

# MEDIÇÃO E SIMULAÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO FOLIAR DE ÁGUA NA CULTURA DE MILHO<sup>1</sup>

CÍCERO LOPES DA SILVA<sup>2</sup>, MÁRCIO MOTA RAMOS<sup>3</sup>, PAULO AFONSO FERREIRA ,  
GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA e BLANOR TORRES LOUREIRO<sup>4</sup>

**RESUMO** - Visando medir a interceptação foliar (itp) de água na cultura de milho, foram vedadas com plástico, de forma a impedir a infiltração de água, quatro parcelas de um total de dez. Usaram-se oito irrigações por aspersão (chuva artificial) e 21 precipitações, para se obterem os dados de itp de água medidos. A lâmina de água correspondente a essas precipitações e irrigações foi de 453,2 mm, e a interceptação foliar medida, de 141,0 mm. Simulou-se também a itp de todo o ciclo da cultura do milho por meio de um modelo potencial e um modelo quadrático, obtidos dos dados medidos de itp de água. Os valores simulados referentes a todo o ciclo da cultura foram de 243,2, e de 267,4 mm em relação aos modelos potencial e quadrático, respectivamente, correspondendo a 25,8% e 28,4%, do total precipitado. Os valores simulados, correspondentes às 21 chuvas e às oito irrigações, foram de 137,0 mm, e 141,0 mm, no tocante ao modelo potencial e quadrático. Considerando a magnitude desses valores, sugere-se que a itp passe a ser considerada, tanto no caso de aspersão como no caso de chuva natural, no planejamento e manejo dos projetos de irrigação.

Termos para indexação: irrigação por aspersão, precipitação, *Zea mays*.

## MEASUREMENT AND SIMULATION OF THE LEAF INTERCEPTION LOSS OF WATER ON MAIZE CROP

**ABSTRACT** - With the objective of measuring leaf interception loss of water (itp) on maize, four plots in a total of ten, were covered with plastic to avoid infiltration of water in the soil. The measured itp data were obtained from eight artificial irrigations (sprinkler) and 21 rainfalls. The amount of water corresponding to the rainfalls and irrigations were 453.2 mm. and the interception loss was 141.0 mm. The itp was also simulated for the whole cycle of the crop by a potential and quadratic model, obtained from the measured itp data. The total values of the simulated data were 243.2 and 267.4 mm. for the potential and quadratic models, respectively, corresponding to 25.8 and 28.4% of the total rainfall. The simulated values corresponding to the 21 rainfalls and eight irrigations were 137.0 and 141.0 mm. for the potential and quadratic models. The results presented led to the recommendation that the interception loss of water due to the irrigation or rainfall has to be considered in planning and managing irrigation projects.

Index terms: rainfall, sprinkler irrigation, *Zea mays*.

## INTRODUÇÃO

Num manejo adequado da irrigação, a quantidade de água a ser aplicada à cultura é a diferença entre a demanda evapotranspirométrica e a pre-

cipitação efetiva. A precipitação efetiva é dependente não somente do conteúdo de umidade do solo, da capacidade de infiltração do solo e das condições de evapotranspiração, mas também da interceptação foliar, que é a quantidade de água que fica retida no dossel vegetativo e que é posteriormente evaporada.

Alguns autores, dentre eles Miranda & Butler (1986) e Rao (1987), afirmam que nas regiões temperadas onde a precipitação anual é em torno de 700 mm, a interceptação foliar (itp) pode atingir até 50% do total precipitado. Nos países tropicais, onde as características das precipitações

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 3 de agosto de 1994.

Extraído da Tese de Doutorado do 1º autor.

<sup>2</sup> Eng.-Agríc., Dr.Sc., Dep. de Engen. Agron. UnB. Caixa Postal 04508, CEP 70910-970 Brasília, DF.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., Dr.Sc., Dep. de Engen. Agríc. UFV. CEP 36570-000 Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Eng.-Agr., Ph.D., Dep. de Engen. Agríc. UFV.

são de maior intensidade e de menor duração, acredita-se que esse fenômeno possa ser bem mais acentuado.

