

COEFICIENTE DE CULTURA PARA O FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) IRRIGADO EM PLANTIO DE «SECA» ^{1/}

Everardo Chartuni Mantovani ^{2/}
Gilberto Chohaku Sedyama ^{2/}
Salassier Bernardo ^{2/}
Blamor Torres Loureiro ^{2/}

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro produtor mundial de feijão, produção destinada exclusivamente ao mercado interno. Apesar dos estímulos concedidos à cultura nos últimos anos, as perdas, principalmente as devidas às condições adversas do clima, provocaram um desequilíbrio na oferta do produto, o que forçou a importação, visando à formação de estoques reguladores (6).

ARAÚJO (1), trabalhando em campo de demonstração, na Zona da Mata de Minas Gerais, obteve um aumento de 49% na produtividade do feijoeiro irrigado, para o plantio de fevereiro.

Minas Gerais apresenta grande potencial para a cultura do feijoeiro irrigado. Sabe-se que, somente no Programa de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis-PROVÁRZEAS-MG, há mais de 1.500.000 ha de várzeas irrigáveis, potencialmente aptas para a cultura no Estado, boa opção para rotação com o arroz (11).

Devido ao sistema radicular pouco profundo, o feijoeiro pode ser cultivado em terrenos rasos, desde que haja adequado arejamento, nutrientes e água (10).

Segundo AZEVEDO (2), o feijoeiro é uma cultura sensível à falta e ao excesso da água, sendo esses os fatores mais importantes para a obtenção de altas produtividades. Numerosos estudos com a cultura do feijoeiro irrigado têm sido realizados, a fim de otimizar a produtividade dessa leguminosa.

Vários pesquisadores (4, 7, 10) comprovaram, em diversos trabalhos, que os períodos críticos para o déficit de água são o início da germinação, o florescimento e o enchimento das vagens.

^{1/} Aceito para publicação em 8-03-1988.

^{2/} Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. 36570 Viçosa, MG.

PURCINO (7) afirma que a literatura é unânime em mostrar a necessidade de boas condições de umidade para o feijoeiro, principalmente na floração e enchimento das vagens, mas não permite a indicação categórica do turno de rega e necessidade diária de consumo de água nas diferentes fases de desenvolvimento vegetativo do feijoeiro para todas as condições regionais específicas do Estado de Minas Gerais.

Trabalho conduzido por GARRIDO e TEIXEIRA (5), visando estabelecer o melhor nível de umidade para maximizar a produção, indica que, para um solo aluvial localizado no norte de Minas, as irrigações devem ser feitas quando o teor de umidade corresponde a 70% da água disponível (A.D.), com acréscimo de 27% na produtividade. Já os tratamentos com 30, 50 e 90% da A.D. não diferiram, estatisticamente, do tratamento não irrigado.

Nas mesmas condições do trabalho anterior, PURCINO *et alii* (8) verificaram que uma lâmina total, entre irrigação e chuva, de 400 mm durante o ciclo foi mais produtiva que as de 342, 285 e 229 mm/ciclo. Portanto, dependendo das condições ambientes, o feijoeiro pode apresentar uma demanda hídrica de 250 a 500 mm (4). Para as condições do sul e norte de Minas Gerais, GARRIDO e TEIXEIRA (5) obtiveram evapotranspirações médias de 3,34 e 4,17 mm/dia, respectivamente.

Segundo BERNARDO (3), a relação entre a quantidade de água evapotranspirada pela cultura e a aplicada na irrigação deve aproximar-se de 1, para maximizar a eficiência de uso de água pela cultura.

Como a determinação da evapotranspiração real ou efetiva (ET_f) é muito trabalhosa e exige, normalmente, aparelhagem de alto custo, recomenda-se usar métodos indiretos para determinar a evapotranspiração potencial (ET_p) e, em seguida, considerar os fatores limitantes das condições potenciais.

Apesar da grande precisão na determinação da ET_p , a fórmula de Penman apresenta inconvenientes, sendo o principal o envolvimento de grande número de dados meteorológicos, nem sempre disponíveis em muitas regiões.

