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. *Las necesidades de água de los cultivos*. Roma: FAO, 1977. 194 p.
- FRIZZONE, J.A. *Análise de cinco modelos para o cálculo da distribuição de frequência de precipitações na região de Viçosa, MG*. Viçosa - MG. 100 p. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Federal de Viçosa, 1979.
- GALATE, R.S. *Estudo das precipitações pluviais no município de Belém-PA, através da distribuição gama*. Piracicaba - SP. 70 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós -graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 1987.
- GARCIA, E.A.C. L., CASTRO, L.H.R. Análise da frequência de chuva no Pantanal Mato-Grossense. *Pesq Agropec Bras*, Brasília, v. 21, n. 9, p. 909-925, 1986.
- JENSEN, M.E. *Consumptive use of water and irrigation water requirements*. New York: ASCE, 1974. 215 p.
- MAROUELLI, W.A., SEDIYAMA, G.C. Balanço hídrico visando ao máximo a precipitação natural. In: SEDIYAMA, G.C. *Necessidade de água para os cultivos*. Brasília: ABEAS, 1987. p. 86-127.
- MATUTE, E., HACHEM, A.M. *Necessidade de água para irrigação*. Brasília: PROVÁRZEAS/PROFIR, 1983. 24 p.
- 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 - SP. 124p. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 1990.
- THOM, H.C.S. A frequency distribution for precipitation. *Bulletin of American Meteorological Society*, Boston, v. 32, n. 10, p. 117-122, 1951.
- VIVALDI, L.J. *Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos*. Piracicaba - SP. 73p. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 1973.