

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO PRIMEIRO CICLO PRODUTIVO DA FIGUEIRA 'ROXO DE VALINHOS' SUBMETIDA A COBERTURA MORTA

EVAPOTRANSPIRATION AND EFFICIENCY OF WATER USE IN FIRST PRODUCTION CYCLE OF THE FIG TREE 'ROXO DE VALINHOS' UNDER MULCHING

Adilson Pacheco de SOUZA¹; Andréa Carvalho da SILVA¹; Sarita LEONEL²; Manoel Euzébio de SOUZA³; Adriana Aki TANAKA⁴

1. Professor(a), Doutor(a), Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Campus Sinop, MT, Brasil. adilsonpacheco@ufmt.br; 2. Professora, Doutora, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus Botucatu, SP, Brasil; 3. Professor, Doutor, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Nova Xavantina, MT, Brasil; 4. Pós-Doutoranda PNP/DACT, Programa de Mestrado em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Campus Sinop, MT, Brasil

RESUMO: Avaliou-se a evapotranspiração (ET_c) e a eficiência do uso da água (EUA) pela figueira 'Roxo de Valinhos' submetida à irrigação e cobertura morta (bagacilho de cana-de-açúcar triturado) no primeiro ciclo produtivo, nas condições edafoclimáticas de Botucatu, São Paulo. Empregou-se o método do balanço hídrico do solo e para a obtenção da evapotranspiração de referência foi utilizado o método Penman-Monteith FAO 56. Para a avaliação dos coeficientes de cultivo (K_c) adotou-se a seguinte distribuição fenológica: fase 1 - entre o transplante e 20% do desenvolvimento vegetativo (DV); ii) fase 2 - de 20 a 80% DV; e iii) fase 3 - frutificação. Observam-se ET_c acumulados de 409,4 e 465,8 mm em 254 dias após o transplante (DAT) e médias de 1,47 e 1,67 mm dia⁻¹, com e sem cobertura morta (CC e SC). Os coeficientes de cultivo (K_c) médios foram de 0,16; 0,43 e 0,49 para SC e de 0,18; 0,44 e 0,50 para CC, entre as fases 1 e 3, respectivamente. Os valores de EUA diminuíram com o aumento do volume de água recebido e variaram entre 1,65 e 3,32 kg de figos verdes por m³ de água irrigada para SC e CC.

PALAVRAS-CHAVES: Coeficientes de cultivo. Manejo de irrigação. *Ficus carica*.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada pode ser considerada como a atividade de maior consumo de água dentre os seus vários usos múltiplos existentes e, sendo cada vez mais preocupante a sua escassez, esforços têm sido empregados na adoção de mecanismos que favoreçam o aumento da eficiência do uso da água, sem que a produtividade das culturas seja afetada, resguardando assim, a produção de alimentos. Nesse sentido, o conhecimento da necessidade hídrica das culturas, seja para projeto e/ou manejo de irrigação, associados a manejos que viabilizem a produção ecologicamente correta e sustentável de alimentos tem sido uma constante preocupação pelos vários segmentos da sociedade envolvidos no processo de produção (SOUZA et al. 2011; CARVALHO et al. 2011; PAULINO et al. 2011).

Para um eficiente manejo da água de irrigação é fundamental conhecer a disponibilidade de água no solo e as demandas de água pela planta e pela atmosfera, caracterizando assim, a

quantidade de água requerida pela cultura, em determinado período de tempo, de modo a não limitar seu crescimento e sua produção, nas condições climáticas locais (BERNARDO et al. 2006), sendo vinculados a definição da evapotranspiração, que representa a perda natural de água do solo vegetado para a atmosfera através da ação conjunta da evaporação e da transpiração (CAMARGO; CAMARGO 2000). Dentre os métodos diretos de determinação da evapotranspiração, o balanço hídrico do solo vem sendo utilizado satisfatoriamente e representa o somatório das quantidades de água que entram e saem de um volume de solo (com profundidade corresponde ao sistema radicular da cultura), durante um determinado período de tempo (PEREIRA et al. 1997; REICHARDT; TIMM 2004; MIRANDA et al. 2007; SOUZA et al. 2011).

Para contornar as dificuldades da aplicação de métodos de medida direta, utilizam-se os métodos fundamentados na estimativa da evapotranspiração potencial de uma cultura

(ETc) com base na evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo). Para Doorenbos; Kassam (1994), Pereira et al. (1997) e Allen et al. (1998), a ETc depende de ETo e do coeficiente de cultivo (kc), traduzindo a interação entre as características fisiológicas e morfológicas da cultura, em determinada fase de desenvolvimento, sistemas de manejo e nas condições de solo e clima do local do estudo. Principalmente na fruticultura, os estudos de ETc e kc podem propiciar um planejamento racional das irrigações, otimização do uso de insumos e dos recursos hídricos e o aumento da produtividade (ALLEN et al. 1998; CARVALHO et al. 2007; MIRANDA et al. 2007; SILVA; BEZERRA 2009).

Segundo dados do Ministério da Agricultura (2010), o Brasil produziu 22.565 toneladas de figos em 2008, numa área de 2.865 ha, resultando numa média de produtividade nacional de 7,88 t ha⁻¹, todavia, apesar do cultivo ser bastante antigo verifica-se uma tendência de diminuição na área colhida. A matriz produtiva da ficicultura baseia-se apenas na cultivar Roxo de Valinhos, caracterizada por apresentar grande valor econômico, rusticidade, elevado vigor e produtividade, além de boa adaptação às podas drásticas. Seus frutos podem ser utilizados tanto para consumo *in natura* como para a indústria. Para Giacobbo et al. (2007), mesmo encontrando condições satisfatórias para o seu desenvolvimento, os cultivos necessitam de inovações ou melhorias técnicas, principalmente na fase inicial de implantação (DALASTRA et al. 2009; LEONEL; TECCHIO 2010). Todavia, as perspectivas e possibilidades de expansão do cultivo da figueira no Estado de São Paulo são promissoras, com um potencial expansivo de produção no interior paulista, principalmente em função da boa adaptação da cultura e da proximidade do mercado consumidor, além das significativas exportações de figo ao natural.

