

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**CIÊNCIA DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO**

**Manejo da Irrigação na Cultura da Figueira (*Ficus carica* L.) Utilizando o Balanço de Água no Solo**

**Irineu Pedro de Sousa Andrade**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA FIGUEIRA (*FICUS  
CARICA* L.) UTILIZANDO O BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO**

**IRINEU PEDRO DE SOUSA ANDRADE**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Daniel Fonseca de Carvalho**

*e Co-orientação do Professor*  
**Leonardo Duarte Batista da Silva**

Dissertação submetida como  
requisito parcial para obtenção do  
grau de **Mestre em Ciências**, no  
Curso de Pós-graduação em  
Agronomia, Área de Concentração  
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2013

631.432 Andrade, Irineu Pedro de Sousa, 1987-  
A553m Manejo da Irrigação na cultura da Figueira (*Ficus carica* L.) utilizando o balanço de água no solo / Irineu Pedro de Sousa Andrade – 2013.  
54 f. : il.

T

Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo.  
Bibliografia: f. 37-44.

1. Solos – Umidade – Teses. 2. Solos - Manejo – Teses. 3. Solos – Análise – Teses. 4. Solos irrigados – Teses. I. Carvalho, Daniel Fonseca de, 1968-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

**IRINEU PEDRO DE SOUSA ANDRADE**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/02/2013.

---

Leonardo Duarte Batista da Silva. Dr. UFRRJ  
(Co-orientador)

---

Claudinei Fonseca Souza. Dr. UFSCAR

---

Roberto Oscar Pereyra Rossiello. Dr. UFRRJ

Existem tantos neste mundo que não conhecem Jesus  
ou que na falsa ciência se iludem e passam a não crer na cruz.  
E assim se fecham para o amor e assim destroem suas vidas  
enquanto isso nós cristãos guardamos Deus pra nós.

**Sonhar e crer no amor e acreditar no Senhor, transformando  
O mundo, nos trazendo a paz, dando-nos a comunhão  
e seremos irmãos, verdadeiros cristãos, para sempre.**

**Sonhar e crer em Deus, renovando nossas escolas  
levar a todos a palavra de Deus, unir a fé e a razão.  
Somos filhos de Deus, somos frutos do amor  
e da sabedoria divina.**

Em tudo Cristo nos enriqueceu, com todos os seus dons.  
Só nos pede que usemos com amor, em favor do nosso irmão.  
Que sejamos bons profissionais, sempre dóceis ao espírito  
sem cobiça, mas repletos de amor e de saber.

(Música: Sonhar – Ministério Universidades Renovadas)

Aos meus pais Pedro Miguel de Andrade e Antonia M. de Souza Conrado. Por todo aprendizado e educação me formando para todos os desafios que encontrei e irei encontrar, além de todo o carinho e amor incondicional;

A minha querida irmã Camila Souza de Andrade por todos os momentos felizes que já passamos juntos e por toda a sua torcida;

A minha doce amada Natiele Moura Ferreira por todo o seu amor, carinho, amizade, compreensão e apoio, durante a fase final desta etapa.

## **DEDICO**

*A DEUS, meu guia e  
consolador, companheiro  
de todos os momentos.*

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, por sempre acreditar em mim, em momentos que nem eu mesmo acreditava, por iluminar os meus passos dia após dia conduzindo-me sempre no caminho da verdade, do amor e da justiça;

Aos meus pais Pedro e Antonia por todo o seu amor e educação que me ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje;

A minha irmã Camila que sempre me apoio em todos os momentos e pelo seu bom humor movida com a sua alegria sempre presente;

A todos os meus primos, em especial a minha prima Jéssica a “prima nerd” da família pelas trocas de experiência e convívio, mesmo que distante;

A todos os meus familiares que sempre foram a base sólida para a minha caminhada e que sempre acreditaram em mim;

A minha namorada Natiele Ferreira, presente de Deus na minha vida, por todo o seu carinho, compreensão e apoio em todos os momentos. Muito obrigado e Te amo;

A toda a família da Natiele, em especial os seus pais Marcos e Sandra e irmãos João Pedro e Marcos Paulo, por toda a acolhida e o apoio durante o nosso tempo juntos;

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, minha “segunda casa” que me acolheu durante os seis anos em que passei aqui;

Ao curso de Pós Graduação em Agronomia - Ciência do Solo pela oportunidade oferecida. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida;

Aos professores Daniel Fonseca de Carvalho e Leonardo Duarte Batista da Silva, por toda a orientação, amizade, confiança e ensinamentos nesses anos;

Ao professor Jonathas Batista Gonçalves Silva pela troca de experiência, conselhos e ajuda no experimento;

Aos funcionários da fazendinha pela amizade e ajuda no experimento;

A todos os meus amigos dos grupos de pesquisa GPASSA e Embio que contribuíram de alguma forma para a realização deste experimento: Wilk, Hermes, Lucas, Daniela, Luizinho, Selma, Hugo, Fabíola, Eduardo (Miro), Guilherme, Vagner, Carol, Thaís, Gilda, Carina e Geuzimar;

Aos amigos do GOU Renascer pelos inúmeros momentos que passamos juntos e pela amizade sincera que encontrei em todos. Deus abençoe cada um de vocês.

A todos que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui contribuindo para a realização deste trabalho. Meu muito obrigado.

## RESUMO

ANDRADE, Irineu Pedro de Sousa. **Manejo da irrigação na cultura da figueira (*Ficus carica* L.) utilizando o balanço de água no solo.** 2013. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamentos de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2013.

A água é um dos principais fatores de produção, podendo restringir o desenvolvimento agrícola de uma região caso ocorra irregularidade no fornecimento de água pelo regime pluviométrico ou por irrigação. O conteúdo de água no solo se caracteriza como um dos principais constituintes do sistema solo-água-planta-atmosfera, sendo muito utilizado num manejo eficiente da irrigação. Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito do manejo da irrigação no desenvolvimento e na produtividade da figueira, bem como avaliar as suas necessidades hídricas em dois tipos de solos e sob diferentes intervalos de irrigação em condições tropicais. O estudo foi realizado na área experimental do SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ, no período de julho/2011 a maio/2012. A área de 1.014 m<sup>2</sup> é cultivada com figo (var. Roxo de Valinhos) desde 2008, e o monitoramento teve início após a segunda poda de frutificação. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo e por meio de análise do solo, foi possível dividir a área experimental em dois blocos distintos, denominados B1 (textura argilosa) e B2 (textura arenosa). A cultura foi irrigada por gotejamento, utilizando 3 emissores por planta. Além das classes texturais de solo (B1 e B2), foram avaliados dois turnos de rega (TR): 2 dias (T1) e 4 dias (T2), além do tratamento sem irrigação (T3). O manejo da irrigação foi realizado com a técnica da TDR, tomando como referência a umidade do solo correspondente à capacidade de campo: 0,226 (B1) e 0,172 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> (B2). Para isso, instalaram-se sondas nas profundidades de 0,15 m e 0,30 m onde foram realizadas regularmente as leituras da constante dielétrica aparente do solo (ka). Com base em dados meteorológicos coletados em uma estação automática instalada na área experimental, foi possível calcular a ETo, que totalizou 1160,7 mm no período. A precipitação totalizou 1.079,9 mm, concentrados em dezembro-janeiro e março-abril. As lâminas de irrigação foram de 476,15 (B1T1); 381,39 (B1T2); 511,61 (B2T1) e 230,50 mm (B2T2). O crescimento das plantas não foi afetado significativamente em relação ao turno de rega, diferindo apenas no tipo de solo avaliado. A cultura apresentou kc médio de 0,70; 0,68; 0,55 e 0,46 para B1T1, B2T1, B1T2, B2T2, respectivamente. A produtividade média estimada apresentou diferença significativa entre os tratamentos, variando de 5.126 kg ha<sup>-1</sup> (B2T3) a 11.021 kg ha<sup>-1</sup> (B1T1), onde as plantas do bloco B1 obtiveram uma produtividade média 40% superior com relação às plantas do bloco B2. Este estudo sinaliza para a importância do turno de rega, sob diferentes características físicas do solo, no manejo da irrigação da figueira.

**Palavras chave:** Umidade do solo. TDR. Turno de rega. Gotejamento.

## ABSTRACT

ANDRADE, Irineu Pedro de Sousa. **Irrigation management on the fig trees (*Ficus carica* L.) using the soil water balance.** 2013. 44 p. Dissertation. (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

Water is a major factor of production, which may restrict the development of an agricultural region in the event of irregularity in water supply by rainfall or irrigation. The soil water content is characterized as a major constituent of the soil-water-plant-atmosphere system, being widely used in efficient irrigation management. This work aimed to study the effect of irrigation management in the development and productivity of the fig tree, and to assess their water requirements in two soil types and under different irrigation intervals in tropical conditions. The study was carried out in the experimental area of “SIPA” (Integrated system of organic production), located in the town of Seropédica (RJ), Brazil, from July/2011 to May/2012. The fig culture (var. Purple Valinhos) is cultivated since 2008, in an area of 1,014 m<sup>2</sup>, and the monitoring began after the second fructification pruning. The soil is classified as an Ultisol (*Argissolo Vermelho Amarelo*) and through soil analysis, it was possible to divide the experimental area in two distinct blocks, called B1 (clayey texture) and B2 (sandy texture). The crop was irrigated by drip irrigation system using 3 emitters per plant. Besides the soil textural classes (B1 and B2), two irrigation frequencies were evaluated: 2 days (T1) and 4 days (T2), and without irrigation treatment (T3). Irrigation management was carried out with the TDR technique, taking as reference the soil moisture corresponding at field capacity: 0.226 (B1) and 0.172 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> (B2). For this, probes were installed at depths of 0.15 m and 0.30 m, allowing regular readings of the apparent dielectric constant of the soil ( $\epsilon_a$ ). Based on weather data collected in an automatic station installed in the experimental area, it was possible to calculate ETo, which totaled 1160.7 mm in the period. Rainfall totaled 1079.9 mm, concentrated in December-January and March-April. The irrigation depths applied were 476.15 (B1T1); 381.39 (B1T2); 511.61 (B2T1) and 230.50 mm (B2T2). Plant growth did not differ significantly with respect to irrigation frequency, differing only in the type of soil evaluated. The culture showed kc average of 0.70, 0.68, 0.55 and 0.46 for B1T1, B2T1, B1T2, B2T2, respectively. The estimated average productivity presented significant difference between treatments, ranging from 5,126 kg ha<sup>-1</sup> (B2T3) to 11,021 kg ha<sup>-1</sup> (B1T1), where block B1 trees presented 40% higher productivity when compared with block B2 trees. These results indicate the importance of irrigation frequency under different soil physical characteristics in irrigation management of fig tree.