No campo, a determinação da evapotranspiração baseada em evaporímetros, principalmente o tanque USWB Classe A, tem sido recomendada. Tal evaporímetro constitui o instrumento mais econômico e de mais fácil manuseio no campo.

SOUZA e SILVA (9) relatam que os valores de evapotranspiração máxima (ET_m), ou evapotranspiração ideal, para a cultura do feijoeiro, estimados através do método do tanque Classe A, apresentaram melhor correlação com os valores medidos pelo evapotranspirômetro, para região semi-árida da Paraíba. Na sequência de precisão, seguiram-se o método de Hargreaves, o de Penman e a radiação.

A razão entre a evapotranspiração de uma cultura e a evapotranspiração de uma cultura de referência, ou potencial, denomina-se coeficiente de cultura (K_c). O conhecimento desse valor é fundamental para o dimensionamento e manejo da irrigação, pois ele permite determinar quando e quanto irrigar, mediante o uso de dados climáticos, parâmetros físicos do solo e condições de manejo da cultura (12).

Com base no que foi exposto, é necessária a obtenção de dados de evapotranspiração, para a cultura do feijoeiro, nas épocas de irrigação. Diante disso, este trabalho teve os seguintes objetivos:

- a) determinar os valores dos coeficientes de cultura (K_c) do feijoeiro irrigado no plantio da «seca»;
- b) avaliar o efeito de quatro lâminas de água na produtividade e nas características agrônômicas da cultura do feijoeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Evapotransporimétrica do Departamento de Engenharia Agrícola, no campus da Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, MG, com coordenadas geográficas de 20°45'S de latitude, 42°51'W de longitude, 651 m de altitude e clima Cwa, segundo a classificação de Köppen.

A área experimental era constituída de uma bateria de lisímetros instalada em área de 660 m² (22 x 30 m), contornada por vegetação natural, um dos lados com um gramado (*Paspalum notatum* L.), no qual estava instalada uma estação agrometeorológica.

Foram utilizados 16 lisímetros de percolação, tipo Thornthwaite modificado, todos com 6,0 m² de área. Do número total, 12 apresentavam profundidade afetiva de 1,2 m. Os restantes, alterados e revestidos por uma manta de borracha, apresentaram profundidade efetiva de 0,70 m.

Foi utilizada a variedade Negrito 897 de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), mediante semeadura manual, em fileiras espaçadas de 0,50 m, colocando-se 15 sementes por metro e deixando-se, após o desbaste, 10 plantas por metro, o que corresponde a 200.000 plantas por ha, conforme a recomendação de VIEIRA (10). A semeadura foi efetuada no dia 12 de março e a colheita no dia 19 de junho de 1984.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada bloco foi constituído de quatro lâminas de irrigação, com base na evaporação medida no tanque Classe A.

As lâminas foram pré-fixadas para cada tratamento:

Tratamento	Lâmina
1	0,6 x ET _O
2	0,8 x ET _O
3	1,0 x ET _O
4	1,2 x ET _O

O valor de ET_O corresponde ao valor da evaporação medida no Classe A (EV), multiplicado pelo coeficiente do tanque (K_t), proposto por DOORENBOS e PRUITT (4).

O turno de rega foi de sete dias. Dessa forma, EV foi a lâmina acumulada da evaporação no tanque Classe A na semana anterior.

Utilizou-se como cultura de referência a grama-batatais (*Paspalum notatum* L.). A evapotranspiração dessa cultura de referência foi estimada através dos métodos de Penman, de Blaney-Criddle, modificados pela FAO, do tanque Classe A e do tanque Young-Screen.

O valor de K_t usado para o tanque Classe A foi o da tabela apresentada por DOORENBOS e PRUITT (4), sendo necessárias as seguintes informações para entrada nessa tabela: posição do tanque em relação ao gramado ou do gramado em relação ao tanque, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Para o tanque Young-Screen, utilizou-se o valor de K_t recomendado para o tanque Colorado Sunken, com a correção proposta por DOORENBOS e PRUITT (4).

