

Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará¹

Evapotranspiration and crop coefficients for green-dwarf coconut in the coastal area of Ceará State, Brazil

Fábio Rodrigues de Miranda², Antônia Renata Monteiro Gomes³, Cláudio Henrique Chaves de Oliveira², Afrânio Arley Telles Montenegro⁴ e Francisco Marcus Lima Bezerra⁵

Resumo - As informações sobre a evapotranspiração e os valores de coeficientes de cultivo do coqueiro anão que possam subsidiar o seu manejo da irrigação são escassas. O presente estudo foi conduzido com o objetivo de estimar a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo nas fases de crescimento vegetativo e de produção, do coqueiro anão na região litorânea do Estado do Ceará. Foram utilizadas plantas de coqueiro anão-verde cv. Jiqui, plantadas no espaçamento de 7,5 m x 7,5 m, em triângulo e irrigadas por microaspersão. A evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada utilizando-se o método do balanço hídrico do solo, no período de 11 até 41 meses após o plantio, enquanto que a evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método FAO Penman-Monteith. Nas condições do estudo, a evapotranspiração do coqueiro anão-verde variou de um valor mínimo de 0,52 mm.d⁻¹ aos 11 meses de idade, até um valor máximo de 5,01 mm.d⁻¹ aos 36 meses de idade. A fase de crescimento vegetativo estendeu-se até 680 dias após o plantio (23 meses de idade), ao longo da qual os valores de Kc observados aumentaram de 0,63 até 1,00. Durante a fase de florescimento e desenvolvimento dos frutos o Kc médio observado foi de 1,02.

Termos para indexação: *Cocus nucifera* L., balanço hídrico, irrigação

Abstract - There is little information about evapotranspiration and crop coefficient values for dwarf coconut irrigation scheduling. The study was carried out aiming to estimate crop evapotranspiration (ETc) and crop coefficients (Kc) during the coconut crop development and mid-season stages, in the coastal region of Ceará, Brazil. Plants of the Jiqui's green dwarf coconut variety were used, which were planted on a 7.5 x 7.5 m triangular spacing, and irrigated using microsprinklers. ETc was estimated using the soil water balance method from the 11th to the 41th month after planting, using mercury tensiometer readings. ETo was estimated using the FAO Penman-Monteith equation. For the conditions where the study was performed, the green dwarf coconut ET varied from a minimum of 0.52 mm.d⁻¹, at the 11th month after planting, to a maximum value of 5.01 mm.d⁻¹, at the 36th month after planting. The crop development stage lasted until the 680th day after planting (23th month after planting), when Kc values increased from 0.63 to 1.00. During the mid-season stage (flowering and fruit development stage) the average Kc value was 1.02.

Index terms: *Cocus nucifera* L., soil water balance, irrigation

¹ Recebido para publicação em 09/06/2006; aprovado em 07/02/2007.

² Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, 2.270, Fortaleza, CE, CEP 60511-110, fabio@cnpat.embrapa.br.

³ Eng. Agrônomo, M.Sc., Bolsista do CNPq, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

⁴ Eng. Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, afranio@cnpat.embrapa.br.

⁵ Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. de Dep. de Eng. Agrícola, CCA/UFC, CE, mbezerra@ufc.br

Introdução

A cultura do coqueiro exige grande quantidade de água durante as fases de crescimento vegetativo e produção. A precipitação anual ideal para a cultura é de aproximadamente 1.500 mm, bem distribuída, com valores mensais superiores a 130 mm (Mahindapala & Pinto, 1991). O déficit hídrico no solo, causado pela má distribuição das precipitações ao longo do ano, é considerado um dos principais fatores que contribuem para a baixa produtividade do coqueiro nas diferentes regiões onde é cultivado.

Entre os efeitos do estresse hídrico sobre o coqueiro estão: a redução no crescimento da planta pela diminuição na emissão de folhas e do tamanho destas, a queda prematura de folhas, o retardamento do início da fase de produção, a diminuição do número de flores femininas por cacho, a queda de flores e frutos imaturos e a redução de tamanho daqueles que chegam a amadurecer (Nair, 1989).