Rao (1987) encontrou um valor médio de 31% relativo às perdas por interceptação foliar, em área reflorestada na Índia, cujo índice de área foliar variava de 1,00 a 1,15. O autor concluiu que a percentagem de água interceptada foi maior nas precipitações menores. Em chuvas menores ou iguais a 5 mm, a percentagem de água interceptada foi de 45%, e em chuvas de 15,1 a 25 mm, a percentagem de água interceptada foi de 22%. Nesse trabalho, o autor considerou apenas as chuvas menores ou iguais a 25 mm.

Conte & Leopoldo (1986) afirmam que existem diversos modelos passíveis de serem usados na estimativa de itp. Em situações onde o índice de área foliar não varia mais com o tempo (florestas), um modelo exponencial pode ser usado na estimativa de itp, em que a variável independente é o total precipitado.

A literatura cita, com frequência, dois modelos para prever as perdas por interceptação foliar, o de Ruttler et al. (1975) e o de Gash et al. (1980), que têm como bases a arquitetura foliar das árvores e os dados climatológicos tomados no momento das chuvas. Esses modelos foram calibrados pela comparação entre os dados simulados e os dados medidos de itp.

Os trabalhos sobre interceptação foliar em florestas e em culturas perenes de grande porte são numerosos. Porém, em culturas anuais, não é muito frequente encontrar trabalhos sobre o assunto. Kelso & Gilley (1983), nas condições de irrigação por aspersão, em um sistema tipo pivô-central, encontraram, em uma cultura de milho, os seguintes valores relativos à itp: 8,1 mm, para uma lâmina bruta de 30,2 mm e aspersores rotativos de baixa pressão; 8,1 mm, para uma lâmina bruta de 35,8 mm, para aspersores rotativos de alta pressão; e 1,7 mm, para difusores de baixa pressão, com lâmina bruta aplicada igual a 28,4 mm. Conte & Leopoldo (1986) fizeram observações da interceptação foliar, na cultura de milho, nas condições de chuva natural, encontrando, em todo ciclo da cultura, um valor de itp de 52,2 mm, de um total precipitado de 646,0 mm, correspondendo a 8,1% do total precipitado.

Tendo em vista a importância e magnitude do parâmetro interceptação foliar, desenvolveu-se este trabalho, cujo objetivo foi medir e apresentar modelos que possam ser usados para simulação da interceptação foliar de água em uma cultura de milho (*Zea mays* L.).

## MATERIAL E MÉTODOS

Para medir a interceptação foliar de água na cultura do milho, instalou-se um experimento de 18 m x 18 m. Um sistema de irrigação por aspersão foi montado no centro do experimento, contendo nove difusores, cujo diâmetro dos bocais era de 7,2 mm. O espaçamento entre os difusores foi de 3 m x 6 m, e a altura de sua elevação, de 3,4 m. Também entre as tubulações de irrigação, dez parcelas de 1 m x 2 m, foram centralizadas, sendo que dentre essas, quatro (as de número 5, 6, 7 e 8) foram vedadas com uma lona de plástico. A limitação dessas parcelas consistiu de uma caixa de folhas de flandres, sem fundos, na mesma dimensão da parcela, sendo a altura dessas caixas de 25 cm. A profundidade na qual essas caixas foram enterradas foi de 15 cm, sobrando, portanto, uma borda de 10 cm. Conectou-se um tubo de PVC de 32 mm de diâmetro nas partes mais baixas das parcelas, para conduzir a água não interceptada dessas parcelas até aos recipientes coletores. Diagramas esquemáticos da área experimental podem ser vistos nas Fig. 1 e 2, evidenciando toda a disposição do material e equipamentos utilizados. Para medir as chuvas naturais, foram instalados nas proximidades da área experimental um pluviômetro e um pluviógrafo. Para medir as irrigações, instalaram-se 30 coletores na área, montados em um varal suspenso, ficando sempre acima do dossel vegetativo da cultura de milho, cuja disposição pode ser observada na Fig. 1. Para plantar o milho, nas quatro parcelas vedadas com plástico, fizeram-se aberturas no plástico, possibilitando abrir uma pequena cova, para colocar o adubo e as sementes. Teve-se o cuidado de centralizar bem essas covas dentro da parcela. Após 24 dias da emergência das plantas de milho, vedaram-se essas aberturas com fita adesiva e anéis de plástico que foram colocados ao redor dos pés de milho. Para a completa vedação do sistema, fez-se também uma mistura de solo e cola branca colocada ao redor dos pés do milho. Quando necessário, refazia-se por completo o sistema de vedação.