Para conhecimento dos parâmetros necessários à caracterização dos estádios de desenvolvimento, avaliou-se, diariamente, para cada tratamento, o número de plantas germinadas, até que se completassem 80% de «stand» pretendido, e, semanalmente, o índice de área foliar, obtido pela coleta e medição da área de seis plantas de bordadura que apresentavam condições de desenvolvimento semelhan-

tes às dos lisímetros. Foi feito também o acompanhamento de alguns aspectos, como floração, formação das vagens e mudança de coloração das vagens.

O cálculo do coeficiente de cultura foi feito semanalmente, por intermédio das relações entre a evapotranspiração real (ET_r) obtida e a evapotranspiração da cultura de referência (ET_o). A ET_r foi determinada para o lisímetro que apresentou melhores condições agrônômicas da cultura e, ou, melhor fechamento do balanço hídrico. A ET foi estimada por meio dos métodos de Penman (ET_{PE}), Blaney-Criddle (ET_{BC}), tanque Classe A (ET_{CA}) e tanque Young-Screen (ET_{YS}), conforme as equações seguintes:

$$K_{CPE} = \frac{ET_r}{ET_{OPE}}, \quad \text{eq. 1}$$

$$K_{CBC} = \frac{ET_r}{ET_{OBC}}, \quad \text{eq. 2}$$

$$K_{CCA} = \frac{ET_r}{ET_{OCA}} \text{ e} \quad \text{eq. 3}$$

$$K_{CYS} = \frac{ET_r}{ET_{OYS}}, \quad \text{eq. 4}$$

em que:

K_C coeficiente de cultura; os índices PE, CA e YS representam Penman, Blaney-Criddle, Classe A e Young-Screen, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 são apresentados o ciclo fenológico e os estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. A Figura 1 representa a variação temporal da eva-

QUADRO 1 - Duração do ciclo fenológico da cultura do feijão, por estágio de desenvolvimento

Plantio	Estádios* (dias)					Total
	Inicial	I	II	III	IV	
Da "seca"	8	14	21	42	14	99

* Inicial: do plantio até a emergência.

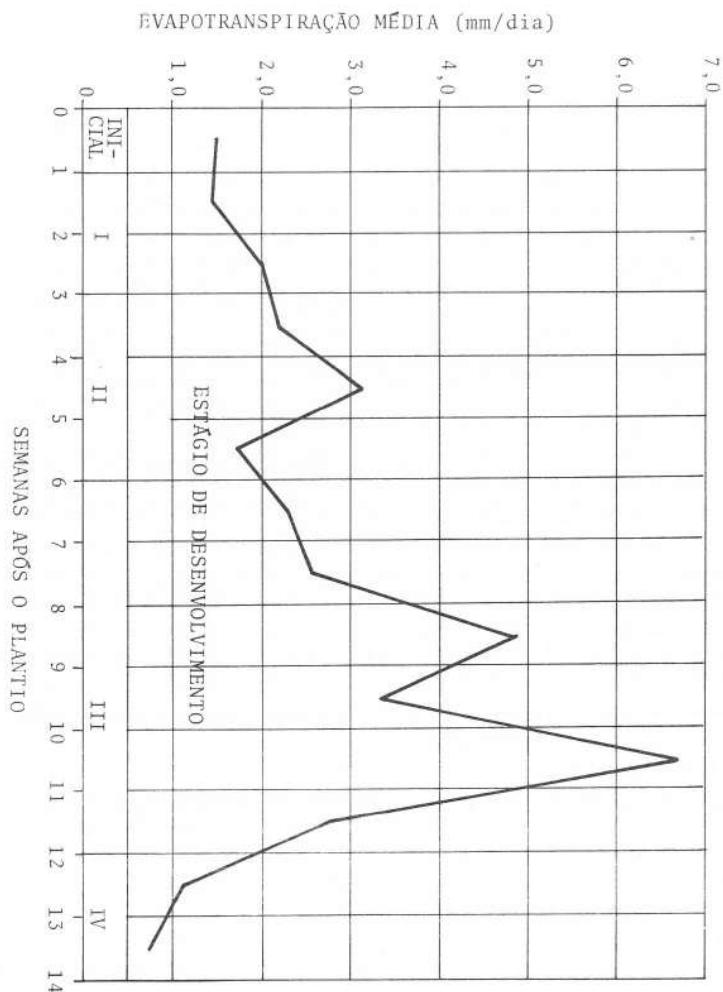
I: da emergência até 10% de cobertura do solo (C.S.).

