

MODELAGEM DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA NA CULTURA DO MILHO¹

CÍCERO LOPES A SILVA², MÁRCIO MOTA RAMOS³, PAULO AFONSO FERREIRA,
GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA e BLANOR TORRES LOUREIRO⁴

RESUMO - Com o objetivo de simular a precipitação efetiva para fins de irrigação suplementar, desenvolveu-se um modelo embasado nas propriedades físico-hídricas do solo, nas características de cada chuva, nas condições de evapotranspiração da cultura e nas perdas por interceptação foliar. Para calcular a redistribuição de água no solo e as perdas por percolação, usou-se a equação de Darcy. Para calcular a condutividade hidráulica não saturada do solo, usou-se a equação de Cambell. Para simular a interceptação foliar, ajustou-se uma equação potencial, a partir dos dados medidos de interceptação foliar de 21 chuvas, tomadas no período de 7 de dezembro de 1991 a 22 de janeiro de 1992, na cidade de Viçosa, MG. Em todo o ciclo da cultura (115 dias), o total precipitado foi de 941,2 mm, e a interceptação foliar simulada foi de 243,2 mm, correspondendo a 26% do total. Verificou-se que 75% dos desvios entre a umidade medida e a simulada foram menores que 10%, o que leva a crer que o modelo possa ser utilizado para calcular a precipitação efetiva, em intervalos de tempo maiores ou iguais a 30 dias, para o planejamento de projetos de irrigação.

Termos para indexação: irrigação suplementar, umidade medida, umidade simulada, *Zea mays*.

MODELLING THE EFFECTIVE RAINFALL ON MAIZE

ABSTRACT - A model was developed to simulate the effective rainfall for supplementary irrigation purposes. The model was based on physical-hydric properties of the soil, on rainfall characteristics, on evapotranspiration of the crop, and on leaf interception losses. The Darcy equation was used to calculate the re-distribution of water in the soil and the percolation losses. The unsaturated hydraulic conductivity of the soil was calculated by the Campbell equation. A potential equation was adjusted to simulate the interception losses, from measured data of interception losses of 21 rainfalls events, measured in the period between December 7, 1991, and January 22, 1992, in Viçosa, MG, Brazil. Total rainfall during the crop cycle (115 days) was 941.2 mm and the simulated losses due to interception were 243.2 mm, corresponding to 26% of the total rainfall. It was concluded that 75% of the differences between the measured and the simulated moisture were lower than 10%, wich indicates that the model could be used to calculate the effective rainfall for irrigation planning of intervals equal to or greater than 30 days.

Index terms: measured moisture, simulated moisture, supplementary irrigation, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O crescimento da área irrigada tem aumentado a concorrência no uso da água com o setor energético, com a indústria e com o consumo doméstico. Como a água é um fator limitado, a racionalização de seu uso é de suma importância, cabendo aos técnicos que trabalham com irrigação a tarefa de maximizar a produção agrícola por unidade de água aplicada.

Num manejo adequado da irrigação, a quantidade de água a ser aplicada à cultura é a diferença entre a demanda evapotranspirométrica e a precipitação efetiva. Dastane (1975) e Doorenbos & Pruitt (1977) definem, do ponto de vista da irrigação suplementar, a precipitação efetiva como a parcela da precipitação total que poderá ser incorporada ao uso consuntivo de água pelas plantas.

Atualmente, existem diversos métodos de estimativa da precipitação efetiva, sendo alguns com base, simplesmente, na precipitação total e na demanda evapotranspirométrica das culturas.

Um método muito simples usado para estimativa da precipitação efetiva é o método proposto pelo Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos. A desvantagem desse método é que considera somente os aspectos estáticos da água no

¹ Aceito para publicação em 2 de fevereiro de 1994
Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor.

² Eng. - Agríc., Dr.Sc., Dep. de Eng. Agron. da UnB. Caixa Postal 04508, CEP 70919-970 Brasília, DF.

³ Eng. - Agr., Dr.Sc., Dep. de Eng. Agríc. da UFV. CEP 36570-000 Viçosa, MG.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., Dep. de Eng. Agríc. da UFV.

solo e não considera a interceptação foliar, que é a quantidade de água de chuva que fica retida no dossel vegetativo de uma planta, e que é posteriormente evaporada.