Em função do exposto e tendo a baixa disponibilidade de informações sobre o manejo da irrigação em figueiras, objetivou-se avaliar a necessidade hídrica, os coeficientes de cultivo e a eficiência do uso da água na cultura da

figueira (*Ficus carica* L.) 'Roxo de Valinhos', manejada com e sem cobertura morta, em Botucatu, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu-SP, localizado na latitude 22,85° S e longitude 48,45° W e com altitude de 786 m, no período de outubro de 2009 a julho de 2010. De acordo com Cepagri (2011), pela classificação de Köppen, o tipo climático é o Cwa, caracterizado como clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno.

O solo da área onde estavam instaladas as plantas do experimento foi classificado como Nitossolo Vermelho, segundo critérios da Embrapa (2006), cujas características químicas são apresentadas na Tabela 1. O transplântio das mudas foi realizado em 13/10/2009 seguindo as curvas de nível do terreno, em covas com 0,40 x 0,40 x 0,60m (largura, comprimento e profundidade) e com espaçamento de 3,0 x 2,0m (entre linhas e plantas), representando uma densidade de 1.660 plantas ha⁻¹ (PENTEADO; FRANCO 1997). As correções e adubações seguiram as recomendações técnicas de Campo Dall'Orto et al. (1996), com aplicação no plantio de 0,50 e 0,20 kg por cova de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e 0,70 kg de sulfato de amônio por planta em duas parcelas. Os tratamentos fitossanitários foram feitos na medida em que se fizeram necessários, seguindo as recomendações de Penteado e Franco (1997). Nos meses de temperatura e precipitações elevadas foi efetuado o controle da ferrugem da figueira (*Cerotelium fici*) com Tiofanato metílico e Tebuconazole. O manejo de plantas daninhas foi realizado através de roçadas nas entrelinhas de plantio, enquanto ao redor da coroa das plantas foram realizadas capinas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições constituídas de 3 plantas, com a aplicação de irrigação suplementar e sem cobertura morta (CISC) e com cobertura morta (CICC), de bagacilho de cana-de-açúcar, distribuídos com uma densidade de 16 ton ha⁻¹ e apresentando as seguintes características químicas (em percentuais na matéria seca): N – 0,42%; P₂O₅ – 0,12%; K₂O – 0,07%; C – 16,60%; relação C/N – 40/1; pH – 5,10; e Matéria Orgânica – 30,00%.

Tabela 1. Caracterização química do solo anterior ao transplântio.

Amostra (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
0-20	6,3	27	0	15	2,8	84	20	107	122	88
20-40	6,4	22	0	14	2,6	83	17	102	116	88
	P _{resina}	Enxofre	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco			
0-20	130	1,0	0,39	3,8	10	4,6	4,2			
20-40	114	1,0	0,36	3,7	19	10,0	3,0			

A avaliação da irrigação ocorreu em faixas para permitir melhor instalação e operação do sistema e a presença e ausência de cobertura morta foram casualizadas ao longo das faixas. Adotou-se o sistema de gotejamento, com mangueiras gotejadoras de polietileno, com espessura de parede de 250 micra, gotejador labirinto tipo plano, vazão nominal de 1,46 L h⁻¹ na pressão de 100 kPa e expoente de descarga (x) igual a 0,461, com distância entre os gotejadores de 50cm. Ao longo do experimento o sistema operou com 80,37%; 81,41% e 74,36% para os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de uniformidade de distribuição de água (CUD) e de uniformidade estatístico (CUE) conforme critérios propostos por Keller e Karmelli (1975) e Merriam e Keller (1978).

O manejo da irrigação foi realizado através da tensiometria, com permanência do potencial de água próximo a - 30kPa, através de baterias com dois tensiômetros de mercúrio instalados a 0,20m (decisão) e 0,40m (controle) de profundidade, para definição da lâmina aplicada. Neste trabalho, foram ajustadas modelos descritos por Van Genuchten (1980) para obtenção da curva de retenção (equação 01 e 02), empregando a ferramenta de otimização Solver do Excel e apresentaram coeficientes de determinação (r²) de 0,9974 e 0,9930, para as profundidades de 0-20cm e 20-40cm, respectivamente (REICHARDT; TIMM, 2004).

$$\theta_{20} = 0,169 + \frac{0,437}{\left[1 + (2,8111\psi)^{1,363}\right]^{0,2663}} \quad (01)$$

$$\theta_{40} = 0,210 + \frac{0,641}{\left[1 + (2,77\psi)^{1,5044}\right]^{0,3353}} \quad (02)$$

em que: θ_{20} e θ_{40} são as umidades volumétricas nas profundidades de 0,20 e 0,40m, respectivamente, em cm³ cm⁻³; ψ é o potencial de água no solo, em kPa.

