

## RESULTADOS ANUAIS DO COEFICIENTE DE CULTURA DO CAFEIEIRO EM UM ENSAIO EM PINDORAMA, SP<sup>1</sup>

Flávio Bussmeyer ARRUDA<sup>2</sup>, Angela IAFFE<sup>3</sup>, E SAKAI<sup>2</sup> e R. O. CALHEIROS<sup>2</sup>

**RESUMO:** Analisou-se os resultados anuais de coeficiente de cultura (kc) em um estudo de longa duração de monitoramento da umidade no solo em cafeeiros Mundo Novo, em Pindorama, SP. Para a representação dos resultados de kc em função da deficiência da água do solo, os valores agrupados ou em valores anuais apresentaram bons ajustes de polinomiais do segundo ou terceiro grau. Há evidências de que nos primeiros anos o valor de kc sem deficiência hídrica seja próximo de 0,73 a 0,75 e que aos 7 e 8 anos atinja valores entre 0,87 a 0,93. Aparentemente, para o cafeeiro adulto, existe um patamar de valores de kc próximos a uma constante até um déficit de 50mm ou 36kPa (0-100cm profundidade) e que a transpiração do cafeeiro cessa (kc=0) próximo a 100mm de deficiência de água no solo ou 360kPa.

**PALAVRAS-CHAVE:** café, coeficiente de cultura, evapotranspiração, transpiração

**ABSTRACT:** Annual results of crop coefficient (kc) are presented as a function of soil water deficit (0-100cm soil profile) obtained from several years of monitoring soil water in a coffee experiment, var. Mundo Novo, in Pindorama, São Paulo, Brazil. It was possible to adjust a second or third degree polynomial equation in most of the data. The results show that under mild or no deficiency, in the first two years of production kc values were in the range of 0.73 to 0.75, and by the age of 7 and 8 years old kc values were around 0.87 to 0.93. There is a strong indication that, for adult plants, kc (basal) values are close to constant up to water deficit of 50mm or 36kPa (0-100cm depth) and drop-off close to linear up to 100mm of water deficit (360kPa) with kc=0.

**KEYWORDS:** coffee, crop coefficient, evapotranspiration, transpiration

### INTRODUÇÃO

A utilização racional da irrigação, suplementar ou não, requer o conhecimento do consumo de água das culturas nas situações variáveis de precipitação e estiagem. O requerimento hídrico na cultura, de uma maneira prática, pode ser expresso como a razão entre a evapotranspiração da cultura (ETR) em relação à evapotranspiração potencial (ETP) ou máxima, calculada a partir de dados meteorológicos, resultando no coeficiente de cultura ( $kc = ETR/ETP$ ). O kc é um coeficiente dinâmico (Wright, 1982), influenciado por fatores como a deficiência de água no solo (Denmead *et al.*, 1962), a cobertura do solo, do molhamento da superfície do solo (Allen *et al.*, 1994) e a transpiração da cultura (Jensen, 1969). Poucas informações de pesquisa são disponíveis sobre o kc do cafeeiro e a sua dinâmica em relação ao ambiente e a transpiração. Gutierrez *et al.* (1994) observaram em culturas de café com apenas um ano valores de kc próximos à 0,58 e valores médios de 0,75 a 0,79 com cafeeiros de 2 a 4 anos. Em trabalho anterior Arruda *et al.* (1999) determinou o coeficiente de cultura médio do cafeeiro em um ensaio de oito anos de duração. Apesar do número elevado de anos e condições variáveis das estações, estes autores encontraram boa relação entre kc e a deficiência de água do solo, com  $R^2$  significativo e igual a 0,61. Tendo em vista a relevância de kc na estimativa do consumo de água e de das poucas informações existentes neste assunto para a cultura do cafeeiro, se procedeu uma investigação mais detalhada nos resultados de kc.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental de Agronomia de Pindorama, do IAC, com cafeeiro Mundo Novo, em solo Podzolizado de Lins e Marília. A área útil de ensaio era de 4.320m<sup>2</sup> com 2.304 plantas, distribuídas por 576 covas, espaçadas de 3m x 2,5m, com 4 plantas por cova, implantado em dezembro de 1968. O ensaio foi originalmente delineado em blocos ao acaso, com 96 parcelas de 6 covas cada (24 plantas), numa área útil de 45m<sup>2</sup> por parcela. As irrigações foram feitas pelo sistema de aspersão convencional, sem diferenciação de tratamentos durante a formação até 1971. Apenas em 1972 houve

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pelo **Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café**.