A quantidade de água necessária para atender a demanda evapotranspirativa do coqueiro é um importante elemento a ser considerado no manejo da irrigação. O método do balanço hídrico do solo vem sendo utilizado satisfatoriamente em estudos que visam à determinação da evapotranspiração de cultivos (ETc) (Martins Neto, 1997; Bassoi et al., 2001; Montenegro, 2002).

Entre as premissas para se alcançar êxito na utilização do método do balanço hídrico citam-se a obtenção de dados representativos da tensão da água do solo na zona radicular da cultura e o conhecimento prévio da profundidade efetiva das raízes. Miranda et al. (2004) determinaram a profundidade efetiva do coqueiro anão-verde irrigado em um Neossolo Quartzarênico e concluíram que mais de 80% das raízes absorventes encontravam-se até a profundidade de 0,60 m.

A grande maioria dos estudos a respeito das necessidades hídricas do coqueiro foi realizada nas condições edafoclimáticas da Ásia, utilizando variedades gigantes. No entanto, no Brasil, a maior parte dos plantios irrigados de coqueiro utiliza a variedade anão-verde, que, devido à sua alta taxa de transpiração, apresentam maior exigência hídrica em relação às variedades gigantes (Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux — IRHO, 1992).

Segundo Nogueira et al. (1998), no Brasil, de um modo geral, tem se utilizado, no cálculo da quantidade de água a ser aplicada no coqueiro, o valor de Kc de 0,80 para plantas adultas. Porém não há informações de pesquisa que permitam utilizar tal valor de Kc com segurança. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo estimar a

evapotranspiração e os coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde nas fases de crescimento vegetativo e de produção.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Curu/Embrapa – Agroindústria Tropical, localizada em Paraipaba, CE (Latitude 3° 17' Sul, Longitude 39° 15' Oeste e altitude de 30 metros). O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Aw'. A precipitação média anual do município de Paraipaba é de 986 mm, com evaporação anual de 2.625 mm, umidade relativa média de 86% e temperatura média anual de 27,1°C. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico e suas características físicas são apresentadas na Tabela 1.

O estudo foi realizado em um plantio de 0,8 ha de coqueiro anão-verde cv. Jiqui, plantado em outubro/1995, no espaçamento de 7,5 m x 7,5 m, em triângulo. As irrigações eram realizadas sempre que a evaporação acumulada do tanque Classe A, instalado em área próxima ao experimento, atingia 10 mm. Cada planta foi irrigada por um microaspersor rotativo, autocompensante, com vazão média de 52 L.h⁻¹. Desde o plantio até os 17 meses de idade das plantas, os emissores funcionaram posicionados a 0,2 m das plantas e proporcionaram um diâmetro molhado médio de 1,9 m (área molhada de 2,8 m²). A partir daí os emissores funcionaram à cerca de 0,6 m das plantas, proporcionando um diâmetro molhado médio de 4,7 m, ou seja, uma área molhada de 17,3 m².

Entre o plantio (outubro/95) e o início do período chuvoso (janeiro/96), as plantas foram irrigadas a cada dois dias, aplicando-se de 12 a 16 litros de água/planta por irrigação, a fim de assegurar a manutenção do estande. A partir do fim do período chuvoso (julho/96), os volumes de

Tabela 1 - Características físicas do solo da Estação Experimental Curu-Paraipaba, Paraipaba, CE

| Característica | Profundidade | |
|------------------------------------------|--------------|-------------|
| | 0 a 0,25 | 0,26 a 0,70 |
| | m | |
| Areia Grossa (%) | 89,5 | 85,0 |
| Silte (%) | 2,7 | 5,0 |
| Argila (%) | 7,8 | 10,0 |
| Densidade Aparente (g.cm ⁻³) | 1,54 | 1,58 |
| Capacidade de Campo (% em peso) | 10,2 | 12,4 |
| Ponto de Murcha (% em peso) | 5,5 | 6,3 |
| Lâmina d'água disponível (mm) | 18,1 | 43,4 |

água aplicados por irrigação foram ajustados, de modo que a tensão da água do solo entre as irrigações, monitorada diariamente utilizando-se tensiômetros de mercúrio, variasse entre a capacidade de campo (8 kPa) e uma tensão máxima de 20 kPa, na profundidade de 0,20 m.