Nesse contexto, a cada irrigação, a lâmina a ser aplicada era determinada em função das leituras obtidas pelo equipamento, levando em consideração a necessidade hídrica para repor o conteúdo de água

no solo até a capacidade de campo (θ_{cc}), na camada ocupada efetivamente pelo sistema radicular (equação 03). Em cada parcela experimental, foi realizado o balanço hídrico de água no solo (Reichardt; Timm, 2004), sendo possível, desta forma, estimar a evapotranspiração da cultura efetiva diária para a figueira 'Roxo de Valinhos' nos diferentes sistemas de cultivo.

$$P + I \pm DS - ET \pm QZ \pm \Delta Az = 0 \quad (03)$$

em que: P = precipitação pluviométrica (mm); I = lâmina irrigada (mm); DS = deflúvio superficial (mm); ET = evapotranspiração potencial (mm); QZ = fluxo vertical ou ascensão capilar (mm); e ΔAz = variação no armazenamento da água no solo (mm).

Neste balanço, foi considerada como precipitação efetiva, a lâmina armazenada na profundidade efetiva do sistema radicular em função do seu desenvolvimento, determinada por amostragem no campo em intervalos de 21 dias a partir do transplante (DAT). Tendo em vista a locação em nível das parcelas, não foi observado escoamento superficial (DS) na área, sendo, portanto desprezado do balanço. A irrigação acumulada foi obtida pela soma das irrigações médias realizadas em cada parcela, em função do tensiômetro de decisão e a drenagem profunda foi monitorada pela relação entre a quantidade de água aplicada e aquela presente na zona do sistema radicular, monitorada no tensiômetro de controle.

Para a obtenção da evapotranspiração de referência diária (ET₀) foram empregadas as parametrizações para o método de Penman-Monteith (equação 04) propostas no Boletim FAO-56 (PEREIRA et al. 1997; ALLEN et al. 1998; BARROS et al. 2009; SOUZA et al. 2011).

$$ET_0 = \frac{\left(0,408 \cdot S \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a) \right)}{(S + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2))} \quad (04)$$

em que: R_n é saldo de radiação total diário ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$), obtido pelo balanço de ondas curtas e ondas longas (PEREIRA et al. 1997); G , densidade de fluxo de calor no solo ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$); T_{med} , temperatura média diária do ar a 2 m de altura ($^{\circ}C$); U_2 , velocidade do vento média diária a 2 m de altura ($m\ s^{-1}$); e_s , pressão de saturação do vapor média diária (kPa); e_a , pressão parcial de vapor média diária (kPa); S , declividade da curva de pressão de saturação de vapor no ponto de T_{med} ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$); e γ , coeficiente psicrométrico ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$) (PEREIRA et al. 1997; ALLEN et al. 1998).

Por conseguinte, os coeficientes de cultivo (kc) foram obtidos pelas razões entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração de referência (ET_0), para os principais estádios fenológicos da cultura, nas duas condições (com e sem cobertura morta). Os valores calculados foram plotados para obtenção dos valores médios nos estádios inicial, médio e final, sendo estes estabelecidos com adaptações da escala fenológica proposta por Pereira et al. (2007) para *Ficus citrifolia*, que são: i) fase 1 - entre o transplantio e 20% do desenvolvimento vegetativo (DV); ii) fase 2 - de 20 a 80% DV; e iii) fase 3 - frutificação. Esses valores foram comparados com a evolução da área foliar (cm^2), medida com o integrador fotoelétrico modelo LI-3000 (LICOR).

A eficiência no uso da água (EUA) nos diferentes sistemas de cultivo foram baseadas nas seguintes metodologias: a) cálculo da EUA em kg figos verdes produzidos por m^3 de água aplicada levando em consideração a lâmina irrigada e a precipitação pluviométrica ocorrida (EUA^1); e b) cálculo da EUA em kg de figos verdes produzidos

por m^3 de água aplicada levando em consideração somente à lâmina aplicada pela irrigação (EUA^2) (ZHANG et al. 2005; ERTEK et al. 2006; QIU et al. 2008; SOUZA et al. 2011). As diferenças entre médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As irrigações ocorreram em intervalos variáveis de acordo com a demanda atmosférica (Figura 1), principalmente em função das variações da temperatura e do déficit de saturação, decorrentes das alterações das pressões de vapor d'água no período, que por sua vez, possibilitam uma sazonalidade da umidade relativa do ar média mensal de 69,65% (dezembro) e 38,16% (junho), reduzindo até 15,9% (aos 254 DAT). Os valores da radiação global, que afetam o balanço de energia sobre a cultura, reduziram nos meses de verão em decorrência do aumento da nebulosidade, que podem atingir percentuais médios de 60,7 e 27,0% nos meses de janeiro e agosto (ESCOBEDO et al. 2011). Nesse sentido, foram observados totais mensais de precipitação de 141,8; 289,0; 331,6; 350,5; 179,9; 134,6; 71,7; 39,45; 22,8 e 55,25 entre outubro/2009 e julho/2010, respectivamente.

Segundo Souza et al. (2011), o monitoramento das variações da umidade e do fluxo da água no solo, associado à observação da variação dos elementos climáticos, possibilitaram conhecer e quantificar os componentes do balanço hídrico e estimar a evapotranspiração efetiva da cultura, e posteriormente, os coeficientes de cultivo. Para Teixeira et al. (2005), os diferentes métodos utilizados em medições do conteúdo de água no solo apresentam vantagens e desvantagens que devem ser adequadas as propriedades do solo, tecnologias disponíveis e dos objetivos desejados.