**Keywords:** Soil moisture. TDR. Irrigation frequency. Drip irrigation.

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Composição mineralógica do solo e valores de densidade para os blocos 1 e 2.....   | 10 |
| <b>Tabela 2.</b> Análise de retenção de água no solo.....   | 10 |
| <b>Tabela 3.</b> Análise química do solo da área experimental. ....   | 10 |
| <b>Tabela 4.</b> Dados mensais do manejo de irrigação e de precipitação para o primeiro ciclo de avaliação. ....  | 28 |
| <b>Tabela 5.</b> Coeficientes de cultivo para cada tratamento irrigado e tipo de solo.....  | 30 |
| <b>Tabela 6.</b> Equações de Regressão para o crescimento de ramos no modelo polinomial de segundo grau e valores de $R^2$ para os tratamentos analisados. .... | 31 |
| <b>Tabela 7.</b> Comprimento médio dos ramos (cm) da figueira de cada tratamento e tipo de solo. ....   | 32 |
| <b>Tabela 8.</b> Número médio de entrenós da figueira de cada tratamento e tipo de solo avaliado. ....  | 32 |
| <b>Tabela 9.</b> Número médio de Frutos da figueira de cada tratamento e tipo de solo avaliado...   | 35 |
| <b>Tabela 10</b> Produção média dos frutos de figo (g por planta) de cada tratamento e tipo de solo avaliado. ....  | 35 |
| <b>Tabela 11.</b> Produtividade média estimada ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ) de cada tratamento e tipo de solo avaliado. ....  | 35 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Detalhe da disposição dos gotejadores na cultura.....  | 11 |
| <b>Figura 2.</b> Disposição da linha de derivação e das linhas laterais de irrigação na área experimental.....  | 12 |
| <b>Figura 3.</b> Croqui da disposição do sistema de irrigação na área estudada (a) e cabeçal de controle do sistema de irrigação (b).....                     | 12 |
| <b>Figura 4.</b> Disposição dos tratamentos, blocos (tipos de solo) e repetições na área experimental.....  | 13 |
| <b>Figura 5.</b> Detalhe do equipamento TDR no campo para o monitoramento da umidade do solo. ....  | 14 |
| <b>Figura 6.</b> Bacias de calibração de umidade instaladas na área experimental. ....  | 14 |
| <b>Figura 7.</b> Instalação e teste das sondas de TDR no campo.....   | 15 |
| <b>Figura 8.</b> Poda de frutificação da figueira com o uso da tesoura de poda (a) e a planta depois de realizada a prática (b). ....                         | 18 |
| <b>Figura 9.</b> Torta de mamona (a) e aplicação da torta de mamona na projeção da copa da cultura (b).....   | 19 |
| <b>Figura 10.</b> Pasta utilizada no controle da broca da figueira ( <i>Azochis gripusalis</i> ) (a) e planta após a aplicação da pasta (b).....              | 20 |
| <b>Figura 11.</b> Folhas da figueira contaminada pela ferrugem ( <i>Cerotelium fici</i> ) (a) e antracnose ( <i>Colletotrichum gloesporioides</i> ) (b). .... | 20 |
| <b>Figura 12.</b> Medição do comprimento dos ramos e contagem do número de folhas.....  | 21 |
| <b>Figura 13.</b> Identificação do ramo selecionado para a análise de crescimento (a) e planta com os ramos selecionados (b). ....                            | 21 |
| <b>Figura 14.</b> Padrão de colheita do figo (a) e interior do figo colhido com 35 mm de diâmetro (b).....  | 22 |
| <b>Figura 15.</b> Dados climáticos referentes à temperatura máxima, mínima e umidade relativa média, durante o primeiro ciclo de manejo da cultura.....       | 23 |
| <b>Figura 16.</b> Dados meteorológicos observados durante o primeiro ciclo em estudo da cultura. ....   | 24 |
| <b>Figura 17.</b> Modelos de calibração de umidade do solo para o bloco 1 (a) e para o bloco 2 (b). ....  | 24 |
| <b>Figura 18.</b> Variação da umidade do solo antes da irrigação, para todos os tratamentos nos blocos 1 (a) e 2 (b). ....                                    | 26 |
| <b>Figura 19.</b> Lâminas de irrigação aplicadas em cada tratamento durante o ciclo da cultura....  | 26 |
| <b>Figura 20.</b> Lâmina total aplicada durante o primeiro ciclo de avaliação.....  | 27 |
| <b>Figura 21.</b> Coeficientes de cultivo (kc) mensal dos tratamentos irrigados.....  | 27 |
| <b>Figura 22.</b> Análise de crescimento não destrutiva das plantas de figo para o comprimento de ramos (a) e número de folhas por ramo (b).....              | 31 |
| <b>Figura 23.</b> Produtividade total estimada dos tratamentos ao final do ciclo produtivo .....  | 33 |
| <b>Figura 24.</b> Produtividade mensal estimada dos tratamentos avaliados nos Blocos 1 (a) e 2 (b). ....  | 34 |

## SUMÁRIO

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                | <b>2</b>  |
| 2.1       | A Cultura da Figueira ( <i>Ficus carica</i> L.) .....            | 2         |
| 2.2       | A Água na Agricultura.....                                       | 4         |
| 2.3       | Manejo da Irrigação .....  | 5         |
| 2.4       | Monitoramento da Água no Solo.....                               | 7         |
| <b>3.</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                  | <b>9</b>  |
| 3.1       | Caracterização da Área Experimental.....                         | 9         |
| 3.2       | Sistema de Irrigação.....  | 10        |
| 3.3       | Caracterização dos Tratamentos .....                             | 12        |
| 3.4       | Monitoramento da Variação do Armazenamento de Água no Solo ..... | 13        |
| 3.5       | Calibração e Instalação das Sondas de TDR. ....                  | 14        |
| 3.6       | Manejo da Irrigação .....  | 15        |
| 3.7       | Coleta dos Dados Climáticos .....                                | 16        |
| 3.8       | Necessidades Hídricas da Cultura.....                            | 17        |
| 3.9       | Manejo da Cultura .....  | 17        |
| 3.9.1     | Poda de frutificação.....  | 18        |
| 3.9.2     | Adubação nitrogenada.....  | 18        |
| 3.9.3     | Controle fitossanitário .....                                    | 19        |
| 3.10      | Avaliação da Cultura.....  | 21        |
| 3.10.1    | Análise de crescimento das plantas .....                         | 21        |
| 3.10.2    | Avaliação de produção .....                                      | 22        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                              | <b>23</b> |
| 4.1       | Dados Climáticos .....   | 23        |
| 4.2       | Modelos de Calibração de Umidade no Solo.....                    | 24        |
| 4.3       | Monitoramento da Umidade do Solo.....                            | 25        |
| 4.4       | Irrigações Realizadas .....                                      | 26        |
| 4.5       | Necessidades Hídricas da Cultura.....                            | 27        |
| 4.6       | Avaliação da Cultura .....                                       | 30        |
| 4.6.1     | Análise de crescimento das plantas .....                         | 30        |
| 4.6.2     | Produção .....   | 32        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>   | <b>36</b> |
| <b>6.</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                          | <b>37</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos principais fatores do desenvolvimento das culturas, podendo se constituir num fator restritivo ao desenvolvimento agropecuário caso ocorra irregularidade do regime pluviométrico da região ou do fornecimento de água por irrigação. Assim sua preservação é de extrema importância para a manutenção dos ecossistemas de cada localidade.

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática que tem possibilitado a obtenção de produtos de melhor qualidade, além de maior produtividade e estabilidade na produção de alimentos. Esta prática favoreceu a expansão de áreas cultivadas com diversas culturas de interesse agrônomo e permitiu o cultivo em áreas limitadas pelas condições pluviométricas. Dessa forma, o estudo de princípios básicos para a realização de um bom manejo de água é imprescindível para que a agricultura irrigada possa ser considerada sustentável e socialmente viável em uma região.

Para um manejo adequado e eficiente da irrigação, é indispensável dispor de informações tais como a condição hídrica do solo e a evapotranspiração da cultura, para, dessa forma, aplicar a quantidade de água necessária e no tempo correto. Nesse sentido, o monitoramento da água no solo se torna numa importante ferramenta para um manejo eficiente do uso da água de irrigação, tendo o conteúdo volumétrico de água no solo como um dos constituintes mais importantes no sistema solo-água-planta-atmosfera, sendo muito utilizado na avaliação e no monitoramento dos sistemas hidrológicos.

O monitoramento do conteúdo de água do solo tem sido uma prática cada vez mais importante nas atividades agrícolas, tanto pelo fato de lidar com a parte de racionalização do uso da água, bem como, economia com gastos de energia elétrica, e prevenção de doenças em plantas. Este monitoramento por sua vez, possibilita ao produtor saber qual profundidade umedecer e como se comporta o crescimento das raízes em função da demanda hídrica. Várias são as formas de se monitorar o conteúdo de água do solo, sejam por métodos diretos, como o gravimétrico, ou por métodos indiretos, como os baseados na tensão da água no solo ou na determinação da constante dielétrica aparente do solo ( $k_a$ ). A técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) vem se tornando ao longo dos anos em um dos métodos mais utilizados na pesquisa e experimentação agrônoma para a determinação do conteúdo de água no solo (Topp et al., 1980), além da possibilidade de determinação da condutibilidade elétrica dos solos, visando o monitoramento das condições de salinidade da solução do solo (Souza et al., 2006).

Poucos são os trabalhos na literatura que tratam do manejo da irrigação em culturas de clima de origem subtropical no Brasil, e especificamente para a cultura da figueira, os trabalhos científicos se tornam escassos em todo o globo. Assim o presente estudo teve como hipótese científica de que plantas de figo cultivadas em solos de textura argilosa e irrigadas com menores turnos de rega apresentam melhor resposta na produtividade de frutos verdes quando comparadas com plantas cultivadas em solo de textura arenosa.