<sup>2</sup> Pesquisadores Científicos, Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, C. Postal 28, CEP 13001-970, Campinas, SP. E-mails: [farruda@cec.iac.br](mailto:farruda@cec.iac.br), [emilio@cec.iac.br](mailto:emilio@cec.iac.br) e [rocalhei@cec.iac.br](mailto:rocalhei@cec.iac.br).

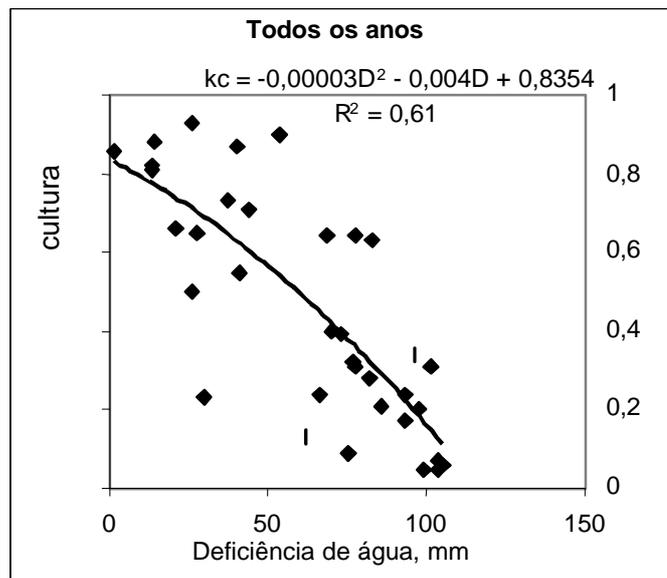
<sup>3</sup> Eng. Agr. Bolsista do PNP&D-Café no Centro de Ecofisiologia e Biofísica, IAC. E-mail: [iaffe@cec.iac.br](mailto:iaffe@cec.iac.br).

diferenciação entre irrigado e não irrigado, quando as irrigações foram interrompidas, mas continuou-se o monitoramento da umidade até 1976. As amostragens gravimétricas eram feitas principalmente nos períodos de estiagem, coletadas nas profundidades de 0-25, 25-50, 50-75 e 75-100 cm em cada canteiro dos blocos irrigados e não irrigados, junto à projeção da copa do cafeeiro, ao acaso, obtendo-se um valor médio de umidade de 12 repetições. O intervalo entre amostragens era variável, desde 5 a 7 dias até semanas. O balanço hídrico de campo, originalmente utilizado no controle da irrigação, produziu a evapotranspiração real (ETR) da cultura pela análise da variação do armazenamento da água do solo, precipitação e irrigação reunidos em uma equação geral de balanço de massa. A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Penman modificado (Villa Nova & Ometto, 1981) e, em seguida, relacionado à ETR, para a obtenção do coeficiente de cultura ( $k_c = ETR/ETP$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção média do ensaio, no período de 1972 a 1976, foi de 1.294 kg ha<sup>-1</sup> de café em coco, próxima da produtividade média de São Paulo. A amplitude de variação na produção foi de 33 a 3.383 kg ha<sup>-1</sup>, expressando o forte efeito do ambiente, do desenvolvimento da cultura e da alternância de produções. Os resultados obtidos de  $k_c$  foram muito variáveis, desde valores negativos até valores muito maiores do que a unidade. Assim, como em trabalho anterior (Arruda *et al.*, 1999) foram selecionados os valores de  $k_c$  obtidos em períodos de até 20 dias e com valores entre 0 e 1. Os valores negativos foram interpretados como efeito da ascensão capilar e os maiores do que 1 como efeito de advecção ou do acentuado efeito da precipitação, com  $k_c = 1,09 + 0,2068(P-ETP)$ . Os resultados obtidos de  $k_c$  em função da deficiência de água no solo (D, mm) abaixo da capacidade de campo são apresentados nas Figuras 1 e 2. Em quase todos os anos foi possível o ajuste de uma curva polinomial do segundo e/ou do terceiro grau entre  $k_c$  e D, com elevada significância. Nem sempre esse ajuste apresentava boa expressão do comportamento fisiológico da cultura, visto que em alguns casos as equações adotadas admitiam pontos de máxima.