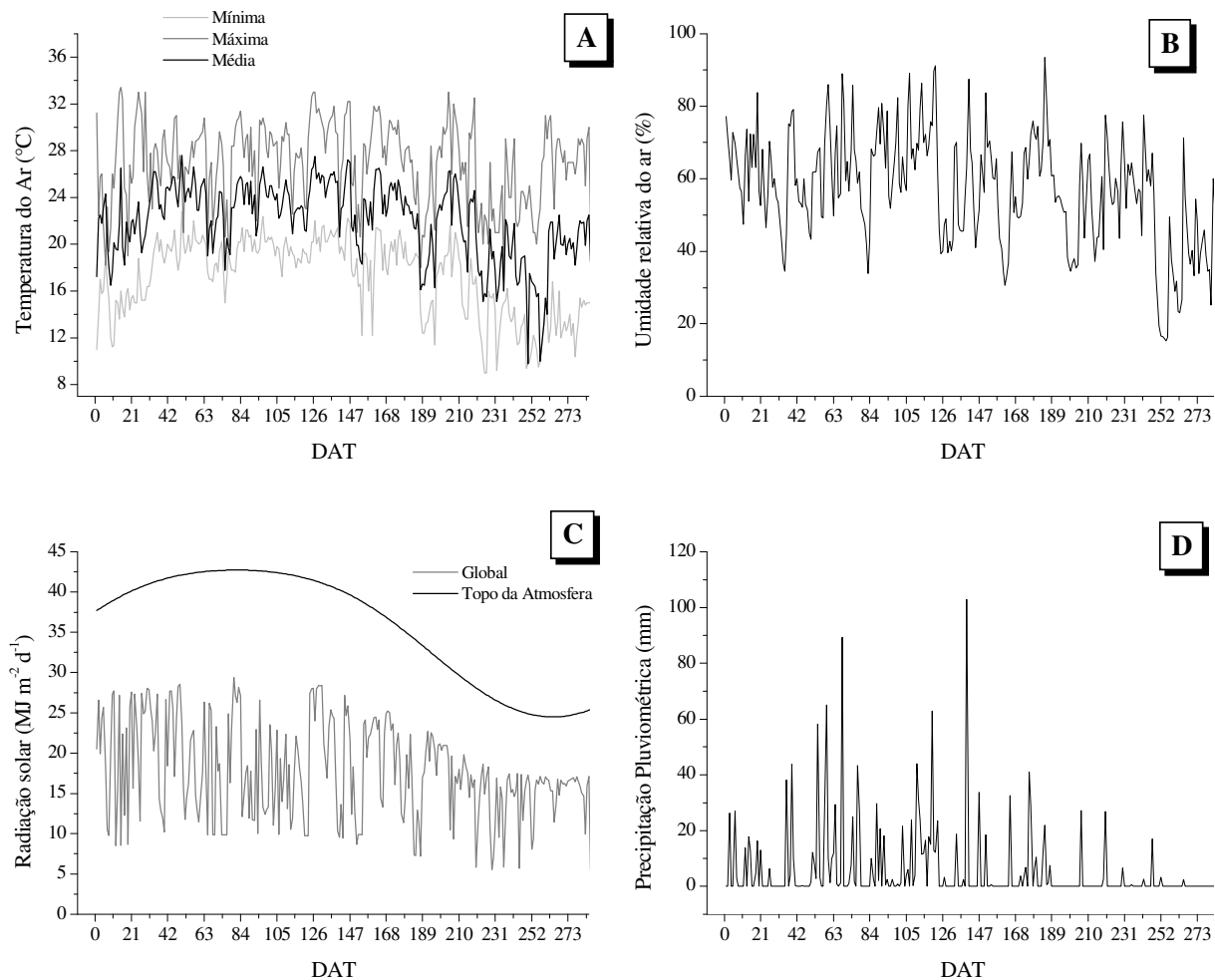


Figura 1. Valores diários da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B), radiação global e no topo da atmosfera (C) e precipitação pluvial (D), entre 01/10/2009 e 19/07/2010, em Botucatu-SP.

Durante os meses de verão, em função dos maiores níveis de precipitação acumulados, o potencial de água no solo nas profundidades de 0,20 e 0,40m não diferiram entre os sistemas de cultivos (Figura 2). Após esse período, observou-se o efeito da irrigação e da cobertura morta, pois com base no manejo de irrigação adotado, a umidade volumétrica se manteve próxima a capacidade de campo. A camada superficial apresentou maior variação do conteúdo de água nos sistemas com irrigação sem cobertura morta (CISC) e com irrigação com cobertura morta (CICC) durante o período seco em decorrência da proximidade com a demanda atmosférica por vapor d'água e da

maior concentração do sistema radicular.

Nos tratamentos sem irrigação, o monitoramento do potencial de água no solo foi prejudicado em função do mau funcionamento dos tensiômetros em valores de ψ_m inferiores a -80 kPa. Segundo Silveira; Stone (2004) a tensiometria apresenta limitada faixa de utilização (limitada pela entrada de ar através da cápsula porosa) e um tempo de resposta influenciado pela sensibilidade do tensiômetro, pelas condutâncias hidráulicas da cápsula porosa e do solo, todavia, podem proporcionar desempenhos satisfatórios para baixas tensões ocorridas nas camadas superficiais (até 0,30m) e insatisfatório para as altas tensões ocorridas a partir de 0,60m de profundidade.