As adubações foram realizadas segundo as quantidades apresentadas na Tabela 2. O fósforo, os micronutrientes e os adubos orgânicos foram incorporados ao solo no plantio e reaplicados a cada seis meses. O nitrogênio e o potássio foram aplicados a cada quinze dias, via fertirrigação. Para o controle de plantas daninhas utilizou-se o roço mecanizado nas entrelinhas complementado por capina manual (coroamento), mantendo o solo permanentemente limpo num raio de 1,5 metro em torno das plantas durante os primeiros 18 meses e de 2,5 metros dos 18 aos 41 meses de idade.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada utilizando-se o método do balanço hídrico do solo, realizado de acordo com a metodologia apresentada por Reichardt (1985), (Equação 1), para a profundidade de 0 a 0,6 m. Foram utilizados dados de três baterias de tensiômetros de mercúrio, instalados nas profundidades de 0,2; 0,5 e 0,8 m, em três diferentes plantas.

$$ETc = P + I \pm Q_z - \Delta h \quad (1)$$

em que,

ETc - evapotranspiração da cultura (mm);

P - precipitação pluvial (mm);

I - irrigação (mm);

Q_z - drenagem profunda ou ascensão capilar (mm); e

Δh - variação da armazenagem (mm) da água do solo na camada de profundidade de 0 a 0,6 m.

Os dados de precipitação pluviométrica (P) utilizados no estudo foram obtidos em um pluviômetro instalado em uma estação meteorológica localizada a 50 m do experimento. Foi considerada como precipitação efetiva, 75% da precipitação total no período. O escoamento superficial não foi considerado no balanço hídrico, por tratar-se de

solo arenoso com alta taxa de infiltração e terreno de topografia plana.

Os componentes de drenagem profunda ou ascensão capilar da água no solo foram calculados diariamente para a profundidade de 0,6 m utilizando as leituras dos tensiômetros nas profundidades de 0,5 m e 0,8 m e a equação de Buckingham – Darcy, escrita de uma maneira simplificada por Reichardt (1985), da seguinte forma:

$$Q_z = -K(\theta) \frac{\Delta \Psi t}{\Delta Z} \quad (2)$$

em que,

$K(\theta)$ - condutividade hidráulica do solo, em função da umidade do solo (cm.d⁻¹);

$\frac{\Delta \Psi}{\Delta Z}$ - gradiente do potencial hidráulico da água no solo (cm.cm⁻¹).

Aplicando-se a Equação 2 para a direção vertical, na profundidade máxima de controle do solo, $Z = 0,60$ m, obtém-se a seguinte equação:

$$Q_z = -K(\theta)_{0,6} \left\{ \frac{\Psi_T 50 - \Psi_T 80}{30} \right\}_{0,6} \quad (3)$$

em que,

$K(\theta)_{0,6}$ - condutividade hidráulica em função da umidade do solo, na profundidade de 0,6 m (cm.d⁻¹); e

$\left\{ \frac{\Psi_T 50 - \Psi_T 80}{30} \right\}_{0,6}$ - gradiente do potencial hidráulico da água no solo, obtido a partir dos potenciais totais a 0,5 m e 0,8 m.