Considerou-se como água interceptada a diferença entre as precipitações sobre e sob a copa da cultura. Como precipitação sobre copa, considerou-se, no caso de chuva natural, o total coletado no pluviômetro, e, no

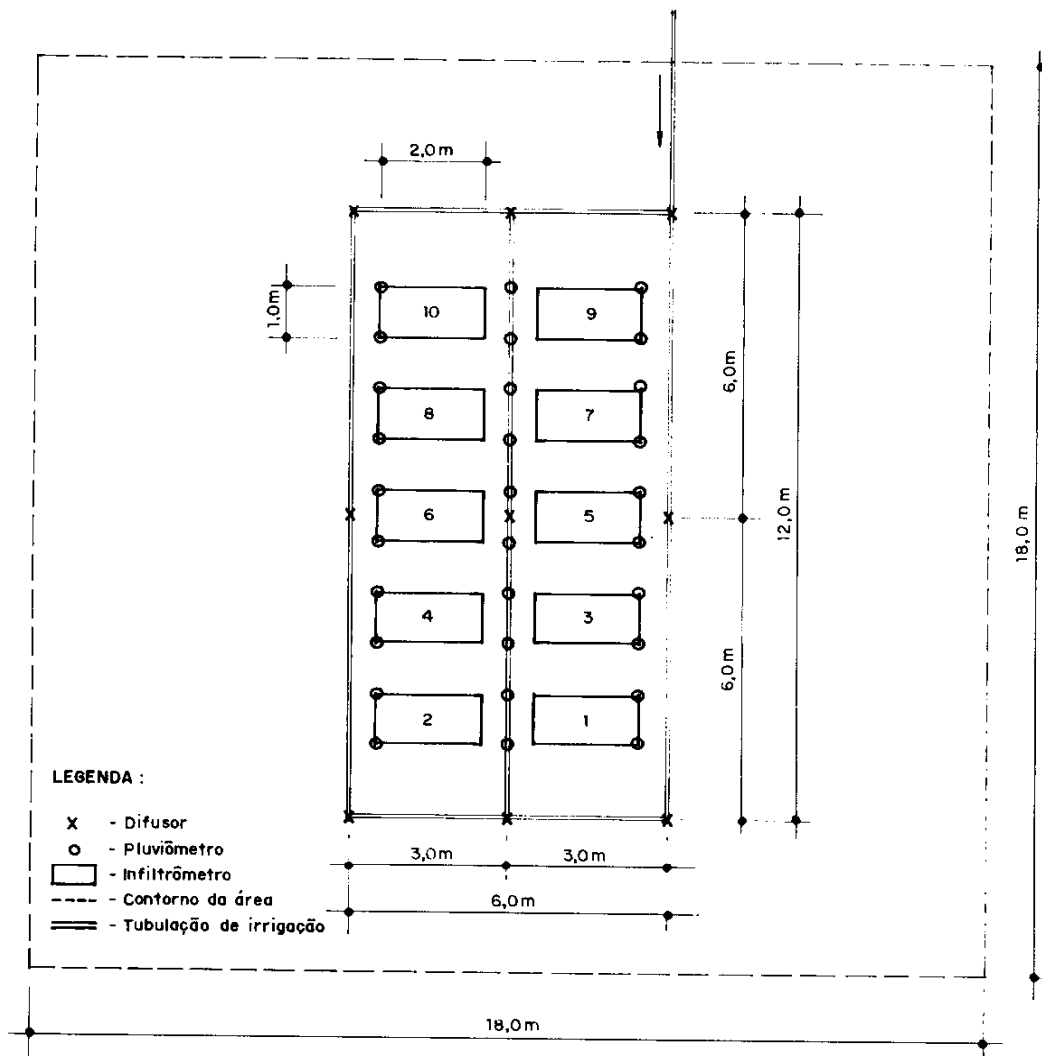
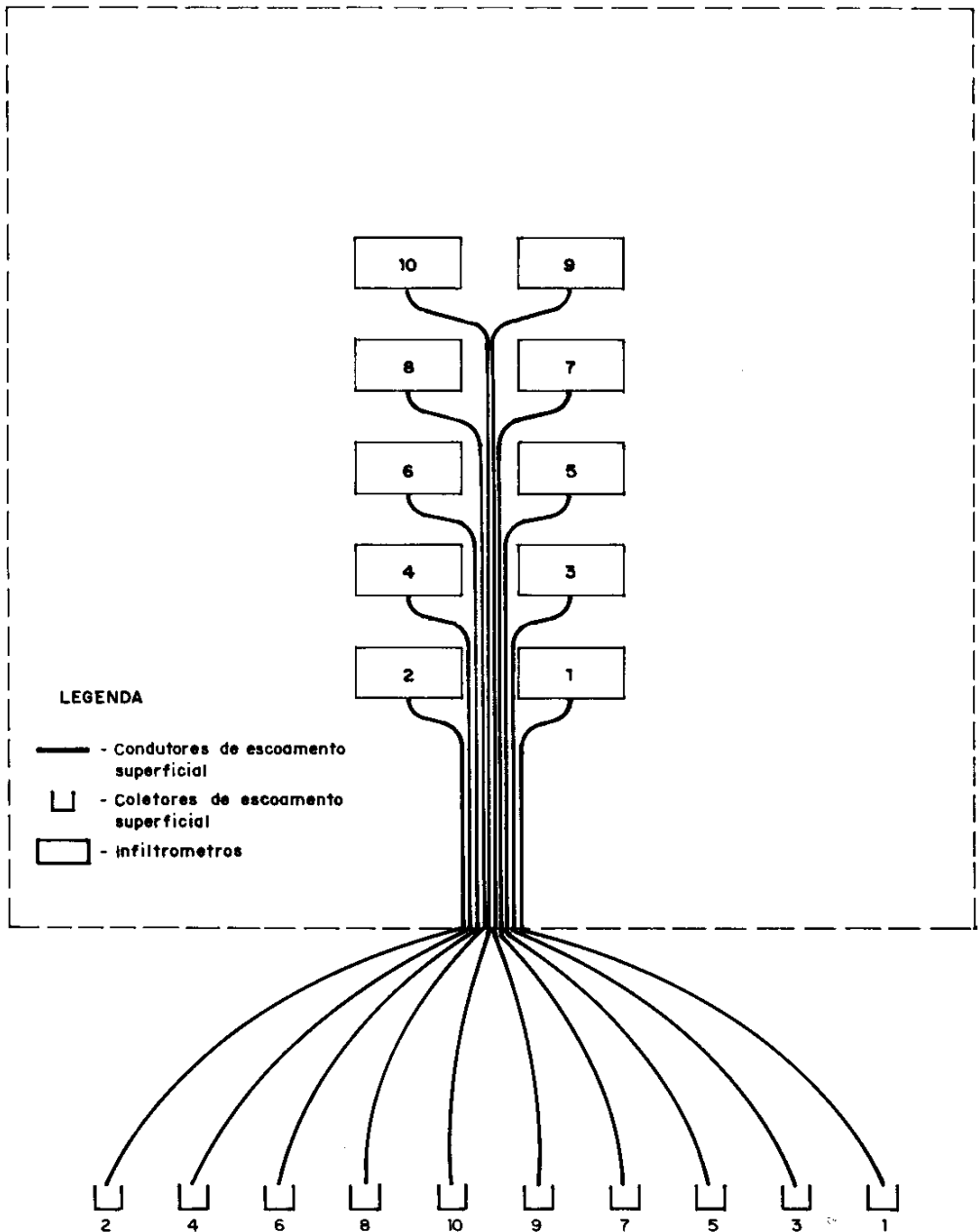