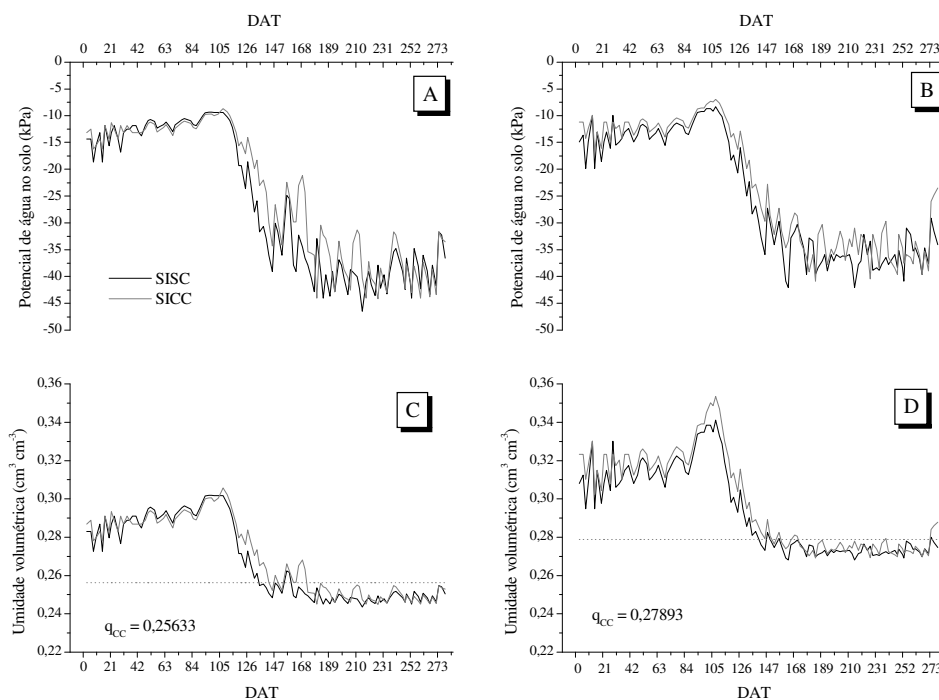


Figura 2. Potenciais de água no solo a 0,20m (A) e 40cm (B) e umidade volumétrica do solo a 20cm (C) e 40cm (D) para a figueira em diferentes sistemas de cultivo.

Os valores da evapotranspiração da cultura acumulados ao longo do ciclo foram de 409,4 e 465,8 mm para a presença e a ausência de cobertura, com médias de 1,47 e 1,67 mm dia⁻¹, respectivamente (Figura 3), com diferenças a partir de 170 DAT. No período avaliado, a ET_0 acumulada foi de 819,1 mm (média de 2,94 mm dia⁻¹), corroborando com os 945,15 mm anuais encontrados por Cunha; Martins (2009) com base no método de Thornthwaite. Esses mesmos autores

verificaram que no balanço hídrico climatológico de Botucatu, SP (entre 1971 e 2006) ocorreram déficit e excedente hídrico de 5,10 e 488,30 mm, respectivamente, com relação entre a evapotranspiração potencial de verão pela evapotranspiração potencial anual igual a 33%, indicando a necessidade de irrigação suplementar entre abril e agosto para correção da distribuição irregular.

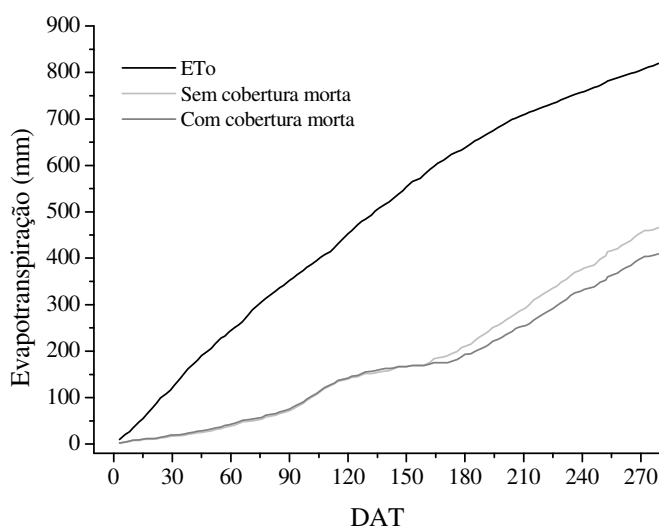


Figura 3. Evapotranspiração acumulada da figueira 'Roxo de Valinhos' e evapotranspiração da cultura de referência, em Botucatu, SP, entre 10/2009 e 07/2010.

Muitos trabalhos com irrigação em figueiras adotaram o manejo da irrigação em função de lâminas fixas (NORBERTO et al., 2001) ou pela evapotranspiração de referência obtida pelo método do Tanque Classe A (HERNANDEZ et al. 1994; TAPIA et al. 2003; FEITOSA et al. 2009; SOUZA et al. 2009; LEONEL; TECCHIO 2010), dificultando assim, comparações quanto ao volume de água aplicado, visto que essa metodologia não considera o volume de solo explorado pela planta. Todavia, para Hernandez et al. (1994) a aplicação de 1700 mm em plantas no terceiro ciclo produtivo possibilitam as maiores produtividades. Já Leonel; Tecchio (2010) aplicaram em plantas com 2 anos de idade, 244, 188, 133 e 130 mm no ciclo 2004/2005 e 231, 201, 176 e 165 em 2005/2006, nas podas realizadas em julho, agosto, setembro e outubro até a colheita, respectivamente. Nesse contexto, Tapia et al. (2003) indicam que em espaçamentos de 6,0 x 4,0m as lâminas suplementares irrigadas para figueiras de três anos são em torno de 220 mm ano⁻¹ (2.200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), equivalente a 17% da evaporação do Tanque Classe A.