Os valores de $K(\theta)_{0,6}$ foram obtidos em um ensaio de campo realizado em área próxima ao experimento, conforme metodologia sugerida por Hillel et al. (1972). A equação obtida que define a condutividade hidráulica a 0,6 m de profundidade é expressa da seguinte forma:

$$K(\theta)_{0,6} = 5^{-5e(54.209 * q)} \quad (4)$$

em que,

Tabela 2 - Quantidades de fertilizantes aplicados anualmente no coqueiro anão-verde. Paraipaba, CE

| Período | Fertilizantes | | | | | FTE BR-12 |
|---------|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------|
| | Esterco bovino (L) | Calcário dolomítico | Superfosfato Simples | Uréia (g.pl ⁻¹) | Cloreto de Potássio | |
| Plantio | 7 | | 800 | | | |
| 1º ano | 10 | | 400 | 1.000 | 830 | |
| 2º ano | 10 | 1.500 | 1.400 | 1.300 | 1.275 | 300 |
| 3º ano | 10 | | 1.800 | 1.750 | 1.880 | 300 |

$K(\theta)_{0,6}$ - condutividade hidráulica em função da umidade do solo, na profundidade de 0,6 m (cm.d^{-1}); e

(θ) - umidade média do solo entre os tensiômetros à 0,5 m e 0,8 m ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

A determinação da variação da armazenagem da água no solo na profundidade e no intervalo de tempo considerado foi obtida mediante a expressão de Reichardt (1985):

$$\Delta h = (\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1)Z \quad (5)$$

sendo,

$\bar{\theta}_2$ - umidade do solo média até a profundidade de 0,6 m ao final do período ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$);

$\bar{\theta}_1$ - umidade do solo média até a profundidade de 0,6 m no início do período considerado ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$); e

Z - profundidade adotada para o balanço (cm).

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Os dados (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento) utilizados para se estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) foram medidos em uma estação meteorológica automática instalada próximo à área experimental e são apresentados na Tabela 3.

Os coeficientes de cultivo (K_c) foram calculados segundo a equação:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo \times Kr} \quad (6)$$

em que,

ET_c - evapotranspiração da cultura, mm.d^{-1} ;

Tabela 3 - Condições climáticas médias medidas durante o experimento. Paraipaba, CE, 1996-1999

| DATA | Temperatura Máxima °C | Temperatura Mínima °C | Umidade Relativa % | Radiação Solar MJ.m ⁻² | Velocidade do Vento m.s ⁻¹ |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| set-96 | 31,9 | 23,4 | 74,2 | 23,3 | 4,0 |
| out-96 | 31,6 | 23,3 | 76,6 | 23,2 | 3,8 |
| nov-96 | 31,6 | 23,3 | 78,0 | 22,1 | 3,3 |
| dez-96 | 32,0 | 23,5 | 78,8 | 22,2 | 3,1 |
| jan-97 | 32,2 | 23,9 | 79,4 | 21,2 | 2,9 |
| fev-97 | 32,3 | 23,4 | 78,5 | 22,4 | 3,1 |
| mar-97 | 31,4 | 23,7 | 84,4 | 19,6 | 2,4 |
| abr-97 | 29,8 | 23,1 | 91,2 | 16,1 | 1,7 |
| mai-97 | 29,8 | 22,5 | 90,0 | 17,1 | 1,9 |
| jun-97 | 30,5 | 21,2 | 85,4 | 20,1 | 2,3 |
| jul-97 | 30,9 | 21,8 | 79,5 | 20,7 | 3,0 |
| ago-97 | 30,8 | 22,5 | 78,2 | 21,0 | 3,6 |
| set-97 | 30,8 | 22,6 | 77,2 | 23,9 | 3,3 |
| out-97 | 31,2 | 23,1 | 78,1 | 23,2 | 3,3 |
| nov-97 | 31,5 | 23,6 | 79,2 | 23,1 | 3,1 |
| dez-97 | 31,9 | 23,4 | 80,9 | 22,1 | 2,6 |
| jan-98 | 30,9 | 24,3 | 88,8 | 16,5 | 1,7 |
| fev-98 | 31,8 | 24,1 | 87,4 | 20,6 | 2,1 |
| mar-98 | 31,1 | 24,4 | 91,2 | 19,0 | 1,7 |
| abr-98 | 31,6 | 24,4 | 90,4 | 19,5 | 2,0 |
| mai-98 | 31,7 | 23,9 | 86,9 | 19,9 | 2,3 |
| jun-98 | 31,6 | 23,2 | 83,1 | 19,7 | 2,7 |
| jul-98 | 31,4 | 22,5 | 81,6 | 20,2 | 2,8 |
| ago-98 | 31,5 | 22,9 | 79,4 | 22,1 | 3,4 |
| set-98 | 31,7 | 23,4 | 76,7 | 23,6 | 3,7 |
| out-98 | 32,0 | 23,9 | 77,6 | 24,0 | 3,7 |
| nov-98 | 31,8 | 23,0 | 79,8 | 23,2 | 3,0 |
| dez-98 | 31,9 | 22,9 | 79,6 | 22,1 | 3,0 |
| jan-99 | 31,4 | 23,3 | 82,3 | 20,4 | 2,5 |
| fev-99 | 31,0 | 23,4 | 86,5 | 17,9 | 2,0 |
| mar-99 | 29,6 | 23,1 | 86,3 | 16,0 | 1,1 |