Alguns autores afirmam que nas regiões temperadas, onde a precipitação anual é em torno de 700 mm, a interceptação foliar pode atingir até 50% do total precipitado (Miranda & Butler, 1986; Rao, 1987), o que evidencia a necessidade de incluí-la no cálculo da precipitação efetiva.

Tendo em vista os pontos anteriormente citados, este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo para simular a precipitação efetiva, com base nos seguintes parâmetros hidrológicos: precipitação total (intensidade e duração), evapotranspiração real da cultura, interceptação foliar, escoamento superficial, percolação profunda e a capacidade de infiltração e retenção de água no solo. O modelo foi testado utilizando a cultura do milho (*Zea mays* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Os parâmetros hidrológicos necessários à operacionalização do modelo foram: Precipitação (total e duração), evaporação em tanque classe A, velocidade de infiltração básica na superfície do solo, condutividade hidráulica saturada em cinco camadas de solo, interceptação foliar de 21 chuvas, porosidade do solo em cinco camadas, umidade do solo em cinco camadas, correspondente à data de plantio, e, posteriormente, avaliações semanais, e umidade do solo em cinco camadas a um potencial matricial de 30 kPa. Detalhes do levantamento desses parâmetros podem ser encontrados em Silva (1993).

Para calcular a precipitação efetiva, montou-se um modelo matemático cujo fluxograma ilustrativo da sequência de operacionalização está representado na Fig. 1.

A interceptação foliar foi descrita mediante a seguinte equação potencial:

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

em que:

itp = interceptação foliar, em mm;

\Im e β = parâmetros que dependem do dossel vegetativo;

P = precipitação total, em mm.

A equação 1 após linearização é a equação da reta. Os parâmetros \Im e β são determinados por meio de uma regressão linear simples.

Neste trabalho, teve-se o controle da quantidade de água infiltrada, tanto a proveniente das irrigações - que foi denominada de irrigação real -, como a proveniente das chuvas naturais. Todavia, para calcular a infiltração de chuvas naturais, optou-se pelo modelo de Green & Ampt, modificado por Mein & Larson, conhecido atualmente pelo nome de modelo GAML, conforme o descrito por Mein & Larson (1973), Idike et al (1980), Wilson et al. (1982) e Ramos (1986). Tomou-se essa decisão em virtude da necessidade de generalizar o modelo, para outras condições diferentes das deste experimento.

Após o cálculo da infiltração total, calculou-se o escoamento superficial por meio da expressão:

$$Es = P - itp - Ft, \quad (2)$$

em que:

Es = escoamento superficial, em mm;

Ft = infiltração total, em mm.

Devido à interceptação foliar, a intensidade de precipitação usada no modelo GAML foi a precipitação subcota, dividida pelo tempo de duração da precipitação, descrita pela equação:

$$IP = (P - itp)/td, \quad (3)$$

em que, IP é a intensidade de precipitação, em mm/h.

Para calcular o fluxo de água no perfil do solo, usou-se a lei de Darcy, considerando-se gradiente hidráulico unitário, e utilizou-se a equação de Campbell para expressar a condutividade hidráulica não-saturada.

A evapotranspiração real da cultura de milho foi calculada pela equação:

$$Etrc = Ks.Kc.Kt. Ev \quad (4)$$

em que:

Etrc = evapotranspiração real da cultura, em mm/dia;

Ks = coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional;

Kc = coeficiente de cultivo, adimensional;

Kt = coeficiente devido ao tanque de evaporação, adimensional;

Ev = evaporação no tanque classe A, em mm/dia.

Detalhes de como foram calculado Ks e Kc são encontrados em Silva (1993).

Os parâmetros de entrada do modelo, com suas respectivas unidades, foram:

1 - precipitações horárias, em mm, com a respectiva duração, em h;

2 - evaporação diária no tanque classe A, em mm;