II: de 10% C.S. até o início da floração (I.F.).

III: do I.F. até o início do amadurecimento (I.A.).

IV: do I.A. até a colheita.

FIGURA 1 - Valores médios de evapotranspiração da cultura do feijoeiro dentro de cada estágio de desenvolvimento e semanas após o plantio das "secas" e no tratamento $1,0 \times ET_0$.



poração no Classe A no plantio da «seca».

Durante a fase final do ciclo, observou-se excessivo tombamento das plantas, devido ao efeito «buquê», ou seja, grande desenvolvimento vegetativo das plantas no interior dos lisímetros, em virtude das condições favoráveis do solo, tanto em textura quanto em fertilidade.

No Quadro 2 são apresentados os resultados médios das características agrônomicas estudadas. Observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa para nenhum tratamento, embora se tivesse notado uma tendência crescente até a lâmina de $1,0 \times ET_0$, com decréscimo posterior. A produtividade de 2.849 kg.ha^{-1} é 26 e 18% superior à dos tratamentos $0,6 \times ET_0$ e $1,2 \times ET_0$, respectivamente. Novas pesquisas devem ser realizadas, visando comprovar, ou não, essa tendência.

Conforme o método proposto anteriormente, calculou-se o valor mensal da ET_0 , utilizando-se os métodos: tanque Classe A (ET_{0CA}), Penman (ET_{0PE}), Blaney-Criddle (ET_{0BC}) e tanque Young-Screen (ET_{0YS}). Os resultados estão no Quadro 3.

Como não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, a produção e as características agrônomicas da cultura, procurou-se utilizar, para calcular a evapotranspiração e, posteriormente, o coeficiente de cultura, os resultados do lisímetro que apresentou melhor fechamento do balanço de água. Utilizou-se, portanto, o tratamento $1,0 \times ET_0$, dados referentes ao bloco 4, com lisímetros não alterados.

Com os valores de ET_T , para a cultura do feijoeiro, e ET_0 estimados por meio dos quatro métodos propostos (Quadro 3), foi possível determinar os valores semanais de coeficiente de cultura (K_c) nos diversos estádios de desenvolvimento (Quadro 4).

Pelo fato de os valores de K_c serem utilizados primordialmente no manejo da irrigação, ou seja, na determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada, procurou-se trabalhar com valores médios para cada estágio, com o objetivo de tornar viável, em larga escala, a utilização desse método. O Quadro 5 apresenta os valores médios de K_c para cada estágio de desenvolvimento do feijoeiro, ao lado dos valores sugeridos por DOORENBOS e PRUITT (4), na tabela da FAO.

Observando os valores do Quadro 5, verifica-se que os coeficientes obtidos a partir do tanque Young-Screen foram maiores que os obtidos por meio dos outros métodos. Esse fato leva à conclusão de que foi subestimado o coeficiente de tanque (K_t) utilizado no cálculo da ET_{0YS} , embora uma conclusão definitiva sobre esse fato exija novas pesquisas.

A diferença entre os valores de K_c deste experimento e valores da tabela da FAO, são plenamente aceitáveis, se se levar em consideração o caráter geral da segunda e se se observar que os valores de ET_T obtidos neste experimento referem-se a situações ideais de consumo.

Com relação ao estágio inicial de desenvolvimento, observa-se que a tabela da FAO não apresenta esses coeficientes, pois, na maioria das vezes, esse período é muito curto, não exigindo irrigações, embora a ocorrência de fatores limitantes, como as baixas temperaturas no plantio de inverno, possam tornar úteis esses dados.