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito do manejo da irrigação no desenvolvimento e na produtividade da figueira, bem como avaliar as suas necessidades hídricas em dois tipos de solos e sob diferentes intervalos de irrigação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A Cultura da Figueira (*Ficus carica* L.)

A figueira (*Ficus carica* L.), da família das moráceas, é originária da Ásia Menor e da Síria, de onde se dispersou pelos países da Bacia Mediterrânea (Nogueira, 1995) sendo uma das espécies mais antigas cultivadas no mundo. No Brasil, é cultivada, principalmente, nas regiões sul e sudeste, tendo como principal cultivar a variedade Roxo de Valinhos (Penteado, 1999).

A figueira é uma das espécies frutíferas de grande expressão econômica e com grande expansão mundial, pois apesar de ser considerada uma espécie de clima temperado, apresenta boa adaptação a diferentes tipos de clima e solo. Considerada uma planta rústica, há relatos de produções significativas da figueira em regiões temperadas, como no Rio Grande do Sul, e em regiões áridas tropicais. A região semiárida com irrigação é favorável ao cultivo da figueira, tendo em vista que a frutificação ocorre de forma escalonada, em talhões diferentes, o ano inteiro, possibilitando a produção de frutos na entressafra (Resende et al., 1994).

O figo é cultivado em mais de 20 países e o Brasil é o 10º produtor mundial com uma produção de 27.727 toneladas, produção esta, inferior aos países árabes, como a Turquia com 254.838 toneladas, o Egito com 184.972 toneladas, e a Argélia com 99.100 toneladas (FAO, 2012). Segundo a IBRAF (2012), a produção brasileira de figo em 2009 representou uma participação na produção brasileira de frutas de 0,06% com uma área de 3.072 hectares. Atualmente, o país ocupa o terceiro lugar na exportação brasileira de frutas temperadas com 1,64 mil toneladas, depois da maçã com 112,25 mil toneladas e da uva com 82,24 mil toneladas (AGRIANUAL, 2010).

As razões para os bons resultados produtivos e comerciais obtidos no País com a figueira, que é atualmente uma das mais importantes frutíferas de clima temperado cultivadas, estão estreitamente associadas à sua grande adaptação climática e rusticidade (Pio et al., 2007). Outra razão são os fins de aproveitamento agrônômicos dos subprodutos, que além da utilização nobre dos frutos in natura, ocorre também o aproveitamento dos frutos verdes na fabricação de doces, das folhas na fabricação de bebidas fermentadas, ramos como propágulos e a extração da enzima proteolítica ficina (Alvarenga et al., 2007).

Segundo Dalastra et al. (2009), a fim de aumentar a área de cultivo da figueira, uma alternativa para os ficicultores, seria a produção orgânica de figos verdes voltada para o processamento industrial, buscando, assim, melhores preços frente à agregação de valores. Atualmente, se percebendo o aumento do interesse pelos consumidores de produtos agrícolas produzidos, sem o uso de produtos químicos decorrentes da exploração convencional de plantas hortícolas. A fruticultura orgânica ainda se encontra incipiente, o que resulta em oferta muito irregular de produtos nas prateleiras dos supermercados e nas feiras. No entanto, o crescimento do mercado brasileiro para os produtos orgânicos tem sido significativo, estimado em 30% no ano de 2005 com frutos e hortaliças orgânicas, o que representou em 2% do total comercializado pelas redes de supermercados no País (Dalastra et al., 2009).

De acordo com Pereira (1981), a figueira adapta-se a diferentes tipos de solo, mas os mais apropriados são os de textura argilo-arenosa, bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH entre 6,0 e 6,8. Em solos mal drenados podem ocorrer podridões de raízes e, nos excessivamente secos, a planta permanece em estado de repouso, desenvolvendo poucas folhas e não produzindo frutos (Infoagro, 2013). Também responde de forma muito favorável às aplicações de matéria orgânica do solo. Segundo Caetano & Carvalho (2006), dos benefícios da utilização da adubação orgânica na cultura da figueira, a melhoria das

propriedades físicas do solo, o fornecimento de nutrientes e o aumento da população de organismos nematófagos do solo podem ser considerados os mais importantes.

Segundo Caetano (2006), o cultivo da figueira em regiões de clima quente tem-se mostrado uma alternativa viável em face do bom desenvolvimento das plantas e de boas produtividades. Neste enfoque, buscam-se informações quanto à adaptação da figueira nestas regiões, já que se trata de uma planta de clima temperado, cujo centro de origem predomina o clima mediterrâneo, caracterizado como um subtipo de clima temperado, com variação de temperatura no mês mais frio entre 18° C e -3° C, com verões secos e quentes, e invernos frios e chuvosos. Para Almeida & Silveira (1997), essa cultura tem seu melhor desenvolvimento na faixa de temperatura média, de 20 a 25° C, sendo o desenvolvimento vegetativo retardado em temperaturas inferiores a 15° C. Por conseguinte, a maioria dos pomologistas considera a figueira como uma espécie de planta intermediária de zona temperada (Vossen & Silver, 2000).

Por ser uma planta de clima temperado, a figueira requer poda hiberna que geralmente é realizada no final do inverno, próximo à época da brotação, uma vez que a produção é obtida nos ramos novos, ou do ano, emitidos no mesmo ciclo. Assim sendo, promove-se a eliminação quase que total da copa formada no ciclo anterior, onde os ramos são reduzidos a 10-15 cm, de forma a ficarem com pelo menos duas gemas em suas extremidades voltadas para fora da planta para formação da nova copa (Abrahão et al., 1997). Chalfun et al. (1998), afirmam que a época de poda pode variar de maio a novembro, com o objetivo de, respectivamente, acelerar ou retardar a época da colheita, conforme as condições climáticas e o desenvolvimento da planta.

Bezerra et al. (1986) estudaram a influência do número de ramos na produção de figos verdes na cv. Roxo de Valinhos, no vale do São Francisco, PE. O número total de figos verdes aumentou com a elevação do número de ramos até 32, decrescendo quando este foi aumentado para 48. O peso médio dos frutos não foi afetado.

A viabilidade do cultivo e os efeitos da época de poda (março, abril, julho e agosto) e do número de ramos (24, 36 e 48) sobre o desenvolvimento da figueira cv. Roxo de Valinhos e a produção de figos verdes em Selvíria, MS, foram estudadas por Santos & Corrêa (1998). Utilizando plantas com oito anos de idade, cultivadas no espaçamento 3 x 2 m e irrigadas por microaspersão, verificaram que as podas realizadas em março ou julho, conduzindo a planta com 36 ramos, proporcionaram as maiores produções por planta e por área. A antecipação da poda possibilitou a obtenção de figos verdes com maior peso, comprimento e diâmetro médio. A poda em março resultou em colheitas antecipadas, com a produção de frutos na entressafra (julho a outubro). Com o aumento do número de ramos aumentou a distância entre os frutos.

A produtividade de figueiras submetidas a diferentes épocas de poda na região de Bauru (SP) foi avaliada por Fumis et al. (2002). Obtiveram os melhores resultados com podas em maio e junho, mais precoces em relação à comumente realizada em São Paulo, em agosto.

Leonel & Tecchio (2010) avaliando o efeito da poda de frutificação nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, com e sem o uso de irrigação, encontraram no mês de agosto, com o uso da irrigação, a época mais favorável para a realização da poda, na região de Botucatu, SP. Quando o cultivo foi conduzido em sequeiro, os melhores resultados foram obtidos nos meses de julho e agosto para os dois ciclos em estudo (2004/05 e 2005/06) e para o mês de setembro para o primeiro ciclo. Os autores ainda ressaltam que a prática da irrigação teve um maior número de colheitas e ampliação do ciclo produtivo.

Em regiões tradicionais de cultivo, como no sul e sudoeste de Minas Gerais, a colheita do figo verde inicia em novembro, estendendo-se até maio do ano subsequente. Essas condições impostas pela região permitem uma maior concentração da safra, principalmente nos meses de fevereiro a abril (Abrahão et al., 1997).

Quanto às pragas e doenças, Chalfun et al. (1998) afirmam que os principais problemas fitossanitários da figueira são a ferrugem (*Cerotelium fici*), a broca da figueira (*Azochis gripusalis*), a antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) e as podridões de frutos maduros, causadas pelos fungos *Phytophthora sp.* e *Rhizopus sp.*

## 2.2 A Água na Agricultura

A disponibilidade mundial do recurso água é cada vez mais preocupante e, sobretudo com o seu intenso uso na irrigação, se torna cada vez mais necessária adoção de técnicas criteriosas, visando a obtenção de altos níveis de uniformidade e eficiência no uso da água. Para atender a essas exigências, as preocupações com a qualidade da irrigação se fazem necessárias tanto na fase de planejamento como no manejo e operação dos sistemas irrigados.

A água é um insumo fundamental para o desenvolvimento das plantas, para qualquer tipo de sistema de produção. A extensão de seu efeito no crescimento das raízes e da planta como um todo depende de como é aplicada, da permeabilidade do solo regularmente umedecido, das condições físicas relacionadas ao movimento da água para a planta, além da interação entre estes fatores e a necessidade hídrica da planta nos diferentes estágios fenológicos (Albuquerque & Durães, 2008).

A grande quantidade de água requerida para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas (Azevedo et al., 1999; Freitag, 2007), pois apesar do alto consumo de água, a agricultura irrigada constitui uma forma eficiente de produzir alimento.

Em todo o planeta, a agricultura irrigada é considerada fator fundamental para a produção de alimentos, sendo responsável por quase metade da produção agrícola mundial. É uma técnica muito utilizada e que, em algumas regiões do globo terrestre, concorre diretamente com a indústria e abastecimento público pelo uso da água, tornando-se motivo de preocupação, pois o volume utilizado é demasiadamente grande (Chopart et. al., 2007; Queiroz et. al., 2008).

De acordo com Calzadilla et al., (2010), a agricultura irrigada se destaca dentre os diversos usos dos recursos água e solo, pois, apesar de todos os benefícios econômicos e sociais a ela associados, demanda grande quantidade de água, com aproximadamente 70% da água doce consumida no planeta, além de muitas de suas práticas preconizarem o uso excessivo de produtos que podem contaminar o solo e as próprias fontes de água, inviabilizando seus usos para as futuras gerações. Assim, a constante diminuição da qualidade e da disponibilidade dos recursos hídricos tem se tornado cada vez mais agravante.