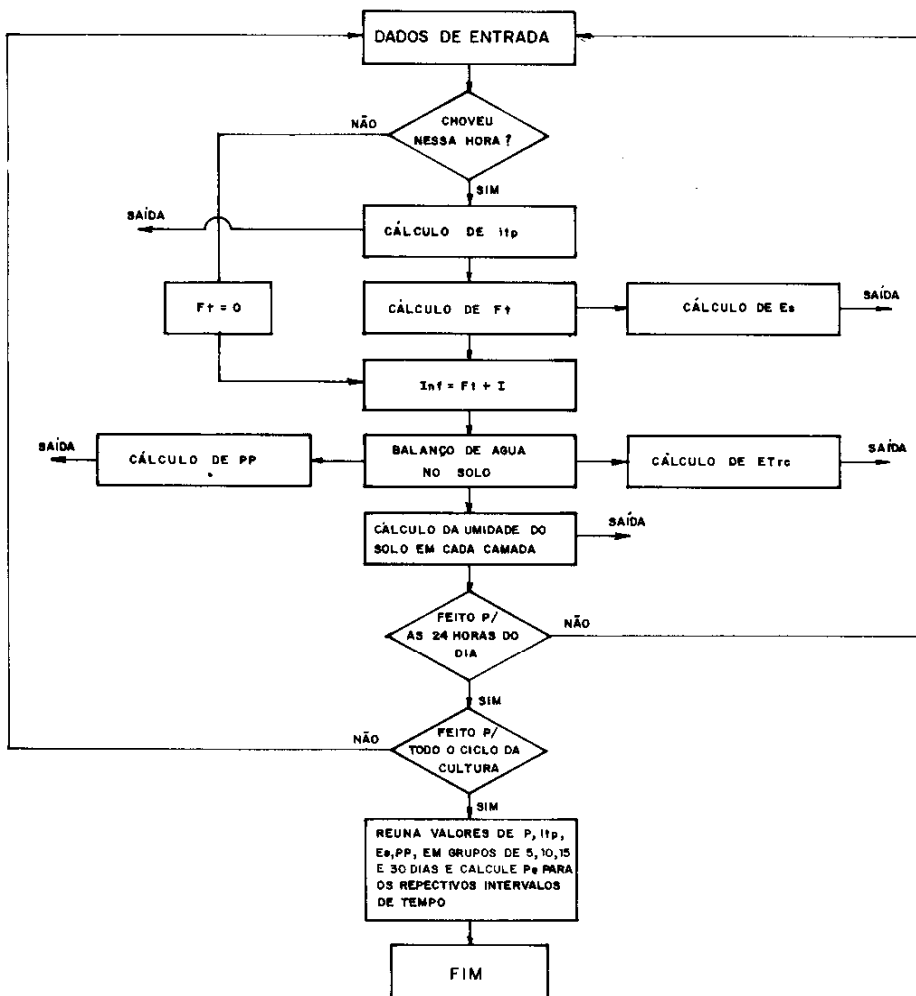


FIG. 1. Fluxograma ilustrativo da seqüência de operacionalização do Modelo.

- 3 - coeficiente do tanque classe A, adimensional;
- 4 - velocidade de infiltração básica da água no solo, em mm/h;
- 5 - parâmetro correspondente ao potencial matricial na frente de molhamento (Sav), em mm;
- 6 - porosidade total das diversas camadas de solo, em cm³/cm³;
- 7 - umidade, em cm³/cm³, tomada em cada camada de solo a um potencial de 30 kPa (capacidade de campo);
- 8 - condutividade hidráulica saturada (Ko), em mm/h, em cada camada de solo;

- 9 - módulo da declividade da reta (parâmetro b da equação de Campbell), correspondente ao teor de umidade e ao potencial matricial, em KPa;
 - 10 - umidade das diversas camadas de solo, em cm³/cm³, no dia do plantio;
 - 11 - valores dos parâmetros β e β , da equação de interceptação foliar;
 - 12 - lâmina de água infiltrada em decorrência das irrigações, em mm;
 - 13 - datas de plantio e de colheita.
- Considerou-se que a condutividade hidráulica não saturada do solo não variava, no decorrer do intervalo

de tempo usado na operacionalização do modelo; por essa razão, o balanço de água no solo foi feito no intervalo de tempo de 5 min. Ressalta-se que intervalos de tempo maiores podem levar a erros grosseiros no cálculo da condutividade hidráulica não-saturada. No início do próximo intervalo de tempo, o modelo calculava um novo conteúdo de umidade no solo e a condutividade hidráulica não-saturada correspondente. A expressão usada para calcular o volume de água no solo foi:

$$V(i, j + 1) = V(i, j) + Q(i - 1, j) \cdot \Delta t - Q(i, j) \cdot \Delta t - \text{Etrc}(i, j) \cdot \Delta t \quad (5)$$

em que:

V = volume de água por unidade de área, em mm;

Δt = intervalo de tempo, em duodécimo de hora;

i = número de ordem da camada; e

j = ordem do intervalo de tempo.