4. RESUMO

Neste trabalho, determinou-se a evapotranspiração da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado, para as condições edafoclimáticas de Viçosa, MG,

QUADRO 2 - Valores médios, por tratamento, de produtividade (prod.), número de vagens (nº vag.), número de sementes por vagem (s/vag.) e peso de cem sementes (p. cem), para o plantio da "seca"

Tratamento	Prod. Kg ha ⁻¹	N.Vag.	S/vag.	P.cem
0,6 x ET ₀	2.263, a	846,25 a	5,98 a	14,27 a
0,8 x ET ₀	2.544, a	876,50 a	5,87 a	14,50 a
1,0 x ET ₀	2.848, a	860,75 a	6,21 a	14,98 a
1,2 x ET ₀	2.416, a	804,50 a	6,02 a	15,09 a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não apresentam diferenças estatisticamente significativas, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

no plantio da «seca», por meio de lisímetros tipo Thornthwaite modificado. Foram utilizados 16 lisímetros de percolação, nos quais foram avaliados os efeitos de quatro níveis de lâmina d'água, conforme a referência de evaporação no tanque Classe A, nas seguintes características do feijão: produção de grãos, número de vagens, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes, grau de acamamento e altura das plantas.

Para estimar a evapotranspiração da cultura de referência (ET₀), foram usadas as equações de Penman e de Blaney-Criddle e os métodos do tanque Classe A e tanque Young-Screen.

Através das relações entre a evapotranspiração real medida (ET_r) e a estimada da cultura de referência, foram determinados os coeficientes de cultura (K_c) para cada estágio de desenvolvimento do feijoeiro, no plantio da «seca».

Obtiveram-se os seguintes valores de K_c médio para o ciclo da cultura do feijoeiro, no plantio da «seca»: a) tanque Classe A = 0,97; b) equação de Penman = 0,90; c) equação de Blaney-Criddle = 0,98; e d) tanque Young-Screen = 1,12.

5. SUMMARY

(CULTIVATION COEFFICIENT OF IRRIGATED BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) PLANTED DURING THE «DRY SEASON»)

This work was carried out to determine the evapotranspiration ratio of an irrigated bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) for soil and climatic conditions of Viçosa, state of Minas Gerais, with February-March planting, in 16 modified Thornthwaite drainage lysimeters. The effects of four levels of water application depth were evaluated, using evaporation in the Class A pan as a reference, for various agronomic characteristics of bean. The reference crop evapotranspiration rates were estimated by Penman and Blaney-Criddle equations and the use of Class A and Young-Screen evaporation pans. The crop coefficients (K_c) were determined by the ratio of actual bean evapotranspiration and the reference crop evapotranspi-

QUADRO 3 - Valores de ET_{OCA}, ET_{OPE}, ET_{OBC} e ET_{OYS}, para períodos semanais, dentro de cada estágio de desenvolvimento, no plantio da "seca"

Período	Data	Estádio de desenvolvimento	Evapotranspiração da cultura			
			Referência (mm)			
			ET _{OCA}	ET _{OPE}	ET _{OBC}	ET _{OYS}
1	13 a 20/03	inicial	26,56	30,40	26,20	21,13
2	21 a 27/03	1	23,26	24,77	25,21	18,30
3	28/03 a 03/04	1	18,72	23,22	21,01	16,67
4	04 a 10/04	2	17,69	18,75	17,19	15,72
5	11 a 17/04	2	21,22	19,66	21,93	14,74
6	18 a 24/04	2	18,88	21,98	18,25	19,25
7	25/04 a 01/05	3	16,31	19,70	16,32	16,00
8	02 a 08/05	3	20,39	16,66	18,19	16,87
9	09 a 15/05	3	21,34	17,64	21,13	16,87
10	16 a 22/05	3	16,59	16,31	15,53	14,49
11	23 a 29/05	3	18,53	16,36	24,22	17,43
12	30 a 29/05	3	16,03	12,42	15,32	14,97
13	06 a 12/06	4	16,62	12,12	19,84	14,15
14	13 a 19/06	4	14,99	12,28	18,89	14,42