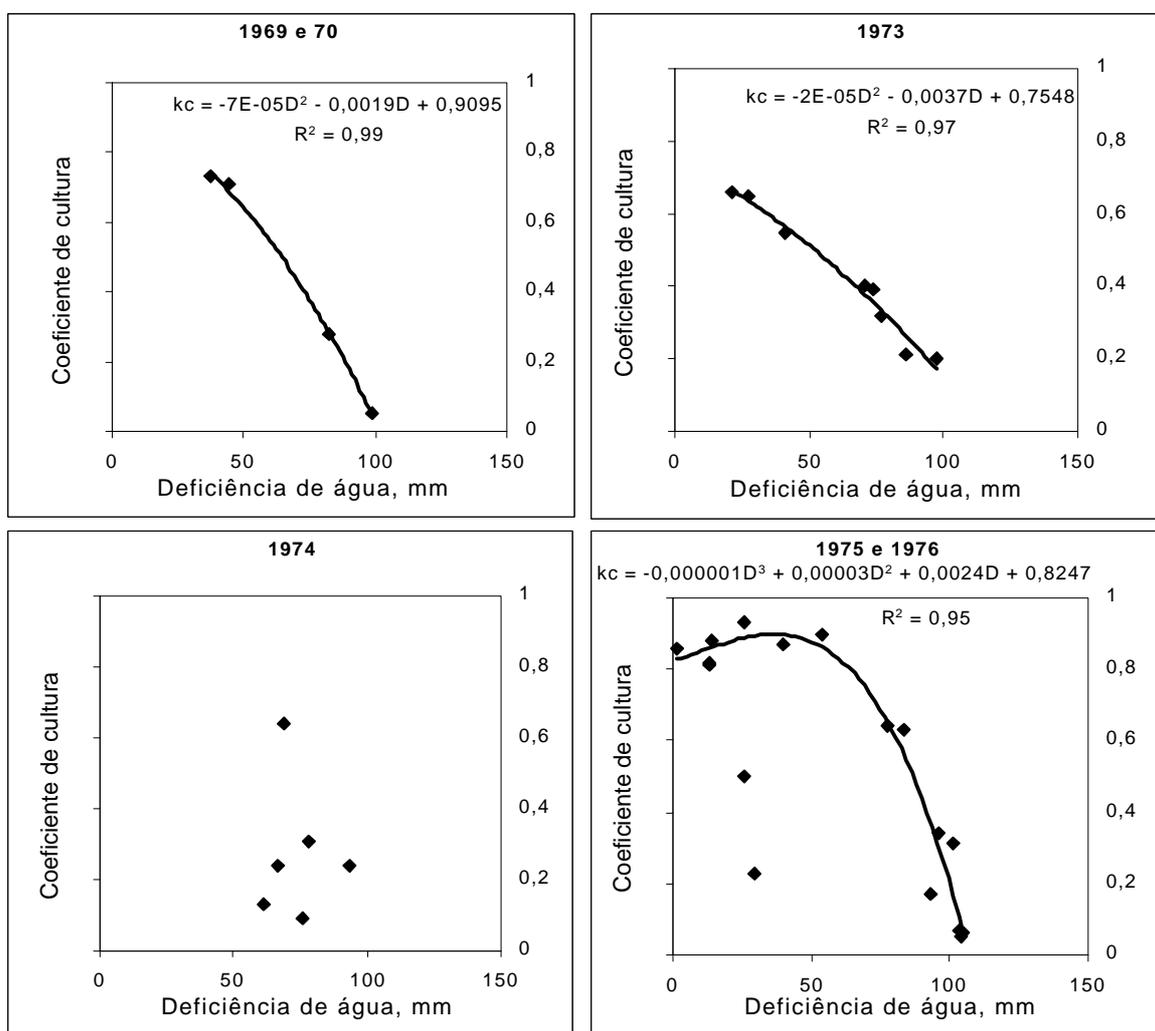
**Figura 1.** Coeficiente de cultura em função da deficiência hídrica na profundidade de 0-100cm, com plantas



de 1 a 7 anos de idade.

Na Figura 1, conforme discutido por Arruda *et al.* (1999), observa-se a existência de correlação entre  $k_c$  e  $D$ . A dispersão dos resultados é proveniente do agrupamento de informações advindas de plantas de idades muito diferentes (1 a 7 anos), situações variáveis de taxa evaporativa para atmosfera (Denmead & Shaw, 1962), temperatura e adaptação aos períodos de seca (Meinzer *et al.*, 1992). A equação ajustada permite a inferência de que  $k_c = 0,84$  quando  $D = 0$  e que  $k_c = 0$  quando a deficiência de água no solo atingia o valor de 113mm. Em 1969 e 1970 (Figura 2) os dados são disponíveis apenas para valores de deficiência entre 37 e 99mm. A extrapolação de  $k_c$  para  $D = 0$  produz um valor muito alto para ser aceitável. Nestes anos os valores mais elevados de  $k_c$  foram 0,71 e 0,73, respectivamente para  $D$  igual a 44mm e 37mm. Em 1973 (Figura 2), apesar da informação ser disponível para  $D$  entre 21 e 97mm, a curva de ajuste dos dados se aproxima muito