Na primeira camada, considerou-se que o valor de $Q(i-1, j) \cdot \Delta t$ fosse igual a Ft dividida pelos números de intervalos de tempo de 5 min, que correspondeu à duração da chuva ou irrigação. Com relação à última camada de solo, $Q(i, j) \cdot \Delta t$ correspondeu à lâmina de água que estava sendo perdida por percolação.

Finalmente, agrupando a precipitação total (P), a interceptação foliar (itp), o escoamento (Es) e a percolação profunda (PP), em períodos de 5, 10, 15, 30 e 115 dias, nos respectivos intervalos de tempo, pôde-se calcular a precipitação efetiva (Pe) pela equação:

$$Pe = P - itp - Es - PP \quad (6)$$

O modelo proposto foi validado quando se compararam os dados de umidade medidos com os simulados pelo modelo.

As umidades de cada camada do perfil do solo foram medidas com uma sonda de nêutrons e dois tubos de PVC usados como acesso do emissor. A frequência da medição dessas umidades foi, aproximadamente, semanal.

Na calibração da sonda de nêutrons, foram seguidas as sugestões de Cuenca (1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros físico-hídricos do solo da área experimental e outros parâmetros de saída do modelo, tais como: umidade atual, evapotranspiração real da cultura, interceptação foliar, escoamento superficial, infiltração de água de chuva, percolação profunda e precipitação efetiva, estão apresentados no decorrer deste capítulo.

Os parâmetros físico-hídricos do solo usados na

operacionalização do modelo estão apresentados na Tabela 1.

Determinou-se também a velocidade de infiltração básica de água no solo, por meio de chuvas simuladas (irrigações); o valor usado neste trabalho foi de 19,3 mm/h.

Na Fig. 2, apresenta-se um histograma das umidades simuladas e medidas. O desvio máximo entre a umidade medida e a simulada foi de 18%, e o mínimo, de 2,2%. De maneira geral, a frequência aproximada dos desvios foi de 42% para desvios menores, ou igual a 5%; de 33%, para desvios entre 5 e 10%; e de 25%, para desvios maiores que 10%, de forma que 75% dos valores simulados apresentaram desvios menores ou iguais a 10%.

Verificou-se, também, que, em geral, os maiores desvios ocorreram na primeira e na terceira camada de solo, e os menores, na quarta e quinta. A justificativa para tal fato é, provavelmente, o fato de a sonda de nêutrons não ser tão precisa na determinação da umidade do solo em camadas su-

TABELA 1. Parâmetros físicos-hídricos do solo para cada camada de solo.

Parâmetros	Camada de solo em mm	Valor médio
Condutividade hidráulica saturada(Ko) em mm/h	000-225	112,6
	225-375	47,2
	375-525	12,7
	525-675	29,3
Porosidade em cm ³ /cm ³	675-825	4,2
	000-225	0,54
	225-375	0,50
	375-525	0,50
Coeficiente b da equação de Campbell, adimensional	525-675	0,50
	675-825	0,50
	000-225	9,0
	225-375	9,1
Umidade, em cm ³ /cm ³ , correspondente a um potencial matricial de 30 K Pa	375-525	12,2
	525-675	14,3
	675-825	12,8
	000-225	0,34
	225-375	0,31
	375-525	0,37
	525-675	0,37
	675-825	0,38