A irrigação é uma prática que beneficia o aumento da produção de alimentos, fixa o homem no campo, gera empregos diretos e indiretos e contribui para o crescimento econômico. Por outro lado quando não praticada corretamente ocasiona prejuízos ao ambiente dentre os quais se destacam a salinização dos solos, captação excessiva de água de mananciais e lixiviação de solutos. Segundo Folegatti et al. (2003), o excesso da irrigação geralmente reduz a produtividade e a qualidade da produção, podendo provocar o crescimento excessivo da planta, o retardamento da maturação dos frutos, a lixiviação dos nutrientes solúveis, queda de flores, maior ocorrência de doenças e distúrbios fisiológicos, maiores gastos com energia e o desgaste do sistema de irrigação.

O manejo inadequado da cadeia da irrigação, ocorre por uma causa mais cultural do que técnica (Queiroz, 2007). Culturalmente, o produtor rural irriga em excesso com receio que a planta sofra algum estresse hídrico. Consequentemente, esta atitude irá propiciar perdas de água e de nutrientes pela lixiviação abaixo da zona radicular, além de contribuir para a criação de um ambiente favorável à proliferação de microrganismos patogênicos. Em contrapartida, em irrigações com déficit a lâmina de água atingirá apenas as camadas

superficiais do solo, diminuindo a reserva hídrica na zona radicular, o que prejudica o crescimento de raízes. Payero et al.(2006) ao estudar a comparação de diferentes estratégias de irrigação no estado do Nebraska (EUA), observou uma grande perda de água no manejo feito pelos próprios agricultores em comparação as outras estratégias utilizadas, ocorrendo perdas de água tanto por escoamento superficial quanto por percolação profunda.

A expansão da agricultura irrigada se tornará uma questão preocupante, devido ao elevado consumo e às restrições de disponibilidade de água. A nível mundial, a expansão da área agrícola sem irrigação é restrita, pela dificuldade de se encontrar solos que não apresentem riscos ambientais e até mesmo pela inexistência de solos aptos. Para a agricultura irrigada, a expansão da área no mundo torna-se mais difícil devido às restrições de disponibilidade de recursos hídricos, às mudanças climáticas, às dificuldades econômicas e à degradação dos solos (Paz et al., 2000). Sendo assim, o manejo de irrigação deve ser considerado prática importante para o uso racional deste recurso, evitando desperdícios e otimizando a produção agrícola. Além disso, conservar os recursos hídricos contribui para a sustentabilidade do meio produtivo e minimiza os danos causados ao meio ambiente.

### **2.3 Manejo da Irrigação**

A irrigação tem como função principal corrigir o déficit hídrico do solo, permitindo à planta manter um contínuo fluxo de água e nutrientes do solo para as raízes e parte aérea, favorecendo os processos de crescimento, desenvolvimento, floração e frutificação, o que pode se converter em aumento de produtividade e melhoria da qualidade do produto colhido (Coelho et al., 2011).

A adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é fundamental para a sustentabilidade do meio ambiente, de tal forma que se possa, economicamente, manter ao longo do tempo esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção dos níveis satisfatórios para a produtividade dos cultivos. Para um eficiente manejo da água de irrigação é fundamental conhecer a disponibilidade de água no solo para as plantas. A qual é quantificada em função da demanda de água da planta e da atmosfera e pela intensidade de fluxo de água do solo para as raízes (Reichardt & Timm, 2004).

Parizi (2007) salienta que no Brasil, a agricultura utiliza cerca de 50% da água disponível e, de acordo com Queiroz et al. (2005), a grande maioria dos usuários não utiliza qualquer tipo de estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação, sendo o monitoramento automático dos sistemas ainda incipiente. Segundo Mantovani et al. (2006), tal problema ocorre em razão de três fatores principais: a) pouca utilização de critérios técnicos de manejo de água na maioria das áreas irrigadas; b) informações escassas e incompletas de critérios para manejo de água; c) uso de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação de água.

Carvalho & Oliveira (2012) enfatizam o uso correto da água de irrigação, utilizando-a de maneira racional, aplicando a água às plantas na medida certa e no momento mais adequado. Segundo os autores, a prática do “quando e quanto” irrigar constitui a base de um manejo de irrigação, mas mesmo assim não é uma tarefa fácil, pois exige o acompanhamento da cultura no campo dia a dia, identificando, portanto, a real necessidade hídrica do cultivo. A etapa do manejo da irrigação é uma etapa que envolve tomada de decisão e, portanto, de extrema importância para o uso racional dos recursos hídricos.

O quanto de água a aplicar é normalmente calculado com base no consumo da cultura, dividida pela eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. A quantidade consumida pela cultura pode ser determinada por meio da evapotranspiração da cultura (ETc), observando sempre que a quantidade de água a ser aplicada por irrigação tem que ser compatível com a capacidade de retenção de água na zona radicular da cultura. A questão de

quando irrigar, que é um dos pontos mais importantes no manejo da irrigação, pode ser determinada pela medição da deficiência de água na planta, pelos sintomas desta deficiência, pela disponibilidade de água no solo, pela evapotranspiração real, pelo turno de rega ou pelo balanço de água no solo (Bernardo et al., 2006).

O manejo da irrigação realizado empiricamente, sem o controle do conteúdo de água do solo ou conhecimento da ETc, pode resultar em insucesso da atividade agrícola, reduzindo a produtividade da cultura, além de aumentar os custos de produção com maior uso de energia, desperdício de nutrientes, doenças e outros gastos acarretados por irrigações excessivas ou deficitárias. Assim, o estudo do monitoramento das condições de solo e clima durante o desenvolvimento da planta, aliado ao conhecimento sobre a cultura permite aplicar, com maior precisão, a quantidade requerida de água e no momento oportuno.

A necessidade hídrica de uma cultura, havendo disponibilidade de água no solo, é dependente das condições atmosféricas locais. A quantidade de água aplicada por irrigação deve otimizar a evapotranspiração da cultura em condições de irrigação total ou suplementar. Além disso, o manejo de água pode ser requerido para atender a outras finalidades secundárias, como a lixiviação do excesso de sais para além do sistema radicular das culturas, a aplicação de fertilizantes e agroquímicos, a proteção das plantas contra geadas, o resfriamento do solo e das plantas e a germinação de sementes (Martin & Gilley, 1993).

A quantidade de água a ser aplicada por meio do manejo de irrigação pode ser determinada a partir de indicadores na planta; na atmosfera (evapotranspiração da cultura) e no solo, como na determinação do conteúdo de água do solo ou pelo seu balanço hídrico.

Dentre os parâmetros no manejo da irrigação via solo, a umidade do solo constitui-se num dos parâmetros básicos dentro do sistema solo-água-planta-atmosfera, na avaliação e no monitoramento dos sistemas hidrológicos. Assim, o acompanhamento da umidade do solo nesse sistema é imprescindível para o manejo eficiente da irrigação das culturas.

A umidade no solo constitui-se numa das variáveis mais importantes nos processos de troca entre o solo e a atmosfera, bem como para estudos de infiltração, de drenagem, de condutividade hidráulica e de irrigação, entre outros. Além disso, é uma variável indispensável para o entendimento de muitos processos hidrológicos que estão envolvidos em uma grande variedade de processos naturais (geomorfológicos, climáticos, ecológicos, etc.) que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais (Entin et al., 2000).

O solo é considerado um reservatório, contendo água, nutrientes e oxigênio, sendo ainda o ambiente onde proliferam microrganismos que interagem com as plantas e com o próprio meio. Variações da umidade do solo devem ser mantidas dentro de limites que favoreçam a absorção de água e nutrientes pelas plantas, bem como a aeração e a atividade microbiana, indispensável à decomposição da matéria orgânica e à estruturação do solo (Marouelli et al., 2011).

O uso eficiente da água na irrigação pode ser obtido a partir do balanço de água no solo, que contabiliza, até a profundidade explorada pelas raízes, todos os fluxos entrada e saída de água em um volume de solo estabelecido. Tais fluxos decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação e evapotranspiração) e do próprio movimento da água entre os diferentes horizontes do solo (Rossato et al., 2004). Para uma adequada disponibilidade de água aos cultivos, o conteúdo de água no solo deve estar sempre entre limites desejáveis à planta. Além da umidade, medidas de evaporação, chuva, lâmina percolada ou drenada e lâmina aplicada por irrigação devem também ser consideradas, visando um melhor aproveitamento de água, nutrientes e energia.

Outro aspecto a ser considerado com relação ao manejo de irrigação, além da escolha do método de manejo a ser utilizado, é o turno de rega ou intervalo entre irrigações, que pode ser variável ou prefixado. A utilização do turno de rega variável seria o mais desejável para a cultura, visto que o solo é um reservatório limitado de água e a demanda hídrica das culturas

(ETc) é variável ao longo do ciclo de desenvolvimento e em função das variações climáticas (Marouelli et al., 2011). Entretanto, segundo Bernardo et al. (2006), existem situações em que o turno de rega fixo é recomendado, como por exemplo, em projetos de irrigação de múltiplos usuários, com capacidade limitada de atender toda a área irrigada. Marouelli & Guimarães (2006) comentam ainda que o conhecimento antecipado do calendário de irrigações, predefinindo turnos de rega para cada estágio da cultura, possibilita que as práticas culturais e outras atividades na propriedade possam ser antecipadamente planejadas.

A adoção de um maior ou menor intervalo de irrigação vai depender de inúmeros critérios técnicos, operacionais, das condições climáticas e do solo da região, além da maior ou menor exigência da cultura a ser implantada. Ertek et al. (2004) ao avaliar a produção da abobrinha com o manejo do Tanque Classe A, obtiveram a maior produção utilizando o menor turno de rega de 5 dias, entretanto, pela área se situar na região do mediterrâneo e sofrer com eventuais períodos de escassez hídrica, a utilização do menor valor do coeficiente do tanque deve ser adotado. Ao contrário, Wan & Kang (2006) trabalhando com frequências de irrigação que tinham tratamentos que iam desde irrigações diárias até intervalos de oito dias, não encontraram diferenças significativas no crescimento e no desenvolvimento do rabanete. Apesar disso, os autores recomendam irrigar na planície norte da China uma vez a cada três dias, por esse intervalo ter obtido a melhor distribuição das raízes e qualidade de mercado.