ET_o - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; e

K_r - coeficiente de redução da evapotranspiração, adimensional.

O coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r) foi calculado segundo a equação descrita por Keller & Karmeli (1974):

$$K_r = \frac{CS}{0,85} \quad (7)$$

em que,

CS = coeficiente de cobertura do solo (decimal).

A ET_c e o K_c do coqueiro foram estimados no período de setembro de 1996 até março de 1999, quando as plantas apresentavam de 330 dias após o plantio (DAP) até 1258 DAP, com exceção do período entre 860 a 960 DAP. Para a determinação dos coeficientes de cultivo médios, dividiu-se o ciclo da cultura em duas fases: (I) fase de crescimento vegetativo, do início do estudo, aos 330 DAP até 680 DAP, quando aproximadamente 100% das plantas estavam em florescimento; e (II) fase intermediária ou de produção (florescimento e desenvolvimento dos frutos), a partir de 680 DAP.

A partir de 860 DAP aproximadamente 100% das plantas estavam em produção. A produção de frutos durante o terceiro ano de cultivo (primeiro ano de produção) alcançou uma média de 118 frutos por planta e durante o quarto ano de cultivo (segundo ano de produção) uma média de 193 frutos por planta.

Resultados e Discussão

As lâminas de irrigação e a pluviosidade mensal ocorrida durante o período de estudo podem ser observadas na Figura 1. Os valores mensais da lâmina de irrigação aplicada variaram de um mínimo de 17 mm.mês⁻¹ até um máximo de 110 mm.mês⁻¹, durante o primeiro e o terceiro ano após o plantio, respectivamente.

As variações diárias da evapotranspiração (ET_c), estimada no balanço hídrico e da evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pelo método FAO Penman-Monteith, são mostradas na Figura 2. Nota-se um aumento contínuo da evapotranspiração do coqueiro em relação à ET_o durante todo o período do estudo, seguindo o aumento da cobertura do solo pela cultura (Figura 3). A ET_c do coqueiro variou de 0,51 mm.d⁻¹ (25 L.pl⁻¹.d⁻¹), aos 11 meses de idade, até um máximo de 5,01 mm.d⁻¹ (244 L.pl⁻¹.d⁻¹), aos 36 meses de idade. No quarto ano de cultivo, quando as

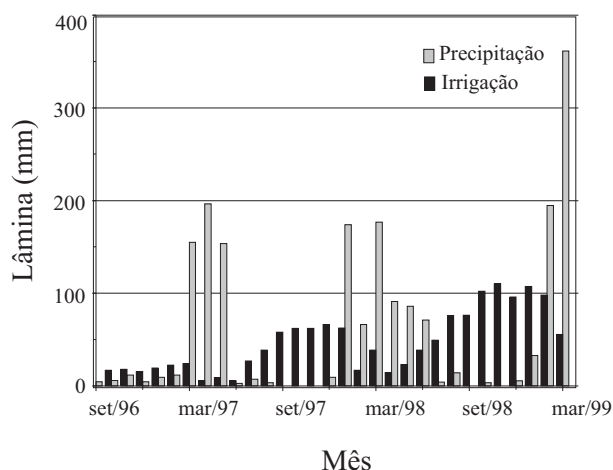


Figura 1 – Precipitação mensal e lâminas de irrigação aplicadas durante a condução do experimento. Paraipaba, CE, 1996-1999

plantas cobriam mais de 65% da superfície do solo, a ET média do coqueiro foi de 3,86 mm.d⁻¹, ou seja, um consumo médio de água de 188 L.pl⁻¹.d⁻¹.