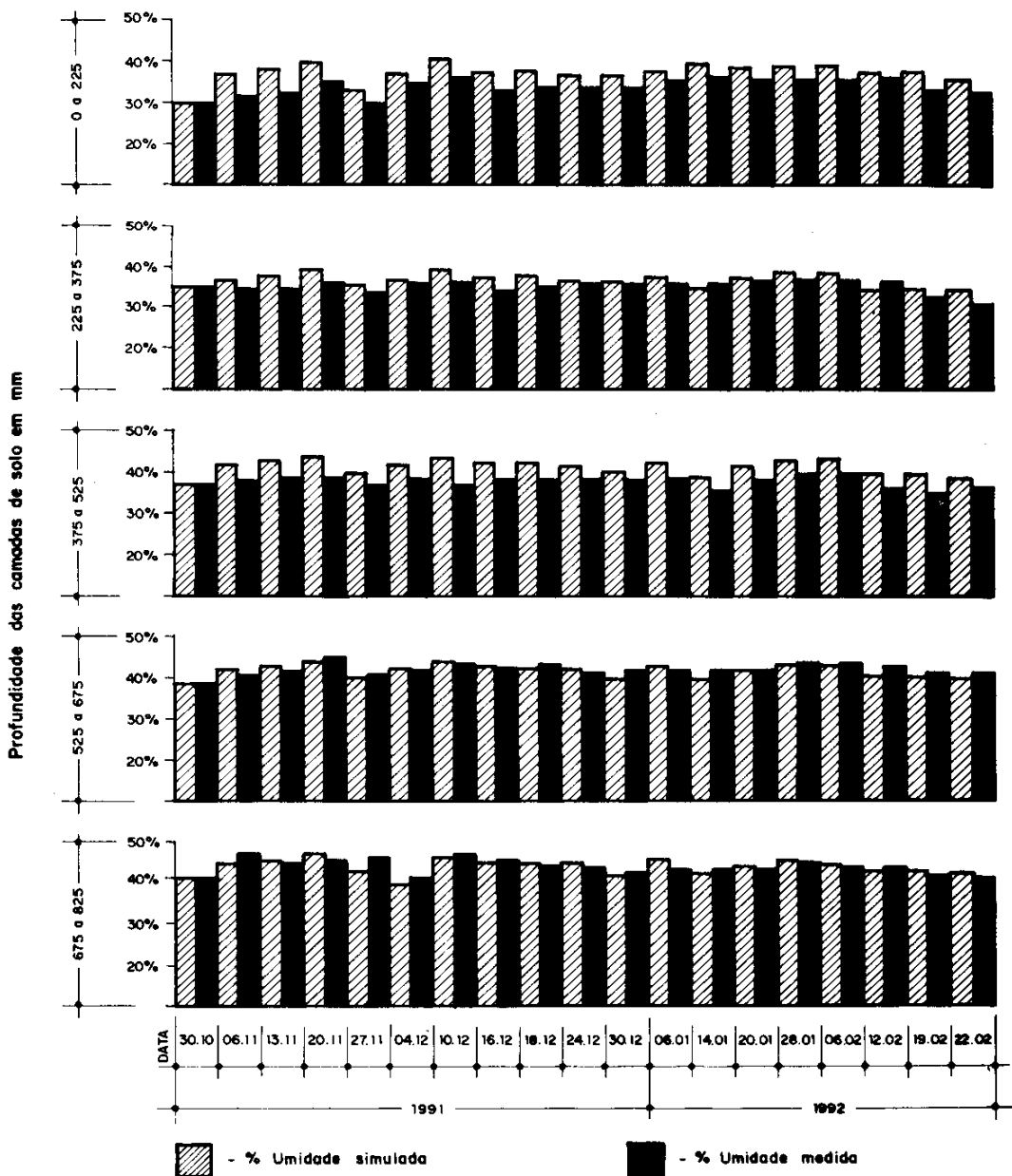


FIG. 2. Histograma das umidades simuladas e medidas.

perficiais, em consequência da emissão de radioatividade para fora do perfil do solo. Já nas cama-

das localizadas a maior profundidade, esse problema não ocorre.

Outras fontes de erros que podem ter ocorrido na simulação são os erros devidos à variabilidade espacial dos parâmetros físico-hídricos do solo.

As medições de interceptação foliar com chuva natural foram iniciadas no 39º dia após o plantio da cultura, encerrando-se no 86º dia após o plantio.

A amplitude de precipitações utilizada para a medida de itp foi de 3 a 36 mm. Os valores medidos de interceptação foliar das chuvas naturais estão apresentados na Tabela 2; o total dessas precipitações foi de 299,2 mm; desses, 97,1 mm foram interceptados.

Os parâmetros ζ e β , da equação 1, foram 0,956 e 0,609, respectivamente. Pelo fato de as medidas de itp terem começado no 39º dia após o plantio, foi necessário introduzir um coeficiente (K) na equação 1, proposto pela relação:

$K = \text{idade da cultura (ic)}/39$, para $ic < 39$ dias (7)
Para $ic > 39$ dias, K é igual a 1.