FIG. 1. Diagrama esquemático da área experimental, evidenciando a posição das parcelas do sistema de irrigação e dos coletores.

caso de irrigação, a média dos quatro coletores correspondentes a cada parcela.

No caso de irrigação, toda vez que se mediu a itp, media-se também o índice de área foliar, através do método de Montgomery, conforme descrito por Oliveira (1986).

O sistema de coleta das precipitações da copa consistiram de três recipientes de 20 litros, montados em série, totalizando 60 litros. Como a área de cada parcela foi de 2 m<sup>2</sup>, a maior lâmina de água passível de ser coletada foi de 30 mm.



**FIG. 2.** Diagrama esquemático da área experimental, evidenciando a posição dos condutores de escoamento superficial e da precipitação sob copa.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Valores medidos de interceptação foliar de água devida às irrigações, índice de área foliar(iaf) e dias pós plantio correspondente, encontram-se na Tabela 1.

Com o crescimento da cultura, tornou-se difícil medir com os equipamentos disponíveis a lâmina de irrigação, e portanto interromperam-se os testes de monitorização da interceptação foliar de água devida às irrigações quando a cultura estava com 48 dias pós plantio.

A lâmina total aplicada nas oito irrigações, constantes na Tabela 1, foi de 164,1 mm, e a água de itp medida, de 47,6 mm.

Dados medidos de água de itp, referentes a chuva natural, duração de cada chuva, total precipitado e dias da cultura pós plantio, encontram-se na Tabela 2.

Devido a um problema de transbordamento nos recipientes coletores, só foi possível iniciar as medidas de água de itp com chuva natural, quando a cultura estava com 39 dias após o plantio.

Em geral, após o estabelecimento da cultura, chuvas menores ou iguais a 1,0 mm foram interceptadas integralmente. À medida que ocorriam chuvas maiores, o percentual correspondente à itp diminuía, sendo 8,7 mm para uma precipitação de 36,0 mm, correspondendo a 24,2% do total precipitado. A precipitação total das 21 chuvas contidas na Tabela 2 foi de 299,2 mm, e a água de itp medida, de 97,1 mm, correspondendo a 32,4% do total precipitado. De posse dos dados obtidos, foram gerados dois modelos para simulação da interceptação foliar da água. Primeiramente, gerou-se um modelo exponencial em que a itp de água seria dependente apenas do total precipitado (P), conforme a equação 1 e usando os dados de P e itp da Tabela 2:

$$itp = \gamma P^\beta, \quad (1)$$

em que:

itp = interceptação foliar, para cada chuva, em mm;

$\gamma$  e  $\beta$  = parâmetros que dependem de cada chuva e do dossel vegetativo;

**TABELA 1. Interceptação foliar de água (itp) devido à irrigação, lâmina bruta de irrigação (IB), tempo de irrigação (ti) e índice de área foliar (iaf).**

Data	Dias da cultura (pós plantio)	Iaf	IB (mm)	ti (min)	itp (mm)
27/11/91	29	0,93	13,04	13	3,37
05/12/91	37	2,42	16,50	15	4,25
05/12/91	37	2,42	16,01	15	4,70
05/12/91	37	2,42	44,18	42	10,22
09/02/91	41	2,76	9,65	10	4,12
09/12/91	41	2,76	13,70	15	6,12
09/12/91	41	2,76	29,28	35	7,41
16/12/91	48	3,86	21,77	20	7,47
26/12/91	58	5,02	-	-	-
03/01/92	66	6,69	-	-	-
10/01/92	73	6,78	-	-	-
17/01/92	80	6,84	-	-	-
21/02/92	115	6,24	-	-	-

**TABELA 2. Interceptação foliar (itp), total precipitado (P) e tempo de duração de cada chuva (td), e dias da cultura pós plantio (ic).**

Data	Hora	td (h)	ic (dias)	P (mm)	itp (mm)
07/12/91	19:00	3,0	39	9,0	2,8
14/02/91	15:30	0,5	46	10,0	4,0
17/12/91	16:00	0,5	49	4,0	1,9
19/12/91	16:30	0,5	51	15,0	3,7
19/12/91	22:00	2,0	51	16,4	4,2
27/12/91	23:00	2,0	59	9,0	3,1
31/12/91	20:30	6,0	63	27,0	7,2
02/01/92	17:00	1,0	65	31,0	8,1
03/01/92	24:00	6,0	66	27,0	7,5
04/01/92	22:00	4,0	67	19,6	6,3
05/01/92	03:00	1,0	68	8,8	4,7
09/10/92	17:00	1,0	72	7,5	3,9
12/01/92	05:00	5,0	75	5,2	2,8
13/01/92	18:00	6,0	76	20,2	6,5
15/01/92	02:00	4,0	78	36,0	8,7
17/01/92	01:00	3,0	80	4,5	2,3
18/01/92	09:00	24,0	81	6,5	3,1
19/01/92	09:00	5,0	83	3,0	1,9
20/01/92	01:00	1,0	84	6,5	3,3
21/01/92	00:30	24,0	85	5,0	3,1
22/01/92	09:00	24,0	86	28,0	8,0
Total				299,0	97,1

P = precipitação, em mm.