QUADRO 4 - Valores de coeficientes de cultura (K_c) para o plantio da "seca", calculados em relação a tanque Classe A (K_{cCA}), Penman (K_{cPE}), Blaney-Criddle (K_{cBC}) e tanque Young-Screen (K_{cYS})

Período (Semanal)	Estádio	Coeficiente de Cultura			
		K_{cCA}	K_{cPE}	K_{cBC}	K_{cYS}
1	Inicial	0,45	0,39	0,46	0,57
2	1	0,44	0,41	0,41	0,56
3	1	0,75	0,60	0,67	0,84
4	2	0,87	0,82	0,89	0,97
5	2	1,03	1,11	0,99	1,48
6	2	0,64	0,55	0,66	0,62
7	3	0,98	0,81	0,98	1,00
8	3	0,89	1,09	1,00	1,07
9	3	1,60	1,94	1,62	2,03
10	3	1,41	1,43	1,50	1,61
11	3	2,54	2,87	1,94	2,70
12	3	1,18	1,54	1,25	1,28
13	4	0,46	0,63	0,39	0,54
14	4	0,35	0,41	0,28	0,37

QUADRO 5 - Valores médios dos coeficientes de cultura (K_c), por estágio de desenvolvimento, no plantio da "seca"

Estádio de desenvolvimento	K_{cCA}	K_{cPE}	K_{cBC}	K_{cYS}	K_c (FAO)
Inicial	0,45	0,39	0,46	0,57	-
1	0,60	0,51	0,54	0,70	0,3
2	0,85	0,83	0,85	1,02	0,7
3	1,43	1,61	1,38	1,62	1,05
4	0,41	0,52	0,34	0,46	0,65

ration of the February-March planting. The average K_c values for the growing season were: a) Class A pan = 0.97; b) Penman equation = 0.90; c) Blaney-Criddle equation = 0.93; and d) Young-Screen pan = 1.12.

6. LITERATURA CITADA

1. ARAUJO, G.A. de A. *Alternativas para produção de feijão na Zona da Mata de Minas Gerais*. Belo Horizonte, EPAMIG, 1981. 2 p. (Pesquisando n.º 34).
2. AZEVEDO, H.J. de. *Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. (Phaseolus vulgaris L.)*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 85 p. (Tese de Mestrado).
3. BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. Viçosa, Imprensa Universitária — UFV, 1982. 463 p.
4. DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome, F.A.O., 1977. 144 p. (Technical Note 24).
5. GARRIDO, M.A.T. & TEIXEIRA. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum na região do sul de MG. In: *Projeto Feijão. Relatório 75/76*. EPAMIG, Belo Horizonte, 1978. p. 36-42.
6. MOURA, P.A.M. de. Aspectos econômicos da cultura do feijão em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, 8(90):3-6. 1982.
7. PURCINO, J.R.C. Irrigação do feijoeiro. *Informe Agropecuário*, 8(90):36-39. 1982.
8. PURCINO, J.R.C.; CAIXETA, T.J.; GARRIDO, M.A.T.; LIMA, C.A.S. & DANTAS, M.S.F. Efeito de quatro lâminas totais de água e três níveis de fertilizantes no rendimento do feijoeiro comum. In: *Projeto Feijão. Relatório 75/76*. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. p. 28-31.
9. SOUZA, J.L. de. & SILVA, M.A.V. Evapotranspiração em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4.º Londrina, 1985. Resumos, Londrina, Fundação Cargil, 1985, p. 24-28.
10. VIEIRA, C. *Cultura do feijão*. Viçosa, Imprensa Universitária — UFV, 1978. 146 p.
11. VIEIRA, C. & CHAGAS, J.M. Plantio do feijão de inverno. *Informe Agropecuário*, 8(90):46-48. 1982.
12. WRIGHT, T.L. New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 108 n.º 1 R (3):57-73. 1982.