A precipitação total (P), durante o ciclo da cultura, foi de 941,2 mm. Desse total, simulou-se

TABELA 2. Total precipitado (P), tempo de duração (td) e interceptação foliar (itp) de chuvas naturais.

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

um valor de itp de 243,2 mm, correspondendo a 26% do total precipitado.

Em geral, após o estabelecimento da cultura, chuvas menores ou iguais a 1,0 mm eram interceptadas integralmente. À medida que ocorriam chuvas maiores, o percentual correspondente à itp diminuía, sendo 8,7 mm de uma chuva de 36,0 mm, correspondentes a 24,2% dessa chuva.

Na Tabela 3, são apresentados valores de infiltração e de escoamento superficial observados e simulados de 15 chuvas. Verificou-se que a diferença relativa entre os valores de infiltração observados e simulados foi de 14,6% nas 15 chuvas. Das outras chuvas não houve escoamento superficial, o que fez com que essa diferença diminuísse, se considerarmos todo o ciclo da cultura.

Em vista do pequeno escoamento que ocorreu na área, o desvio relativo médio entre os valores simulados e observados tornou-se grande, a saber, cerca de 69,7%. A explicação mais provável para um desvio dessa magnitude é a impossibilidade de leituras mais precisas dos pluviogramas obtidos, e, também, a variabilidade temporal da intensidade de precipitação no decorrer de uma mesma chuva, que causam diferentes escoamentos superficiais.

Para todo o ciclo da cultura, o modelo simulou uma infiltração de água de chuva de 682,7 mm e um escoamento superficial (Es) de 15,3 mm.

Com o objetivo de determinar a velocidade de infiltração básica de água no solo, foram feitas nove irrigações, cuja infiltração total (I) foi de 246,1 mm. Somando a infiltração simulada de chuva natural com as infiltrações ocorridas durante as irrigações, chegou-se a um total de 918,8 mm; desses, o modelo simulou uma percolação profunda (PP) de 578,0 mm, o que correspondeu a 62,8% da lâmina de água infiltrada no solo, sendo o principal componente de perda de água do solo.

A precipitação efetiva (Pe) foi, inicialmente, analisada em relação ao agrupamento de 115 dias, isto é, em relação a todo o ciclo da cultura. A fim de ressaltar o valor da Pe, que foi de 104,7 mm, no período de 115 dias, cita-se aqui o valor da evapotranspiração real da cultura (Etrc), quanto ao referido período, que foi de 316,1 mm e novamente os valores de P, I, PP, itp e Es, que foram de: 941,2, 236,1, 578,0, 243,2 e 15,3 mm. A variação da quantidade de água armazenada no solo (Δ ARM), entre as datas de plantio e de colheita, calculadas com os valores de umidade simulados, apresenta-

dos na Fig. 2, foi de 24,7 mm, e pelos valores medidos foi de 4,0 mm.

A soma dos totais de precipitação e irrigação real é igual a 1.177,3 mm, que equivale à soma de PP + itp + Es + ETrc + ΔARM quando se usa ΔARM igual a 24,7 mm. Se se usasse ΔARM igual a 4,0 mm, chegar-se-ia ao valor de 1.156,6 mm, que é 20,7 mm menor que a soma de P + I, o que corresponde a um desvio, em relação a P + I, de 1,8%, que é pequeno se for considerada a complexidade do processo hidrológico. A Tabela 4 contém alguns parâmetros de entrada e de saída simuladas pelo modelo, agrupados em períodos de 30, 15, 10 e 5 dias.

A acumulação da Pe para os períodos de cinco, dez e quinze dias não foi idêntica à Pe relativa ao período de 115 dias; essa desigualdade foi, provavelmente em virtude da variação do tempo de retardamento da percolação profunda para as diferentes chuvas. Em períodos mensais, a Pe acumulada aproxima-se bastante da Pe de 115 dias. Na segunda linha do Tabela 4, encontra-se um valor da Pe igual a zero, porém, pela equação 6, o valor da Pe seria de - 8,6 mm; se se adicionasse esse valor ao somatório da Pe, dado no Tabela 4, encontrar-se-iam 104,7 mm, o que corresponderia ao valor da Pe do período de 115 dias. A interpretação da Pe menor que zero significa que a percolação foi maior que a infiltração no referido período.