Diversas estratégias de manejo têm sido utilizadas em regiões com grande escassez de água e baixo índice pluviométrico. Intrigliolo et al. (2012) ao avaliarem o efeito de árvores de romã irrigado com déficit de irrigação durante três anos de estudo no sudeste da Espanha concluíram que a aplicação de 50% da ETc não proporcionou qualquer impacto negativo no rendimento da fruta voltada para indústria. Estudando o efeito de irrigações deficitárias na produção de frutas frescas e de óleo em oliveiras, Iniesta et al. (2009) concluíram que os tratamentos com déficit de irrigação, que foram em média 25% do total aplicado ao tratamento controle, causaram maior redução na produção de frutas frescas e no crescimento vegetativo das oliveiras. Porém a produção de óleo para a fabricação de azeite teve uma redução de apenas 15%.

## **2.4 Monitoramento da Água no Solo**

A necessidade do uso racional dos recursos hídricos, aliado ao avanço da eletrônica, tem contribuído para a intensificação dos estudos do monitoramento da água no solo. O conhecimento do conteúdo de água no solo é importante na dinâmica de solutos, calor, gases e da própria água no solo. A otimização do uso da irrigação, baseado na melhoria de informações sobre o conteúdo de água do solo, pode evitar o desperdício do recurso água observado em diversas situações. Para isto, a determinação *in situ* do conteúdo de água no solo é de grande interesse (Lacerda et al., 2005).

O uso da instrumentação voltada para a obtenção de informações sobre o sistema água-solo é muito importante. Um método ideal de quantificação da água do solo deve basear-se numa propriedade física dependente apenas do seu conteúdo, produzindo uma resposta direta, rápida e confiável.

Para a execução de um bom manejo do sistema de irrigação, a umidade do solo tem sido um dos parâmetros determinados com maior frequência nos projetos de irrigação. Visto isso, diversos métodos podem ser utilizados para medir a umidade do solo visando à determinação da disponibilidade de água às plantas. Os principais métodos são: o padrão da estufa, que fornece de forma direta os valores de umidade no solo, e os indiretos, que tomam como base medidas da moderação de nêutrons, da resistência do solo à passagem de uma corrente elétrica, da constante dielétrica do solo e da tensão da água no solo (Teixeira & Coelho, 2005).

Entre os indicadores com base no solo de mais baixo custo para manejo de água em áreas de produção, estão os métodos do tato-aparência, gravimétrico direto (padrão de estufa) e das pesagens (Bernardo et al., 2006). O método gravimétrico direto é tido como referência para comparação e calibração de todos os outros métodos indiretos de determinação do conteúdo de água no solo. Sua desvantagem para fins de manejo de água é fornecer o resultado da umidade do solo somente 24 horas após a sua amostragem (Gardner, 1986).

A TDR apresenta algumas vantagens, principalmente pela precisão, possibilidade de multiplicação de leituras, repetição sem destruição da amostra de solo, por ser uma prática segura e extremamente sensível às variações de umidade do solo (Topp et al., 1980). Além de permitir a coleta automática dos dados se torna possível a automação do sistema de irrigação (Andrade et al., 1998) e sua aplicação no desenvolvimento de métodos para a determinação da condutividade hidráulica do solo (Melo Filho, 2003). Entretanto, é importante considerar que a utilização deste equipamento também apresenta algumas limitações, como seu elevado custo atual e a necessidade de calibração específica para cada tipo de solo (Souza & Matsura, 2002) associado à grande quantidade de sensores que devem ser instalados na área, quando se deseja monitorar várias profundidades.

A TDR baseia-se no efeito da umidade do solo sobre a velocidade de propagação de pulsos de microondas em cabos condutores envoltos por solo. Esse fenômeno se deve à diferença entre as constantes dielétricas, ( $K_a$  [adimensional]), da água, do ar e do material sólido do solo. Na matriz do solo, as constantes dielétricas variam entre 1 e 81. O ar possui valor mínimo igual a 1, as partículas sólidas variam entre 3 e 5, e a água possui o valor máximo de 81 (Noborio, 2001). Segundo Miranda (2001), a velocidade de propagação de uma onda de energia é medida em hastes paralelas inseridas no solo que por sua vez é dependente do conteúdo de água existente. O tempo de propagação do pulso de micro-ondas na haste é proporcional à permissividade do solo ou constante dielétrica, que está relacionada ao conteúdo de água no solo (Reichardt & Timm, 2004).

Inúmeros trabalhos científicos têm sido realizados com o uso da técnica do TDR no manejo da irrigação durante estes últimos anos. Souza et al. (2011a) realizaram o manejo da irrigação em pimentão (*Capsicum annuum* L.), por meio do balanço de água no solo, com utilização da técnica TDR. Carvalho et al. (2011) utilizaram sondas de TDR para determinar as lâminas de irrigação no cultivo de beterraba (*Beta vulgaris*). Camposeo & Rubino (2003) avaliaram a influência de frequência de irrigação na absorção de água na raiz da beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera*) ao longo do perfil do solo, entre outros autores que têm utilizado a técnica com sucesso no manejo da irrigação.

A medição do conteúdo de água no solo por meio de métodos dielétricos vem sendo utilizada com mais frequência por apresentar, entre outras vantagens, medições instantâneas, requererem pouca ou nenhuma manutenção e por permitirem o fornecimento de leituras contínuas (Cardenas-Lailhacar & Dukes, 2010). Uma dessas técnicas é a Reflectometria no Domínio do Tempo – TDR (Time Domain Reflectometry), cuja aplicação na determinação de propriedades físicas do solo foi introduzida por Topp et al. (1980). Seu princípio de funcionamento baseia-se na medida do tempo de propagação de um pulso de frequência de micro-ondas, emitido ao longo de uma haste de aço inox, de comprimento conhecido, inserida no solo (Tommaselli & Bacchi, 2001; Santana et al., 2006). Este tempo de propagação depende do conteúdo de água do solo, sendo relacionado à constante dielétrica aparente do solo ( $k_a$ ) (Faria, 1998), que depende do conteúdo de água entre as sondas (Topp, 2003; Blonquist et al., 2005). Portanto, a técnica permite monitorar a evolução do umedecimento no solo e, conseqüentemente, determinar o conteúdo de água em função da constante dielétrica aparente do solo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área Experimental

O trabalho foi desenvolvido na área do SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), também conhecido como Fazendinha Agroecológica km 47. O SIPA é fruto de um convênio entre a EMBRAPA Agroecologia, a UFRRJ e a PESAGRO – RIO. A Fazendinha Agroecológica está inserida na região da baixada fluminense, no município de Seropédica, RJ, entre os meridianos 43 40'00'' e 43 41'10'' de longitude oeste de Greenwich e os paralelos de 22 44'30'' e 22 45'30'' de latitude Sul. Com uma área total de 59 ha, é caracterizada como uma área destinada à experimentação agrícola sob o manejo agroecológico. De acordo com Carvalho et al. (2006), o clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen, com temperaturas elevadas e chuvas no verão e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C.

Uma área de 1.014 m<sup>2</sup> encontrava-se ocupada com a cultura da figueira (*Ficus carica* L.), variedade Roxo de Valinhos. O plantio da cultura foi realizado no dia 22 de dezembro de 2008 e até o momento, foram realizadas três podas de formação na figueira, sendo a primeira no dia 26/05/2009, a segunda em 06/10/2009 e a terceira em 12/01/2010. Realizada as podas de formação, foi possível antecipar a primeira poda de frutificação, ocorrendo no dia 10/08/2010. O presente estudo teve início após a segunda poda de frutificação ocorrida em 06/07/2011, iniciando, portanto, o primeiro ciclo em estudo na área. No dia 05/06/2012, com o término da colheita, ocorreu a terceira poda de frutificação iniciando-se o segundo ciclo de avaliação da cultura.

Na área de cultivo ocorre uma mudança textural no solo, com um decréscimo da fração mineral argila correspondendo a um pequeno declive na superfície da área experimental. O solo desta área experimental foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (Almeida et al., 2003). Desta área, 780 m<sup>2</sup> corresponde à área experimental, que fora caracterizada a partir de um grid de amostragens de solo com a finalidade de se determinar, com precisão, a variação das condições físico-hídricas do solo na área. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-0,15 e 0,15-0,30 m, que se caracteriza pela camada de maior influência do sistema radicular da cultura, uma vez que o mesmo é fibroso e, em geral, pouco profundo (Rigitano, 1955).

A caracterização física da área foi realizada por meio de análise granulométrica (Tabela 1) e a caracterização hídrica por meio da elaboração de curvas características de retenção de água no solo. De posse dos resultados preliminares, foi possível dividir a área experimental em dois blocos distintos, denominados como B1 e B2. Na Tabela 1 são apresentados os valores das densidades do solo e de partículas e os teores da fração mineral do solo nas duas camadas e para as duas classes texturais avaliadas. Na porção mais elevada do terreno ocorre maior participação da fração mineral argila (B1) e na parte inferior encontra-se um solo com uma textura mais arenosa (B2).

A amostragem de solo da área foi realizada por meio da coleta de amostras deformadas utilizando um trado de rosca, sendo o material encaminhado para o Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde, além da análise granulométrica e da determinação dos pontos da curva de retenção de água no solo, foram realizadas análises de densidade do solo (método da proveta) e densidade das partículas. Para a análise de retenção, foram utilizados os potenciais matriciais correspondentes a 0 (saturação), -10, -30, -100 e -1.500 kPa (Tabela 2). Os pontos de saturação e de -10 kPa foram determinados por meio da mesa de tensão e os demais pelo extrator de Richards.