A equação 1, após linearizada, é a equação de uma reta. Tendo como base os dados da Tabela 2, foram encontrados, com relação aos parâmetros da equação 1, valores iguais a 0,956 e 0,609, respectivamente. O coeficiente de determinação ajustado foi de 0,96.

A equação 1 não é ideal para simulação de itp, para todo ciclo da cultura de milho, em virtude de não depender dos dias da cultura pós plantio. Por essa razão, acrescentou-se um coeficiente K, função dos dias da cultura pós plantio na equação 1.

$$K = ic/39, \text{ para } ic < 39 \text{ dias.} \quad (2)$$

Para  $ic > 39$  dias K é igual a 1.

Trinta e nove dias após o plantio da cultura correspondem ao dia em que se fez a primeira medida de itp de água devida às precipitações. Dessa forma, a equação potencial utilizada na simulação de itp passou a ser:

$$itp = 0,956 K P^{0,609} \quad (3)$$

Para geração de um modelo que além de P considerasse o índice de área foliar, tomaram-se os dados de ic e iaf constantes na Tabela 1, e ajustou-se uma equação cúbica para simular os valores de iaf nos dias em que se tinham medidas de itp mas não se tinham medidas de iaf. A equação ajustada foi:

$$iaf = -0,0341ic + 0,003448ic^2 - 2,335 \times 10^{-5}ic^3 \quad (4)$$

O coeficiente de determinação ajustado para a equação 4 foi de 0,99.

Tomando-se os dados de iaf medidos e os simulados pela equação 4, IB e itp da Tabela 1, e os dados de P e itp da Tabela 2, originaram-se as quatro primeiras colunas da Tabela 3. A partir desses dados, foi possível gerar um modelo polinomial de 2º grau, onde as variáveis independentes foram P ou IB e iaf, dado por:

$$itp = -0,4494 + 0,4315iaf - 0,0222iaf^2 + 0,3186S - 0,0020S^2 - 0,0056iaf.S, \quad (5)$$

em que, S é a precipitação de cada chuva, em mm,

ou a lâmina de irrigação, também em mm.

O coeficiente de determinação ajustado para equação 5 foi de 0,91.

Verifica-se, pela Tabela 3, que a interceptação foliar medida foi de 141,0 mm, e a lâmina total de água, de 453,2 mm, correspondente às oito irrigações e às 21 chuvas naturais, foi de 453,2 mm. Obteve-se um valor simulado, para itp, de 137,0 mm e 141,0 mm, correspondente a 30,2% e 31,1%, respectivamente, para as equações 3 e 5.

A diferença residual de 4 mm, encontrada no somatório da itp simulado pela equação 3, deveu-se à necessidade de introdução do parâmetro K na referida equação; caso contrário, essa equação só poderia ser utilizada para prever a itp de água somente nos últimos estádios de desenvolvimento da cultura.

Considerando as chuvas naturais ocorridas no ciclo da cultura, totalizando 941,2 mm, o modelo potencial simulou uma itp de 243,2 mm, correspondendo a 25,8% do total precipitado, enquanto o modelo quadrático simulou uma itp de 267,4 mm, correspondente a 28,4% do total precipitado. Os valores relativos de itp simulados em todo o ciclo da cultura foram menores que os valores constantes da Tabela 3. Isto se deve ao fato de a itp simulada ser menor nos primeiros dias de vida da cultura, o que faz sentido, já que, na realidade, a itp é menor quando a cultura é nova, com baixo índice de área foliar. Outro fator que contribuiu para isto é o fato de as grandes precipitações darem um valor relativo de itp mais baixo.