Nesse contexto, para a manutenção do conteúdo de água próximo a capacidade de campo, na cobertura morta foram submetidas as menores

lâminas irrigadas, sendo aplicado durante o ciclo, apenas 243,37 mm (Tabela 2), com acionamentos do sistema de irrigação por 83,35 horas. Nesse caso, houve uma redução de 96,81mm quando comparado com a ausência de cobertura. Considerando que as precipitações efetivas também possibilitam a reposição de água no solo na zona do sistema radicular, foram adicionados 161,5 e 166,1 mm, principalmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão), para a ausência e presença de cobertura, respectivamente.

O uso do coeficiente de cultura na agricultura irrigada permite determinar a demanda hídrica para diferentes culturas, entretanto, têm tido pouca extensão em suas aplicações, visto que esse coeficiente varia entre as culturas e ao longo do ciclo produtivo, principalmente na fruticultura. Para Carvalho et al. (2011) quando se utilizam coeficientes de culturas (kc), para estimativa da evapotranspiração de uma cultura qualquer (ETc) é importante identificar a origem de obtenção do Kc e que a estimativa da ETo siga o mesmo método e critérios adotados originalmente na determinação do kc, indicando a necessidade da obtenção e calibração desses coeficientes.

Tabela 2. Distribuição das precipitações pluviais e lâminas de irrigação.

Mês	Precipitação (mm)	Precipitação efetiva (mm)		Lâmina irrigada (mm)		Lâmina efetiva recebida (mm)	
		SC	CC	SC	CC	SC	CC
out/09	141,8	10,22	11,29	-	-	10,22	11,29
nov/09	289,0	16,58	18,67	-	-	16,580	18,67
dez/09	331,6	31,06	31,51	-	-	31,055	31,51
jan/10	350,5	61,57	59,91	-	-	61,57	59,91
fev/10	179,9	35,50	38,77	-	-	35,50	38,77
mar/10	134,6	2,10	2,64	33,29	12,86	35,39	15,50
abr/10	71,7	-	-	77,42	60,07	77,42	60,07
mai/10	39,5	-	-	86,85	75,67	86,85	75,67
jun/10	22,8	-	-	72,74	63,29	72,74	63,29
jul/10	55,3	4,50	3,36	33,98	31,48	38,48	34,84
Total	1616,7	161,52	166,14	304,28	243,37	465,80	409,51

CC: com cobertura morta; SC: sem cobertura morta.

Observou-se pequenas variações do coeficiente de cultura (kc) na fase inicial (Tabela 3) para os dois sistemas de cultivo, com acréscimos de 0,272 (fase II para fase I) e de 0,06 (fase III para fase II). Na literatura não são observadas muitas informações específicas sobre as necessidades hídricas da figueira e especialmente na presença de cobertura morta. Olitta et al. (1979) verificaram na

região de Piracicaba-SP, que a relação entre a produção e a evaporação do Tanque Classe A nos 2 primeiros anos na produção de figo dependia que o fator de evaporação que variasse entre 0,4 e 0,8 para irrigações realizadas uma ou três vezes por semana, respectivamente e ainda encontraram valores de Kc em torno de 0,47, quando a figueira foi irrigada por

gotejamento (HERNANDEZ et al. 1994; FEITOSA et al., 2009; LEONEL; TECCHIO 2010).

Tabela 3. Média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos valores de Kc nos três estádios de crescimento da figueira ‘Roxo de Valinhos’, em Botucatu, SP.

Medidas estatísticas	FASE I	FASE II	FASE III
ETc sem cobertura morta			
Média (Kc)	0,159	0,431	0,490
DP	0,093	0,266	0,220
CV (%)	0,927	7,074	4,133
ETc com cobertura morta			
Média (Kc)	0,176	0,442	0,496
DP	0,096	0,261	0,203
CV (%)	0,865	6,824	4,854

Fase I: entre o transplântio e 20% do desenvolvimento vegetativo; Fase II: de 20% DV a 80% DV; Fase III: frutificação.

Na fase inicial foram observados maiores valores de kc na presença da cobertura morta, que se justifica pela absorção de água realizada pela palhada, fazendo com que fosse necessário maiores lâminas dentro do manejo estabelecido. Rosolem et al. (2003) verificaram que após eventos de chuva simulada, a retenção de água pela palha atingiu 3,0 mm, quando foi utilizada uma cobertura equivalente a 8 t ha⁻¹ de matéria vegetal seca a 60°C. Já Freitas et al. (2004), verificaram reduções na evaporação da água do solo para 10.000 kg ha⁻¹ de matéria seca de milho produzida, nas demandas evaporativas de 8, 6 e 3 mm d⁻¹ iguais a 13, 17 e 25%, respectivamente. A taxa de evaporação da água do solo depende das condições atmosféricas externas, profundidade do solo e pelas propriedades hidráulicas do solo, com posterior inversão, a superfície torna-se seca e a evaporação ocorre abaixo da superfície (JENSEN et al. 1990). Por conseguinte, como o espaço poroso na

cobertura morta é maior do que no solo, após a distribuição da cobertura morta, a interação atmosfera – resíduo vegetal pode aumentar a perda de água e, conseqüentemente, aumentar os valores de kc nesse sistema de cultivo.

As variações da evapotranspiração potencial em uma mesma região, são resultados das interações entre fatores climáticos (radiação líquida, temperatura, umidade relativa do ar e o regime dos ventos), da planta (área foliar, altura e profundidade do sistema radicular) e de manejo (espaçamento, orientação de plantio, capacidade de armazenamento de água no solo e impedimentos físicos e químicos) (PEREIRA et al. 1997). Nesse sentido, observa-se que o índice de área foliar (IAF) foi maior em CICC, com valor pico máximo de 0,1232 m²_{folha} m⁻²_{solo} (176 DAT). A evolução de IAF pode justificar o incremento dos valores de kc nas fases II e III.