TABELA 3. Valores de infiltração e de escoamento superficial, observados e simulados em 15 chuvas.

Data	P (mm)	TD (h)	itp (mm)	Infiltração (mm)		Escoamento superficial (mm)	
	Observado		Simulado	Observado	Simulado	Observado	Simulado
15/11/91	44.5*	2.00	5,4	36,1	39,1	3,0	0,0
16/11/91	17,3	0.50	2,5	11,8	14,8	3,0	0,0
19/11/91	40.5*	1.50	6,4	26,1	31,7	8,0	2,4
01/12/91	39,4	0.75	7,6	27,7	27,8	4,1	4,0
10/12/91	6,8	0.50	3,1	2,8	3,7	0,0	0,0
11/12/91	38,2	0.50	8,8	20,4	20,5	9,0	8,9
12/12/91	32,0	1.00	7,9	18,9	24,1	5,2	0,0
14/12/91	10,0	0.50	3,9	4,8	6,1	1,3	0,0
19/12/91	31.4*	2.50	10,3	13,7	21,2	7,5	0,0
21/12/91	56,7	3.00	11,2	38,6	45,5	6,9	0,0
02/01/92	31,0	1.00	7,7	21,3	23,3	2,0	0,0
03/01/92	27,0	6.00	7,1	19,4	19,9	0,5	0,0
Total				241,6	276,8	50,51	5,3

* Duas chuvas

TABELA 4. Alguns parâmetros de entrada e de saída simulados pelo modelo, agrupados em períodos de 30, 15, 10 e 5 dias.

Período (Dias)	P	Pe	I	Ejrc	PP	itp	Es
30	231,7	22,6	66,7	58,9	182,7	24,0	2,4
31-60	249,8	0,0	139,4	115,9	183,0	62,5	12,9
61-90	312,9	84,9	24,0	86,9	135,8	92,2	0,0
91-115	146,8	5,8	0,0	54,4	76,5	64,5	0,0
Soma	941,2	113,3	236,1	316,1	578,0	243,2	15,3

TABELA 4. Continuação.

	Período (dias)	P	Pe	I	Etrc	PP	itp	Es
15	1-15	92,3	17,6	53,9	20,4	71,8	2,7	0,0
	16-30	139,4	4,8	12,8	38,5	110,9	21,3	2,4
	31-45	131,2	0,0	101,9	45,8	103,0	37,5	12,9
	46-60	118,6	13,6	37,5	70,1	80,0	25,0	0,0
	61-75	128,5	20,4	24,0	60,0	71,2	36,9	0,0
	76-90	184,4	64,5	0,0	26,9	64,6	55,3	0,0
	91-105	129,4	14,6	0,0	29,0	56,9	57,9	0,0
	106-115	17,4	0,0	0,0	25,4	19,6	6,6	0,0
Soma	941,2	135,5	236,1	316,1	578,0	243,2	15,3	
10	1-10	84,1	28,2	31,3	13,7	54,6	1,3	0,0
	11-20	103,1	4,5	22,8	15,6	83,6	14,5	0,0
	21-30	44,5	0,0	12,8	29,6	42,5	8,2	2,4
	31-40	54,2	0,0	101,9	25,2	53,0	13,8	4,0
	41-50	95,5	0,0	17,5	43,9	75,2	32,3	8,9
	51-60	100,1	28,8	20,0	46,8	54,8	16,5	0,0
	61-70	115,6	18,6	24,0	43,0	64,5	32,5	0,0
	71-80	77,8	38,1	0,0	28,3	16,2	23,5	0,0
	81-90	119,5	28,2	0,0	15,6	55,1	36,2	0,0
	91-100	87,0	11,0	0,0	20,9	32,3	43,7	0,0
	101-110	42,6	0,0	0,0	14,7	37,2	14,4	0,0
111-115	17,2	5,9	0,0	11,0	4,9	6,4	0,0	
Soma	941,2	164,2	236,1	316,1	578,0	243,2	15,3	
5	1-5	67,9	30,9	31,1	6,3	37,0	0,0	0,0
	6-10	16,2	0,0	0,0	7,4	17,6	1,3	0,0
	11-15	8,2	0,0	22,8	6,7	17,3	1,4	0,0
	16-20	94,9	15,5	0,0	8,9	66,3	13,1	0,0
	21-25	40,5	0,0	0,0	11,8	38,4	6,4	2,4
	26-30	4,0	0,0	12,8	17,9	6,2	1,8	0,0
	31-35	42,2	25,8	0,0	12,2	4,6	7,8	4,0
	36-40	12,0	0,0	101,9	13,0	42,8	6,0	0,0
	41-45	77,0	0,0	0,0	20,6	57,9	23,7	8,9
	46-50	18,5	0,0	17,5	26,9	26,9	8,5	0,0
	51-55	88,1	30,7	0,0	19,9	45,6	11,8	0,0
	56-60	12,0	0,0	20,0	26,9	9,2	4,7	0,0
	61-65	59,2	27,0	24,0	21,8	16,3	15,9	0,0
	66-70	55,4	0,0	0,0	21,2	47,2	16,6	0,0
	71-75	13,9	1,8	0,0	17,0	7,7	4,4	0,0
	76-80	63,9	37,3	0,0	11,3	7,5	19,1	0,0
81-85	45,5	18,1	0,0	7,4	12,2	15,2	0,0	
86-90	75,0	11,1	0,0	8,2	42,9	21,0	0,0	