**Tabela 1.** Composição mineralógica do solo e valores de densidade para os blocos 1 e 2.

| Solo/Camada<br>(m)     | Areia | Silte | Argila | Classe Textural       | Densidade           | Densidade     |
|------------------------|-------|-------|--------|-----------------------|---------------------|---------------|
|                        |       |       |        |                       | do solo             | de partículas |
|                        |       |       |        | dag kg <sup>-1</sup>  |                     |               |
|                        |       |       |        |                       | kg dm <sup>-3</sup> |               |
| B <sub>1</sub> /0-0,15 | 71    | 8     | 21     | Franco-Argilo-Arenosa | 1,27                | 2,71          |
| B <sub>1</sub> /0-0,30 | 70    | 6     | 24     | Franco-Argilo-Arenosa | 1,24                | 2,69          |
| B <sub>2</sub> /0-0,15 | 81    | 6     | 13     | Franco-Arenosa        | 1,32                | 2,70          |
| B <sub>2</sub> /0-0,30 | 79    | 6     | 15     | Franco-Arenosa        | 1,34                | 2,72          |

**Tabela 2.** Análise de retenção de água no solo

| Tipo de solo | Camada (m)    | Potencial matricial (kPa)        |       |       |       |       |
|--------------|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|              |               | 0                                | 10    | 30    | 100   | 1500  |
|              |               | cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> |       |       |       |       |
| Bloco 1      | (0-0,15 m)    | 0,446                            | 0,227 | 0,192 | 0,152 | 0,117 |
|              | (0,15-0,30 m) | 0,427                            | 0,224 | 0,192 | 0,148 | 0,109 |
| Bloco 2      | (0-0,15 m)    | 0,330                            | 0,167 | 0,132 | 0,106 | 0,082 |
|              | (0,15-0,30 m) | 0,355                            | 0,172 | 0,134 | 0,106 | 0,088 |

Amostras de solo também foram coletadas na área do experimento nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, a fim de se realizar a caracterização química deste. Após coletadas, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, sendo em seguida encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade e Rotina do Departamento de Solos da UFV. As análises foram realizadas segundo metodologia proposta por EMBRAPA (1999). Na Tabela 3 apresentam-se os resultados da análise de caracterização química do solo antes do início do experimento.

**Tabela 3.** Análise química do solo da área experimental.

| Textura do Solo | Prof (cm) | pH               | Al         | H+Al             | Ca    | Mg    | P                | K   | MO   |
|-----------------|-----------|------------------|------------|------------------|-------|-------|------------------|-----|------|
|                 |           | H <sub>2</sub> O | -----cmolc | dm <sup>-3</sup> | ----- | ---mg | dm <sup>-3</sup> | --- | dag  |
| B1              | 0-15      | 5,80             | 0,00       | 2,7              | 2,79  | 0,33  | 146,1            | 116 | 1,55 |
| B1              | 0-30      | 6,16             | 0,00       | 1,9              | 2,50  | 0,40  | 139,4            | 108 | 0,90 |
| B2              | 0-15      | 5,00             | 0,49       | 3,5              | 1,44  | 0,14  | 140,3            | 74  | 0,90 |
| B2              | 0-30      | 5,55             | 0,00       | 2,7              | 1,48  | 0,20  | 39,0             | 64  | 0,90 |

### 3.2 Sistema de Irrigação

A área experimental foi irrigada por gotejamento, utilizando 3 gotejadores por planta, com vazão nominal de 8,0 L h<sup>-1</sup> a cada um dos emissores, totalizando 24 L h<sup>-1</sup> aplicado por planta. Após sua instalação foram realizados testes de uniformidade e de vazão a fim de avaliar o sistema de irrigação por gotejamento, por meio do cálculo da uniformidade de emissão (UE), expressa na equação 1:

$$UE = 100 \cdot \frac{q_{25}}{\bar{q}} \quad (1)$$

em que:  $q_{25}$  = vazão média dos 25% dos gotejadores com menor vazão, L h<sup>-1</sup>; e

$\bar{q}$  = vazão média dos gotejadores, L h<sup>-1</sup>.

A metodologia utilizada para o cálculo da UE foi proposto por Keller & Karmeli (1975), que recomendam a obtenção da vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou

seja, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e o último gotejador. As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, devem ser a primeira, as situadas a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral.

A fim de quantificar a distribuição de água pelo emissor, foram utilizados em cada ponto da linha lateral, três coletores, dispostos próximos à planta. Após cada irrigação de tempo conhecido foi realizada a coleta de água e determinada a lâmina aplicada com auxílio de uma proveta. A quantificação da distribuição de água e da vazão média pelos emissores do sistema se torna necessária já que nem sempre os valores encontrados de vazão são exatamente os mesmos indicados pelos fabricantes.

A área experimental foi inicialmente irrigada utilizando 2 gotejadores por planta. No entanto, em virtude do crescimento inicial reduzido das plantas, possivelmente em razão de um estresse hídrico provocado pela proximidade acentuada de apenas 2 gotejadores, foi adicionado mais um emissor por planta (Figura 1), a fim de aumentar o perímetro molhado por planta favorecendo o desenvolvimento lateral do sistema radicular da cultura. A Figura 1 destaca a disposição dos 3 gotejadores por planta.

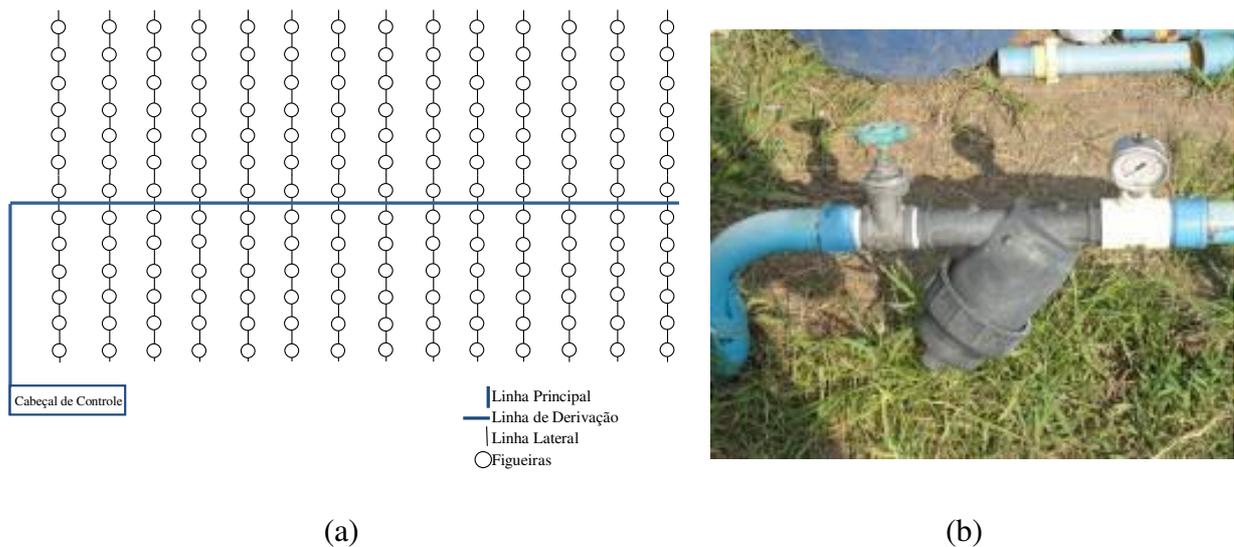


**Figura 1.** Detalhe da disposição dos gotejadores na cultura.

O sistema de irrigação era composto por uma linha de derivação colocada no centro médio da área com desnível, e as linhas laterais em nível (Figura 2). O sistema ainda apresenta um cabeçal de controle, contendo um filtro de discos, além de um manômetro e uma válvula de gaveta (Figura 3).



**Figura 2.** Disposição da linha de derivação e das linhas laterais de irrigação na área experimental.



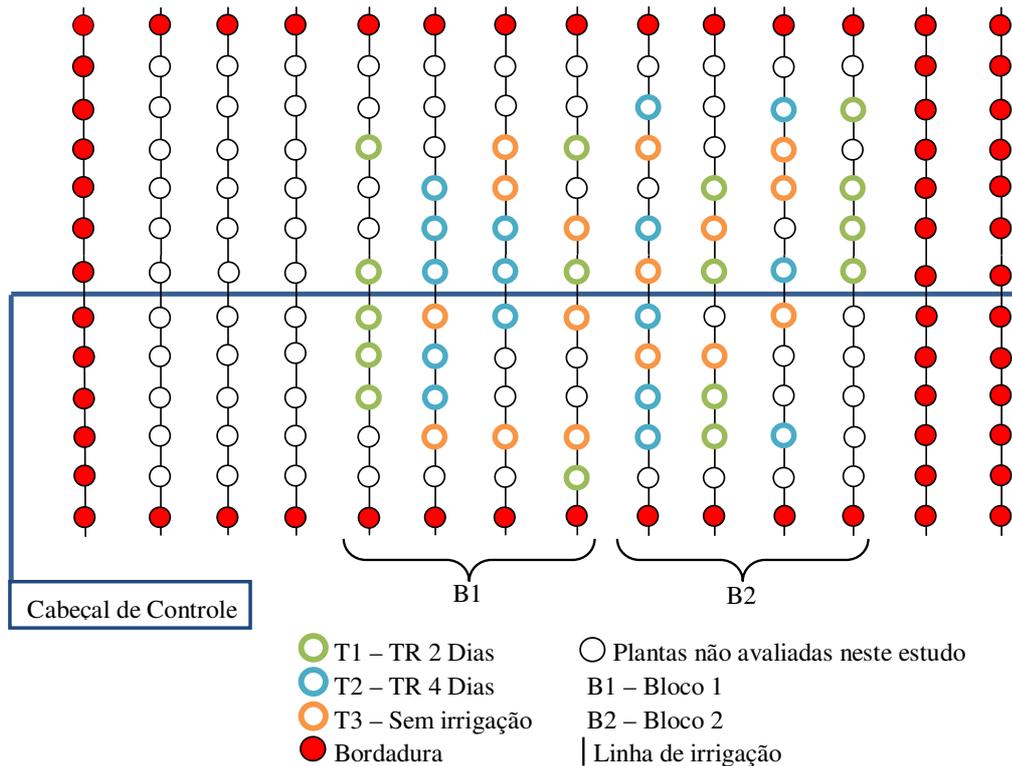
**Figura 3.** Croqui da disposição do sistema de irrigação na área estudada (a) e cabeçal de controle do sistema de irrigação (b).

### 3.3 Caracterização dos Tratamentos

Com base nos resultados da curva de retenção e da análise granulométrica, foram avaliados dois fatores, correspondendo a duas classes texturais de solo (textura Franco-Argilo-Arenosa - B1 e Franco-Arenosa - B2) e três turnos de rega (intervalos entre irrigações de 2 dias - T1, 4 dias - T2 e tratamento sem irrigação - T3). Para a avaliação entre os níveis dos fatores foram realizadas três análises estatísticas: na primeira análise, foi adotado o delineamento em blocos casualizados, considerando-se os tipos de solo como bloco na análise de variância devido os níveis do mesmo não terem sido casualizados e por funcionarem como blocos para os turnos de rega; nesta análise foram comparadas as médias gerais dos dados encontrados em cada tipo de solo e dos turnos de rega. Em uma segunda análise de variância,

foram comparados os turnos de rega para cada tipo de solo, adotando delineamento inteiramente casualizado com 8 repetições. Na terceira avaliação, não foi realizada uma análise de variância, porém foi adotado o intervalo de confiança (IC) a 95% de probabilidade na comparação dos tipos de solo para cada turno de rega, pelo mesmo motivo das classes texturais de solo não apresentarem casualização.