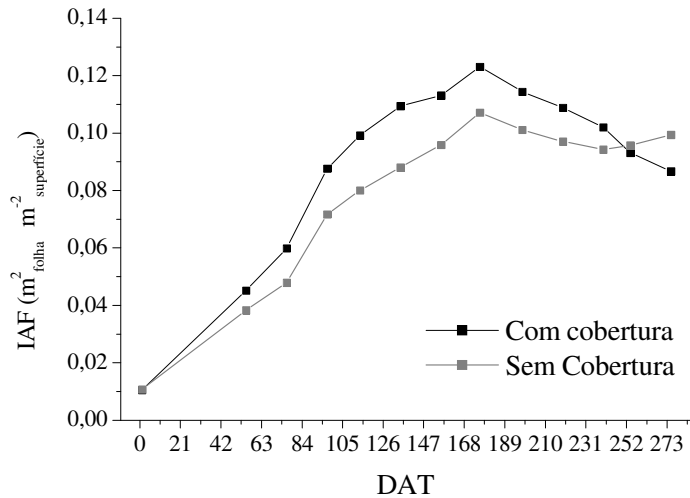


Figura 4. Índice de área foliar da figueira ‘Roxo de Valinhos’ irrigada e cultivada com e sem cobertura morta, em Botucatu, SP.

No primeiro ano de implantação da cultura, a produção de figos verdes foram satisfatórias, em se tratando de plantas na fase de formação, 807 e 503 kg ha⁻¹ para CICC e CISC, indicando que a interação entre cobertura morta e irrigação propiciam incrementos significativos de produção

(Tabela 4). Nesse caso, ocorre um comportamento inverso entre eficiência do uso da água (EUA) e a lâmina de água, com diferenças significativas apenas para a lâmina irrigada, com aumento de 1,67 kg de figos verdes por m³ de água aplicada.

Tabela 4. Produtividade, número de frutos por planta e eficiência do uso da água (EUA) da figueira ‘Roxo de Valinhos’, no primeiro ciclo produtivo, em Botucatu, SP.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Número de frutos planta ⁻¹	EUA ¹	EUA ²
Sem cobertura	502,84 b	19,5 b	1,65 b	1,08 a
Com cobertura	807,00 a	30,0 a	3,32 a	1,97 a
CV (%)	19,04	16,66	19,51	19,25

EUA¹: irrigação; EUA²: irrigação e precipitação pluvial.

Leonel; Tecchio (2010) avaliando o crescimento, a produtividade e a sazonalidade condicionadas pelas épocas de poda e uso ou não da irrigação da figueira ‘Roxo de Valinhos’ evidenciaram o efeito favorável da irrigação (4,15 t ha⁻¹) em comparação com as áreas sem irrigação (1,87 t ha⁻¹), em figueiras com 3 anos de idade. Já Gonçalves et al. (2006) no Norte de Minas Gerais encontraram uma produção de 976 kg ha⁻¹ na poda de setembro a 2.383 kg ha⁻¹ na poda realizada no mês de março, sendo o balanço hídrico fundamental para o desempenho produtivo. Hernandez et al. (1994) em figueiras com 4 anos de idade em Ilha Solteira, SP, identificaram produções de 3582,77 kg ha⁻¹ na ausência de irrigação, sendo a maior produtividade total 17.261,33 kg ha⁻¹ verificada na lâmina total de 1.702 mm. Esses mesmos autores apontam para a necessidade da adoção obrigatória do uso da cobertura morta, quando da ausência de equipamentos de irrigação, pois verificaram um atraso na emissão das brotações pelas plantas não irrigadas, proporcionado pela ausência de chuvas, repercutindo diretamente na produtividade de frutos. Caetano et al. (2005) estudando o efeito do número

de ramos produtivos sobre o desenvolvimento da área foliar e produtividade de figos verdes do cultivar Roxo de Valinhos definiu que a maior produtividade (11,9 t ha⁻¹) observada de figos verdes foi obtida quando as plantas foram conduzidas com 24 ramos, sendo a área foliar média da planta de 6,2 m².

CONCLUSÕES

A evapotranspiração média do primeiro ciclo produtivo da figueira ‘Roxo de Valinhos’ foi de 1,47 e 1,67 mm dia⁻¹ com e sem cobertura morta. Os coeficientes de cultivo (kc) médios foram de 0,16; 0,43 e 0,49 na ausência de cobertura morta e de 0,18; 0,44 e 0,50 na presença de cobertura morta, entre o transplantio e 20% do desenvolvimento vegetativo (DV) (fase I), 20% (DV) e 80% DV (fase II) e frutificação (fase III), respectivamente. A eficiência do uso da água diminui a medida em que aumenta o volume de água recebido, sendo que o manejo com irrigação e cobertura morta permite a obtenção de 3,32 kg de figos verdes por m³ de água irrigada.

ABSTRACT: Evaluated the evapotranspiration (ETc) and the efficiency of water use (USA) by the fig tree ‘Purple Valinhos’ submitted to irrigation and mulching (bagacilho of sugar cane crushed) in the first production cycle, at conditions of Botucatu, St. Paul. We used the method of soil water balance and to obtain the reference evapotranspiration method was used Montheit FAO Penman 56. For the assessment of crop coefficients (kc) we adopted the following phenological distribution: phase 1 - between transplanting and 20% of the vegetative (DV), ii) phase 2 - 20 to 80% DV, and iii) phase 3 - fruiting. Observe the cumulative ETc 409.4 and 465.8 mm in 254 days after transplanting (DAT) and averages of 1.47 and 1.67 mm day⁻¹, with and without mulching (CC and SC). The crop coefficients (kc) mediums were 0.16, 0.43 and 0.49 for SC and 0.18, 0.44 and 0.50 for CC, in phases 1 and 3, respectively. The EUA values decrease with increasing the volume of water received and ranged between 1.65 and 3.32 kg of green figs per m³ of water for irrigated SC and CC.