da apresentada na Figura 1. Para a situação sem deficiência hídrica o valor de  $k_c$  é 0,75, um pouco maior do que os valores máximos observados, 0,66 e 0,65, respectivamente para deficiências de 21 e 28mm. A equação ajustada representa muito bem os dados disponíveis, mas aparentemente superestima o valor de  $k_c$  para  $D=0$  e o de  $D$  para  $k_c=0$ . O ano de 1974 apresentou valores concentrados de deficiência, entre 62mm e 93mm, e  $k_c$  muito variáveis, entre 0,1 e 0,64, não produzindo nenhuma informação aparente. Quando associado ao ano anterior ou posterior piorava a correlação entre  $k_c$  e  $D$ . A remoção dos dados de 1974 na Figura 1 melhora a correlação para 0,69. O ano de 1975 foi o que apresentou o maior número de dados, que com exceção de dois pontos, produziu a informação mais completa. A associação de 1975 aos poucos dados de 1976, com  $k_c$  entre 0,81 e 0,88, melhoraram ainda mais a informação (Figura 2). Apesar do ajuste ter produzido uma equação do terceiro grau com um ponto de máxima sem significado, isto não prejudica a sua aplicação prática, pois a amplitude de variação de  $k_c$  estimado é pequena nessa faixa de pouca deficiência. Parece ser mais aceitável admitir a existência de um patamar na faixa entre  $D=0$  e cerca de 54mm, com valores de  $k_c$  próximos de constante: 0,93, 0,9, 0,88, 0,87, 0,86, e 0,81, respectivamente para  $D$  igual a 26, 54, 14, 40, 1 e 13mm. A estimativa da interrupção da transpiração ( $k_c=0$ ) se dá com  $D=114$ mm, muito próxima da estimada pela equação da Figura 1, mas um pouco superior aos valores médios de 97mm e 105mm, observados durante as secas de 1974 e 1975, respectivamente.



**Figura 2.** Coeficiente de cultura em função da deficiência hídrica nos anos de 1969, 1970, 1973, 1974, 1975 e 1976 obtidos na Estação Experimental de Pindorama, IAC.

## CONCLUSÕES

O coeficiente de cultura do cafeeiro apresentou boa correlação com a deficiência de água no solo. Na ausência de deficiência hídrica ( $D=0$ ), nos primeiros anos, o  $k_c$  era próximo de 0,73 a 0,75 e aos 7 e 8 anos atingiu valores entre 0,87 a 0,93. Estes valores de  $k_c$ , aparentemente para o cafeeiro adulto, se mantém até

um déficit de 50mm ou 36kPa ou 38% da água disponível na camada de solo de 0-100cm. Identificou-se que a evapotranspiração do cafeeiro cessa ( $k_c=0$ ) quando a deficiência de água no solo atingia valores próximos ou superior a 100mm ou 360kPa ou 76% da água disponível no solo na camada 0-100cm.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, F.B.; IAFFE, A.; WEILL, M.A.; SAKAI, E.; CALHEIROS, R.O. Determinação do coeficiente de cultura do cafeeiro a partir do controle de umidade do solo em Pindorama. In: Anais 25º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Franca, SP. p.294-300, 1999.
- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.S. An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, v.43 n.2, 93p., 1994.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agronomy Journal*, 43 p.385-390, 1962.
- GUTIERREZ, M.V.; MEINZER, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. *Journal Amer. Soc.Hort.Sci.* v.119, n.3, p.653-657, 1994.
- JENSEN, M.E. Water consumption by agricultural plants. In KOZLOWSKI, T.T. ed. *Water deficits and plant growth*. 2.ed. New York, Academic Press, 1969. v.2, cap.1 p.1-22.
- MEINZER, F.C.; SALIENDRA, N.Z.; CRISOSTO, C.H. Carbon isotope discrimination and gas-exchange in coffee arabica during adjustment to different soil-moisture regimes. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19 (2) p.171-184, 1992.
- VILLA NOVA, N.A. & OMETTO, J.C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4. Fortaleza, Anais. ABRH v.3 p. 281-299, 1981.
- WRIGHT, L. New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of the irrigation and Drainage Division*, New York, 108 p.57-75, 1982.

## **AVISO**

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS  
SEGUINTE ENDEREÇOS:

### **FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES**

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV  
Viçosa - MG  
Cep: 36571-000  
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485  
Fax : (31) 3891-3911

### **EMBRAPA CAFÉ**

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)  
Edifício Sede da Embrapa - sala 321  
Brasília - DF  
Cep: 70770-901  
Tel: (61) 448-4378  
Fax: (61) 448-4425