Valores de evapotranspiração do coqueiro gigante de 2,7 a 4,1 mm.d⁻¹ foram observados por Jayakumar et al. (1988), em plantas com seis anos de idade em região úmida da Índia. Na mesma região, Rao (1989), observou que a ET_c de coqueiros gigantes jovens variou de 2,3 a 5,5 mm.d⁻¹.

Na Figura 4 está representada a curva do coeficiente de cultivo do coqueiro anão-verde observada nas condições da região litorânea do Ceará. Durante a fase de crescimento vegetativo (330 até 680 DAP) o K_c aumentou de 0,63 até 1,00, seguindo o aumento de área foliar da cultura. Durante a fase intermediária (florescimento e desenvolvimento dos frutos, a partir de 680 DAP) o K_c estabilizou-se e apresentou um valor médio de 1,02.

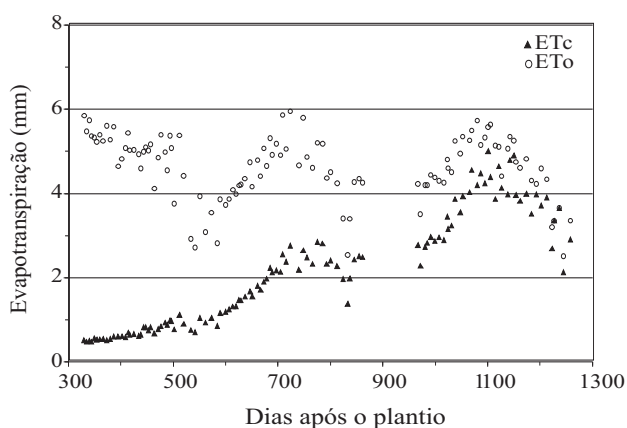


Figura 2 – Variação da evapotranspiração do coqueiro anão-verde (ET_c) e da evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelo método FAO Penman-Monteith, Paraipaba-CE, 1996-1999

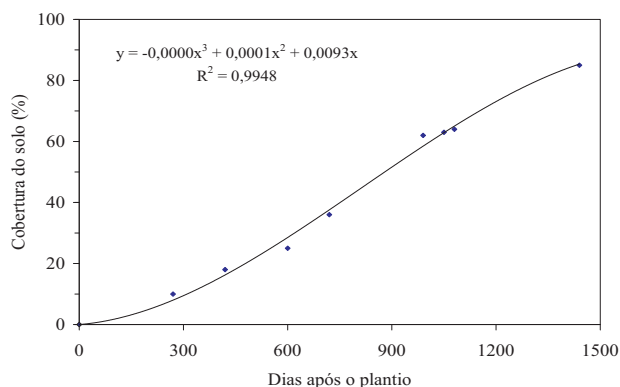


Figura 3 – Variação da cobertura do solo pelo coqueiro anão-verde. Paraipaba, CE, 1996-1999

O valor médio de K_c observado neste estudo durante fase de produção do coqueiro assemelha-se ao reportado por Allen et al. (1998), que recomendaram para palmeiras em geral um valor de K_c de 1,00 na fase intermediária. Os valores de K_c encontrados na literatura para coqueiros gigantes são geralmente mais baixos que os observados no presente estudo. Valores de K_c da ordem de 0,54, obtidos quando a ETo foi calculada pelo método Penman FAO, foram reportados por Jayakumar et al. (1988), para coqueiros gigantes nas condições da Índia. Mahesha et al. (1992), observaram um valor médio de K_c de 0,96 para coqueiros gigantes em produção na região costeira da Índia, para valores de ETo calculados pelo método Penman FAO.