Continua...

TABELA 4. Continuação.

	Período (dias)	P	Pe	I	Etrc	PP	itp	Es
5	91-95	15,3	0,0	0,0	14,4	11,5	8,5	0,0
	96-100	71,7	15,7	0,0	6,5	20,8	35,2	0,0
	101-105	42,4	5,6	0,0	8,2	22,6	14,2	0,0
	106-110	0,2	0,0	0,0	14,4	14,6	0,2	0,0
	111-115	17,2	5,9	0,0	11,0	4,9	6,4	0,0
Soma		941,2	225,4	236,1	316,1	578,0	243,2	15,3

CONCLUSÕES

1. Ao ser feita a comparação dos valores de umidade simulados e dos medidos com a sonda de nêutrons, foram verificados um desvio mínimo de 2,2% e um desvio máximo de 18%.

2. O parâmetro hidrológico simulado de maior magnitude foi a percolação profunda, correspondendo a 578 mm.

3. Dos 941,2 mm precipitados, simulou-se uma interceptação foliar de 243,2 mm, correspondendo a 26% do total, enquanto a interceptação foliar medida de 21 chuvas foi de 97,1 mm, de um total precipitado de 299,2 mm, correspondendo a 32% dessas chuvas.

4. O modelo deu bons resultados em relação a períodos de tempo maiores ou iguais a 30 dias. Quanto a períodos menores, os resultados não foram bons.

5. Em virtude de os 75% dos desvios entre a umidade medida e a simulada terem sido menores que 10%, acredita-se que o modelo possa ser utilizado para calcular a precipitação efetiva para fins de planejamento de projetos de irrigação.

REFERÊNCIAS

CUENCA, R.H. Hydrologic balance model using neutron probe data. *Journal of Irrigation and*

Drainage Engineering, v.114, n.4, p.644-663, 1988.

DASTANE, N.G. *Effective rainfall*. Rome: FAO, 1975. 56p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 25).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

IDIKE, F.I.; LARSON, C.L.; SLACK, D.C.; YOUNG, R.A. Experimental evaluation of two infiltration models. *Transaction of the ASAE*, v.23, n.6, p.1428-1432, 1980.

MEIN, R.G., LARSON, C.L. Modeling infiltration during a steady rain. *Water Resources Research*, v.9, n.2, p.384-394, 1973.

MIRANDA, R.A.; BUTLER, D.R. Interception of rainfall in a hedgerow apple orchard. *Journal of Hydrology*, v.87, p.245-253, 1986.

RAMOS, M.M. *Modelagem da demanda de água para planejamento de irrigação suplementar*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1986. 156p. Tese de Doutorado.

RAO, A.S. Interception losses of rainfall from cashew trees. *Journal of Hydrology*, v.90 p.293-301, 1987.

SILVA, C.L. *Modelagem da precipitação efetiva na cultura do milho*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 82p. Tese de Doutorado.

WILSON, B.N.; SLACK, D.C.; YOUNG, R.A. A comparison of the three infiltration models. *Transactions of the ASAE*, v.25, n.2, p.349-356, 1982.