KEYWORDS: Crop coefficients. Irrigation Management. *Ficus Carica*

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO. 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. F.; SILVA, L. D. B. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n. 2, p. 198-203, 2009.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed atualizada e ampliada. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 2006. 613p.
- BLAIN, G. C.; PIRES, R. C. M. Variabilidade temporal da evapotranspiração real e da razão entre evapotranspiração real e potencial em Campinas, Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 460-470, 2011.
- CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C.; CAMPOSTRINE, E.; SOUSA, E. F.; MURAKAMI, K. R. N.; CEREJA, B. S. Efeito do número de ramos produtivos sobre o desenvolvimento da área foliar e produtividade da figueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 426-429, 2005.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão Analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 363-372, 2007.
- CAMPO DALL'ORTO, F. A.; CANTARELA, H.; RAIJ, B. V.; PIZA JÚNIOR, C. T. Frutas de clima temperado: II. Figo, maçã, marmelo, pêra e pêssego em pomar compacto. In: RAIJ, B. V. et al. (Eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: IAC, 1996. p. 139-140.
- CEPAGRI. CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em: 02 out. 2011.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.
- DALASTRA, I. M.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, M. A.; DALASTRA, G. M. CHAGAS, E. A.; GUIMARÃES, V. F. épocas de poda na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos' em sistema orgânico na região Oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 447-453, 2009.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Trad. de H.R. Gheyi, A.A. de Sousa, F. A. V. Damasceno e J. F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB. 1994. 306p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).
- EMBRAPA. Centro Nacional. Pesquisas em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

- ERTEK, A.; SENSOY, S.; GEDIK, I. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 1-2, p. 159-172, 2006.
- ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Ratios of UV, PAR and NIR components to global solar radiation measured at Botucatu site in Brazil. **Renewable Energy**, Brighton, v. 36, n. 2, p. 169-178, 2011.
- FEITOSA, H. O.; GONÇALVES, F. M.; CARVALHO, C. M.; GUERRA, J. G. M. Influência da adubação orgânica e da cobertura viva em figueira com irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 88-94, 2009.
- FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004.
- GIACOBBO, C. L.; PICOLOTTO, L.; KRÜGER, L. R.; PARISOTTO, E.; TIBOLA, C.; FACHINELLO, J. C. Cultivo da figueira conduzida em quatro diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 43-46, 2007.
- GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. C. O.; LOPES, P. S. N.; SOUZA, M. T. Poda e sistemas de condução na produção de figos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 955-961, 2006.
- JENSEN, M.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332p. (Manuals and reports on engineering practice, 70)
- HERNANDEZ, F. B. T.; SUZUKI, M. A.; CORREA, L. S. Resposta da figueira (*Ficus carica* L.) ao uso da irrigação e nitrogênio na região de Ilha Solteira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 99-104, 1994.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 678-684, 1975.
- LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Épocas de poda e uso da irrigação em figueira 'Roxo de Valinhos' na região de Botucatu, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 571-580, 2010.
- LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Produção da figueira submetida a diferentes épocas de poda e irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1015-1021, 2008.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978. 271p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 25 dez. 2010.
- MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C.; MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 129-135, 2007.
- NORBERTO, P. M.; CHAFUN, N. N. J.; PASCAL, M. Efeitos da época de poda, cianamida hidrogenada e irrigação na produção de figos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1363-1369, 2001.
- OLITTA, A. F. L.; SAMPAIO, V. R.; BARBIN, D. Estudo da lamina e frequência da irrigação por gotejo na cultura do figo. **O Solo**, Piracicaba, v. 71, n. 2, p. 9-22, 1979.

- PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-167, 2011.
- PENTEADO, S. R. O cultivo da figueira no Brasil e no Mundo. In: CORRÊA, L. S. de; BOLIANI, A. C. (Eds.). **Cultura da figueira - do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: FAPESP, 1999. p. 1-16.
- PENTEADO, S. R.; FRANCO, J. A. M. Figo (*Ficus carica* L.). **Manual técnico das culturas**. Campinas: SAA/CATI/DCT, 1997. p.127-139.
- PEREIRA, R. A. S.; RODRIGUES, E.; MENEZES JUNIOR, A. O. Phenological patterns of *Ficus citrifolia* (Moraceae) in a seasonal humid-subtropical region in Southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 188, p. 265-275, 2007.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- QIU, G. Y.; WANG, L.; HE, X.; ZHANG, X.; CHEN, S.; CHEN, J.; YANG, Y. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 148, p. 1848-1859, 2008.
- REICHARDT, K.; TIMM L. C.; **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, p. 323-340, 2004.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 355-362, 2003.
- SILVA, E. N.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do da bananeira no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 203-210, 2009.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 74-82, 2004.
- SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.
- SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J. F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2009.
- TAPIA, R.; BOTTI, C.; CARRASCO, O.; PRAT, L.; FRANCK, N. Effect of four irrigation rates on the growth of six fig tree varieties. **Acta Horticulturae**, v. 605, p. 113-118, 2003.
- TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A. Desempenho do tensiômetro, tdr e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 161-168, 2005.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.
- ZHANG, X.; CHEN, S.; LIU, M.; PEI, D.; SUN, H. Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the north China plain. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p. 783-790, 2005.