O croqui experimental com a disposição dos tratamentos na área em estudo é apresentado na Figura 4. Cada unidade experimental (planta útil) representa uma área de 6,0 m<sup>2</sup>. Os tratamentos estudados no presente trabalho começaram a ser empregados em 25/07/2011.



**Figura 4.** Disposição dos tratamentos, blocos (tipos de solo) e repetições na área experimental.

### 3.4 Monitoramento da Variação do Armazenamento de Água no Solo

O manejo do sistema de irrigação foi realizado com a técnica da TDR, utilizando o equipamento TDR100<sup>®</sup> (Campbell Scientific)<sup>1</sup>, o qual necessitou de um computador, que equipado com o software PCTDR, permite a visualização da resposta do sinal eletromagnético no solo e, conseqüentemente, do valor da constante dielétrica aparente (ka). O equipamento é composto por um gerador de pulsos, cabo coaxial, conectores e sondas. O aparelho utilizado apresenta ainda um multiplexador com oito entradas que permitem a leitura instantânea de oito sondas, ou mais conforme o número de multiplexadores a serem instalados. O equipamento é revestido por uma caixa metálica que permite o seu transporte no campo sem comprometer a sua funcionalidade (Figura 5).

<sup>1</sup> Referências à marca registrada não constituem endosso por parte do autor.



**Figura 5.** Detalhe do equipamento TDR no campo para o monitoramento da umidade do solo.

### **3.5 Calibração e Instalação das Sondas de TDR.**

A calibração das sondas foi realizada com base em leituras diárias de “ka” e a respectiva determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico. As amostras foram coletadas em uma bacia de calibração que foi previamente umedecida (Figura 6). Essas amostras foram levadas para estufa com temperatura de 105 °C por 24 horas, e após cálculo dos teores da umidade com base em peso, eram multiplicados pela densidade do solo obtido na área a fim de se conhecer a umidade volumétrica ( $\theta$ ). De posse dos dados de  $\theta$  e ka, foram obtidas equações de ajuste para cada profundidade avaliada, mediante análise de regressão linear simples.



**Figura 6.** Bacias de calibração de umidade instaladas na área experimental.

A instalação das sondas TDR foi realizada ao longo de toda a área experimental, nos três tratamentos e dentro de cada bloco, nas profundidades de 0,15 m e 0,30 m onde foram realizadas as leituras da ka. Foi construída uma “bacia” de calibração de umidade para cada bloco da área experimental situados nas entrelinhas das plantas de figueira. Cada “bacia” de umidade possuía um conjunto de sondas instaladas nas profundidades avaliadas. As sondas foram instaladas na posição horizontal na projeção da copa da planta, perpendicular ao sentido da linha lateral do sistema de irrigação (Figura 7). Foram instaladas sondas ao longo da área com três repetições para cada tratamento de forma aleatória. A construção de todas as

sondas de TDR utilizadas no experimento foi realizada no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia da UFRRJ.



**Figura 7.** Instalação e teste das sondas de TDR no campo.

### 3.6 Manejo da Irrigação

Com as leituras médias de  $k_a$ , para cada profundidade e tratamento, foram utilizadas as equações de calibração, possibilitando conhecer as umidades volumétricas instantâneas (equação 2). A lâmina de irrigação para os tratamentos foi calculada por meio do balanço direto de água do solo, determinando a quantidade de água a ser aplicada para que a umidade do solo, determinada pela TDR, atinja a umidade correspondente à capacidade de campo (equação 3).

$$\theta_{\text{atual}} = (A + B * k_a) \quad (2)$$

$$\text{IRN} = (\theta_{\text{cc}} - \theta_{\text{atual}}) Z \quad (3)$$

em que:

$\theta_{\text{atual}}$  = umidade volumétrica atual do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

A e B = parâmetros matemáticos obtidas na regressão linear (constantes);

$k_a$  = constante dielétrica do solo;

IRN = irrigação real necessária (mm);

$\theta_{\text{cc}}$  = umidade volumétrica do solo correspondente à capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

Z = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm).

Como o manejo da irrigação é realizado diretamente com o valor da umidade atual, não é necessário utilizar o fator disponibilidade (f), utilizado em cálculos de demanda hídrica e que varia de acordo com o tipo de cultura e a fase fenológica que esta se encontra.

Por meio dos valores médios de umidade por tratamento e profundidade foram calculadas as lâminas de água armazenadas no solo e, em seguida, realizados os cálculos das lâminas a serem aplicadas. De posse dos dados de IRN para cada tratamento é calculada, em seguida, a irrigação total necessária (ITN) que considera as perdas de água durante a

aplicação. Para o cálculo da ITN é considerada a eficiência do sistema de irrigação ( $E_a$ ), determinada previamente por meio do teste de uniformidade (equação 4).

$$ITN = \frac{IRN}{E_a} \quad (4)$$

Devido ao fato da irrigação localizada não molhar toda a área, se faz necessária uma correção para a estimativa correta da quantidade da água aplicada pelo emissor, considerando a área molhada ou sombreada pela cultura. Para isso, a ITN se torna ITN localizada ( $ITN_{Loc}$ ), pela multiplicação de um fator de localização ( $K_L$ ):

$$ITN_{Loc} = ITN \cdot K_L \quad (5)$$

O fator de localização é calculado em função da fase de desenvolvimento da cultura, do espaçamento, da área molhada e da área sombreada (Mantovani et al., 2006). O  $K_L$  admite valores menores ou iguais a 1, obtendo geralmente valores de 0,2 a 1,0. Para o cálculo do  $K_L$  foi utilizada a metodologia proposta por Keller & Bliesner (1990):

$$K_L = 0,1 \sqrt{P} \quad (6)$$

em que P é a porcentagem de área sombreada (PAS) ou molhada (PAM), prevalecendo o maior valor (Mantovani et al., 2006).

No início do tratamento foi usada a PAM para o cálculo do  $K_L$ , pois todas as plantas sofreram a poda de frutificação para o início de um novo crescimento vegetativo para a formação dos futuros ramos produtivos na safra 2011/2012 e novamente, no início do segundo ciclo de avaliação após a segunda poda de frutificação para a safra 2012/2013. Assim, a área molhada pelos 3 gotejadores era superior à área sombreada pela cultura. Com o desenvolvimento vegetativo dos ramos, a área sombreada passou a ser superior à área molhada pelos emissores, sendo utilizada então, a PAS.

Com os valores da ITN localizada, é calculado o tempo de irrigação para cada bloco/tratamento a partir da intensidade de aplicação ( $I_a$ ) do emissor, que foi determinada pelo produto do número de gotejadores por planta pela vazão do gotejador, após a realização do teste de uniformidade do sistema de irrigação. O resultado deste produto é dividido pela área ocupada pela planta, para ter então, o tempo de irrigação para cada bloco/tratamento estudado.

A aplicação de água no tratamento T3 (não irrigado) foi realizada apenas pela precipitação, sendo o armazenamento de água no solo monitorado da mesma forma como realizado para T1 e T2.

### 3.7 Coleta dos Dados Climáticos

O monitoramento agrometeorológico foi realizado por uma estação automatizada localizada ao lado da área em estudo. A estação possui sensores de radiação solar global incidente (piranômetro Kipp & Zonen, modelo SP-LITE-L), velocidade e direção do vento (anemômetro, 033001-L RM YOUNG instalado a 2 m de altura) e temperatura e umidade relativa do ar (Vaisala, modelo HMP45C-L), além de um pluviógrafo (Globalwater, GL400-1-1). Todos os sensores estão conectados a um datalogger (modelo CR23X - Campbell Scientific), que coleta os dados a cada segundo, com registro de valores médios a cada 2 minutos. Além disso, na estação há um tanque Classe A para a estimativa da ETo.

### 3.8 Necessidades Hídricas da Cultura

O manejo da irrigação por meio do balanço de água no solo teve o seu início no dia 21 de julho de 2011, após a realização da irrigação para elevar a umidade inicial para a umidade corresponde à capacidade de campo, tendo início a partir daí, o manejo da irrigação na cultura.

Com o uso do balanço de água no solo foi possível a realização do cálculo da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) que é a quantidade de água transferida para a atmosfera por meio da evaporação da superfície do solo e da água interceptada pelas plantas, e da transpiração proporcionada por uma determinada cultura. O cálculo do balanço de água no solo utilizado na determinação da ET<sub>c</sub> e para o manejo da irrigação é expresso por:

$$ET_c = I + Pe \pm \Delta SW \quad (7)$$

em que:

I = Lâmina de irrigação aplicada (mm);

Pe = Precipitação efetiva (mm);

$\Delta SW$  = variação do conteúdo de água armazenado no perfil do solo (mm).

Para a prática do manejo de irrigação, a precipitação efetiva (Pe) é considerada como a parcela da precipitação total que é utilizada para atender às necessidades da cultura durante o seu desenvolvimento, ou seja, é a lâmina de água precipitada que além proporcionar uma alteração na umidade do solo foi efetivamente disponibilizada pela cultura (Oliveira Neto et al. 2011). A quantificação da precipitação efetiva teve como auxílio às leituras da TDR nas sondas instaladas na profundidade de 0,30 m e as leituras realizadas no pluviógrafo da estação automática localizada ao lado do campo experimental. O componente  $\Delta SW$  da equação 7 foi determinado por meio da técnica da TDR como foi citado anteriormente nas equações 2 e 3.

A equação do balanço de água no solo apresenta outras variáveis como percolação (drenagem) profunda, ascensão capilar, escoamento superficial e fluxos superficiais de entrada e saída. Segundo Erdem et al. (2006), pelo fato da quantidade de água aplicada por irrigação ter sido suficiente apenas para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, a lâmina correspondente à percolação profunda foi desprezada. As demais variáveis foram também consideradas nulas, tendo em vista as características da área e do sistema de irrigação utilizado (Garcia y Garcia et al., 2009).