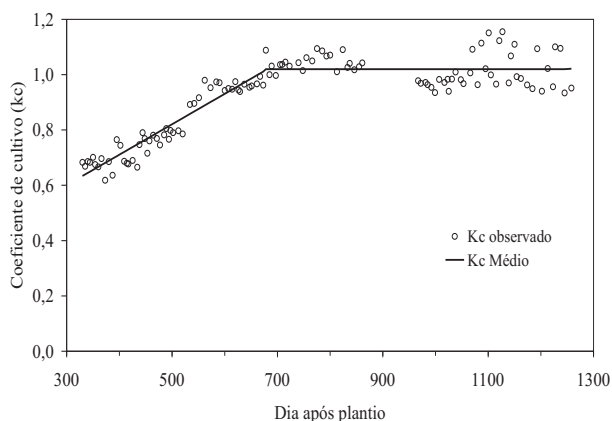


Figura 4 – Curva do coeficiente de cultivo (K_c) do coqueiro anão-verde, Paraipaba-CE, 1996-1999

Conclusões

Nas condições edafoclimáticas de Paraipaba, CE, a evapotranspiração do coqueiro anão-verde variou de um

valor mínimo de $0,52 \text{ mm.d}^{-1}$, aos 11 meses de idade até um valor máximo de $5,01 \text{ mm.d}^{-1}$ aos 36 meses de idade. A fase de crescimento vegetativo estendeu-se até 680 DAP (23 meses de idade), ao longo da qual os valores de K_c observados aumentaram de 0,63 até 1,00. Durante a fase intermediária (florescimento e desenvolvimento dos frutos) o K_c médio observado foi de 1,02.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro, via bolsas de pesquisa para a realização do trabalho.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, J. A. M.; SIVA, E. E. G.; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. de N. L. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Petrolina: Embrapa Semi-Arido, 2001. 4p. (Embrapa Semi-Arido Comunicado Técnico, 108).
- HILLEL, D.; KRENTOS, V.D.; STYLIANOU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. **Soil Science**, Baltimore, v.114, p.395 – 400, 1972.
- Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux - IRHO. Coconut - water supply and drought tolerance. **Oleagineux**, v.47, n.6, p.334-337. 1992.
- JAYAKUMAR, M.; SASEENDRAN, S. A.; HEMAPRABHA, M. Crop coefficient for coconut (*Cocos nucifera* L.): a lysimetric study. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.46, p.235-240, 1988.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, p.678-684, 1974.
- MAHESHA, A., ABDULKHADER, K. B; RANGANNA, G. Consumptive use and irrigation requirement of coconuts (*Cocos nucifera* L.) in coastal sandy soils. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.13, n.5, p.13-15, 1992.
- MAHINDAPALA, R.; PINTO, J. L. J. G. **Coconut cultivation**. Lunuwila: Coconut Research Institute, 1991. 162p.
- MARTINS NETO, D. **Evapotranspiração real da acerola (*Malpighia glabra* L.) durante o primeiro ano de implantação, nas condições climáticas de Fortaleza-CE**. 1997. 48f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MIRANDA, F. R.; MONTENEGRO, A. A. T.; LIMA, R. N.; ROSSETI, A. G.; FREITAS, J. A. D. Distribuição do sistema

radicular de plantas jovens de coqueiro-anão sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.2, p.309-318, 2004.

MONTENEGRO, A. A. T. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do mamoeiro obtidos através do método do balanço hídrico para a região litorânea do Ceará**. 2002. 76f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

NAIR, R. R. Summer irrigation requirement of the coconut palm. **Indian Coconut Journal**, v.19, n.12, p.3-7, 1989.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S., WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI; Aracaju: Embrapa-CPATC, 1998. p.159-187.

RAO, A. S. Water requirements of young coconut palms in a humid tropical climate. **Irrigation Science**, v.10, p.245-249, 1989.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.