Tanto os dados medidos como os simulados, no que toca à interceptação foliar, estão condizentes com os valores encontrados por Kelso & Gilley (1983), que encontraram valores de até 28% em relação a interceptação foliar, em cultura do milho sob condições de irrigação por aspersão (pivô-central). Porém, os valores encontrados neste trabalho, tanto no que respeita aos dados medidos como em relação aos valores simulados, foram muito maiores que os encontrados por Conte & Leopoldo (1986), onde os autores obtiveram um valor de apenas 8,1% para interceptação foliar na cultura do milho.

**TABELA 3. Interceptação foliar de água (itp) de algumas chuvas e irrigação (valores medidos e simulados), índice de área foliar (iaf), dias da cultura pós plantio (ic), precipitação (P), lâmina bruta de irrigação (IB).**

ic	iaf	Interceptação foliar			
		P e IB	Medido	Simulado	
				Equação 3	Equação 5
29	0,93	9,4	2,5	2,8	2,7
29	0,93	13,0	3,4	3,4	3,7
37	2,42	16,5	4,3	5,0	4,9
37	2,42	16,0	4,7	4,9	4,8
37	2,42	44,2	10,2	9,1	10,0
39	2,53*	9,0	2,8	3,6	3,1
41	2,76	9,7	4,1	3,8	3,3
41	2,76	13,7	6,1	4,7	4,3
41	2,76	29,3	7,4	7,5	7,7
46	3,46*	0,0	4,0	3,9	3,6
48	3,86	21,8	7,5	6,2	6,4
49	3,86*	4,0	1,9	2,2	2,0
51	4,13*	15,0	3,7	5,0	4,9
51	4,13*	16,4	4,2	5,3	5,2
59	5,20*	9,0	3,1	3,6	3,6
63	5,70*	27,0	7,2	7,1	7,6
65	5,94*	31,0	8,1	7,7	8,2
66	6,69	27,0	7,5	7,1	7,6
68	6,28*	8,8	4,7	3,6	3,7
72	6,61*	7,5	3,9	3,3	3,4
75	6,70*	5,2	2,8	2,6	2,9
76	7,08*	20,2	6,5	6,0	6,3
78	7,24*	36,0	8,7	8,5	8,9
80	6,84	4,5	2,3	2,4	2,7
81	7,45*	6,5	3,1	3,0	3,2
83	7,57*	3,0	1,9	1,9	2,4
84	7,63*	6,5	3,3	3,0	3,2
85	7,68*	5,0	3,1	2,5	2,9
86	7,72*	28,0	8,0	7,3	7,6
Total		453,2	141,0	137,0	141,0

\*Valores de iaf simulados

## CONCLUSÕES

Os valores da interceptação foliar de água na cultura do milho, tanto em relação à irrigação quanto em relação a chuva natural, neste trabalho, foram elevados; por isso, sugere-se que ela seja considerada no manejo e no planejamento dos projetos de irrigação.

## REFERÊNCIAS

- CONTE, M. de L.; LEOPOLDO, P.R. Estimativa da retenção de água de chuva pela cultura de milho. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, SP, v.10, n.1, p.47-55, 1986.
- GASH, J.H.C.; WRHIGHT, I.R.; LLOYD, C.R. Comparative estimates of interception loss from three coniferous forests in Great Britain. **Journal of Hydrology**, v.48, p.89-105, 1980.
- KELSO, G.L.; GILLEY, J.R. A system for measuring infiltration rates under center-pivot irrigation systems. **American Society of Agricultural Engineers**, n.2517, 1983. 26p.
- MIRANDA, R.A.; BUTLER, D.R. Interception of rainfall in a hedgerow apple orchard. **Journal of Hydrology**, v.87, p.245-253, 1986.
- OLIVEIRA, J.L.B. **Resposta do milho (*Zea mays* L.) à irrigação suplementar por sulcos**. Porto Alegre: UFRGS, 1986. 70p. Tese de Mestrado.
- RAO, A.S. Interception losses of rainfall from cashew trees. **Journal of Hydrology**, v.90, p.293-301, 1987.
- RUTLLER, A.J.; MORTON, A.J.; ROBINS, P.C. A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generation of the model and comparison with observation in some Coniferous and Hardwood stands. **Journal Applied Ecology**, v.12, p.367-380, 1975.