Para todos os tratamentos irrigados foram determinados também os coeficientes de cultivo (k<sub>c</sub>) mensais da cultura por meio da razão entre a ET<sub>c</sub> e a ET<sub>o</sub> (evapotranspiração de referência) determinada pelo método de Penman-Monteith-FAO.

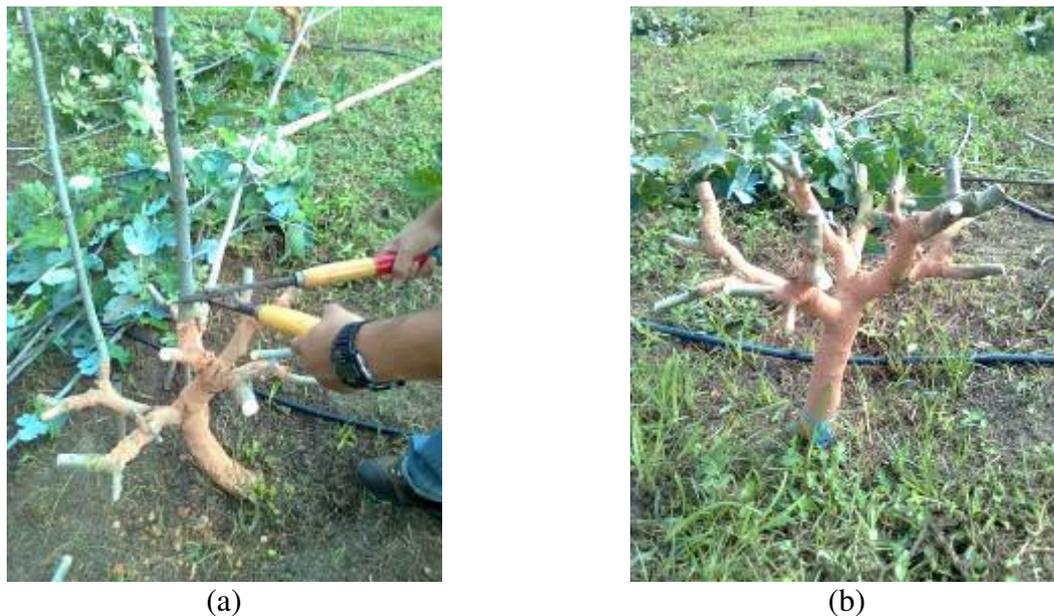
As diferenças entre médias dos dados de k<sub>c</sub> foram submetidos à análise de variância e pelo teste F, e os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey, a 5% de significância empregando-se o pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

### 3.9 Manejo da Cultura

Assim como o manejo da irrigação visa suprir as necessidades hídricas do solo e da planta, se tornando uma prática recomendada para o desenvolvimento da mesma, foi realizada ao longo do ciclo outras práticas de manejo da cultura, de forma a proporcionar as melhores condições para o desenvolvimento da planta: poda de frutificação, complementação nutricional pela adubação e controle fitossanitário, com a diminuição da competição de ervas espontâneas e no combate a pragas e doenças. Vale lembrar que as práticas de manejo da cultura foram realizadas obedecendo ao sistema orgânico de produção.

### 3.9.1 Poda de frutificação

As podas de frutificação para a cultura da figueira foram realizadas nos dias 06/07/2011 e 05/06/12. A partir disto, foi iniciado o manejo da irrigação e da cultura, com o início de um novo ciclo produtivo. A poda de frutificação seguiu a recomendação de Abrahão et al. (1997), onde foram eliminadas, quase que em sua totalidade, a copa formada no ciclo anterior, reduzindo o comprimento dos ramos a aproximadamente 15 cm, de forma a permanecer pelo menos duas gemas nas extremidades dos ramos voltadas para fora da planta para uma formação de uma nova copa. A Figura 8 apresenta a figueira no momento da prática com uso da tesoura de poda e depois de realizada esta prática.



**Figura 8.** Poda de frutificação da figueira com o uso da tesoura de poda (a) e a planta depois de realizada a prática (b).

### 3.9.2 Adubação nitrogenada

A demanda nutricional da figueira foi realizada com base no nitrogênio (N), por ser o elemento requerido em maior quantidade pela cultura. A adubação foi realizada com uso da torta de mamona, adubo permitido pela legislação que regulamenta o cultivo orgânico, na dose de 260 g de N por cova (Almeida & Silveira, 1997). Não foi necessário realizar a complementação de potássio e fósforo ao longo do ciclo, uma vez que o solo da área experimental recebeu a correção necessária após análise química, atingindo os teores adequados destes elementos (CFSEMG, 1999). A adubação complementar de nitrogênio foi parcelada em quatro vezes, sendo realizada nos meses de agosto, outubro, dezembro (2011) e fevereiro de 2012.

A aplicação da torta de mamona foi realizada na projeção da copa da cultura na dosagem calculada de 2 kg por planta em cada aplicação, com a posterior incorporação desta no solo. A Figura 9 apresenta a torta de mamona utilizada e a aplicação da torta de mamona sob a projeção da copa da cultura.



(a)



(b)

**Figura 9.** Torta de mamona (a) e aplicação da torta de mamona na projeção da copa da cultura (b).

### 3.9.3 Controle fitossanitário

Para o controle e diminuição da competição de ervas espontâneas e/ou indesejáveis por água e nutrientes com a cultura foi necessário o controle do crescimento destas plantas por meio de roçadas mecanizadas nas entrelinhas da cultura. Na projeção da copa das figueiras foi feita a capina manual evitando, dessa maneira, danos ao sistema radicular da cultura, visto que a profundidade efetiva deste é pequena.

O controle da infestação da broca da figueira (*Azochis gripusalis*) foi feito pela retirada manual das brocas, sempre que possível, com auxílio de canivete, e posterior utilização de uma pasta repelente composta de argila, calda sulfocálcica, óleo nim e óleo vegetal. A mistura foi colocada em todo o fuste e ramos da planta de figo revestindo-a, de modo a prevenir a ovoposição e o surgimento de novas larvas da broca na área em estudo. Cada 10 L da pasta repelente eram preparadas misturando 400 mL de calda sulfocálcica, 400 ml de óleo de nim, 400 mL de óleo vegetal e água. Por fim era adicionada argila até completar 10 L no recipiente de preparo. A Figura 10 mostra a pasta utilizada no controle da broca da figueira.



(a)



(b)

**Figura 10.** Pasta utilizada no controle da broca da figueira (*Azochis gripusalis*) (a) e planta após a aplicação da pasta (b).

O controle da ferrugem da figueira (*Cerotelium fici*) e da antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) foi realizado pela aplicação da calda bordalesa em pulverizações semanais na época chuvosa, que é a época indicada para a aplicação preventiva da calda bordalesa coincidindo com o período de maior infestação da doença. Todas as aplicações foram feitas com pulverizador costal de acionamento manual, equipado com bico tipo cone. Coletas manuais das folhas infestadas pela ferrugem e antracnose foram realizadas periodicamente, retirando as folhas contaminadas para evitar uma maior disseminação dos patógenos. A Figura 11 mostra folhas contaminadas pela ferrugem e a antracnose.



(a)



(b)

**Figura 11.** Folhas da figueira contaminada pela ferrugem (*Cerotelium fici*) (a) e antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) (b).

Kimati (1980) cita que sob condições de alta pluviosidade, a ferrugem pode causar desfolhamento total da planta em cerca de 20 a 30 dias, provocando perdas de até 80 % na produção de frutos. A permanência do inóculo da doença de um ciclo para outro no pomar ocorre em folhas remanescentes sobre a planta ou caídas recentemente. A disseminação se dá por ação dos ventos e de respingos de chuva. Segundo Chalfun et al. (1998) e Kimati (1980), a ocorrência da antracnose e das podridões de frutos é mais comum em anos com alta precipitação pluviométrica no período de maturação.

### 3.10 Avaliação da Cultura

#### 3.10.1 Análise de crescimento das plantas

Para a análise de crescimento das plantas de figueira foi realizada uma análise de crescimento não destrutiva, sendo medido o comprimento dos ramos e contado o número de folhas com periodicidade quinzenal no início do experimento e depois mensal. O comprimento dos ramos foi medido com o auxílio de uma fita métrica (Figura 12) e na contabilização do número de folhas foi considerado também o número de nós, pois a cultura apresenta um comportamento caducifólio. A análise de crescimento das plantas ocorreu em 12 épocas distintas ao longo de todo o ciclo da cultura, onde a primeira época de avaliação ocorreu aos 48 dias após a poda de frutificação, seguindo as próximas épocas em intervalos regulares até a última leitura realizada aos 295 após a poda de frutificação no dia 25 de abril de 2012.



**Figura 12.** Medição do comprimento dos ramos e contagem do número de folhas.

Inicialmente, a avaliação de crescimento era realizada em todos os ramos da planta. No entanto, a partir do mês de Janeiro de 2012 foram selecionados oito ramos por planta para realizar esta análise. Cada planta foi dividida em quatro quadrantes e dois ramos representativos por quadrante foram selecionados. Tal procedimento foi adotado em razão do elevado porte atingido pela cultura a partir deste mês. A redução do número de ramos avaliados por plantas a partir do mês de Janeiro de 2012 viabilizou a continuidade desta atividade, evitando assim, a paralisação das medições. Na Figura 13 apresenta-se uma planta com os ramos selecionados.



(a)



(b)

**Figura 13.** Identificação do ramo selecionado para a análise de crescimento (a) e planta com os ramos selecionados (b).

As diferenças entre médias dos dados coletados foram submetidas à análise de variância, pelo teste F ou IC, e os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey, a 5% de significância (Gomes 2009) com o uso do pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

### 3.10.2 Avaliação de Produção

A colheita do primeiro ciclo da cultura em avaliação teve início no mês de novembro de 2011 e se estendeu até maio de 2012. Foram realizadas colheitas semanais na fase estacionária da cultura, quando a produção não é muito elevada, passando a ser feita até três vezes por semana nos picos da produção.

Foram colhidos apenas os frutos verdes com padrão comercial para a indústria, com diâmetro médio de 35 mm, com aproximadamente 20 gramas e com o interior parcialmente preenchido (Gonçalves et al., 2006). A colheita dos figos se dava por meio de um gabarito confeccionado para a colheita dos frutos com o diâmetro especificado acima. Na Figura 14 é apresentado o padrão utilizado para a colheita do figo e o interior do fruto colhido.



(a)



(b)

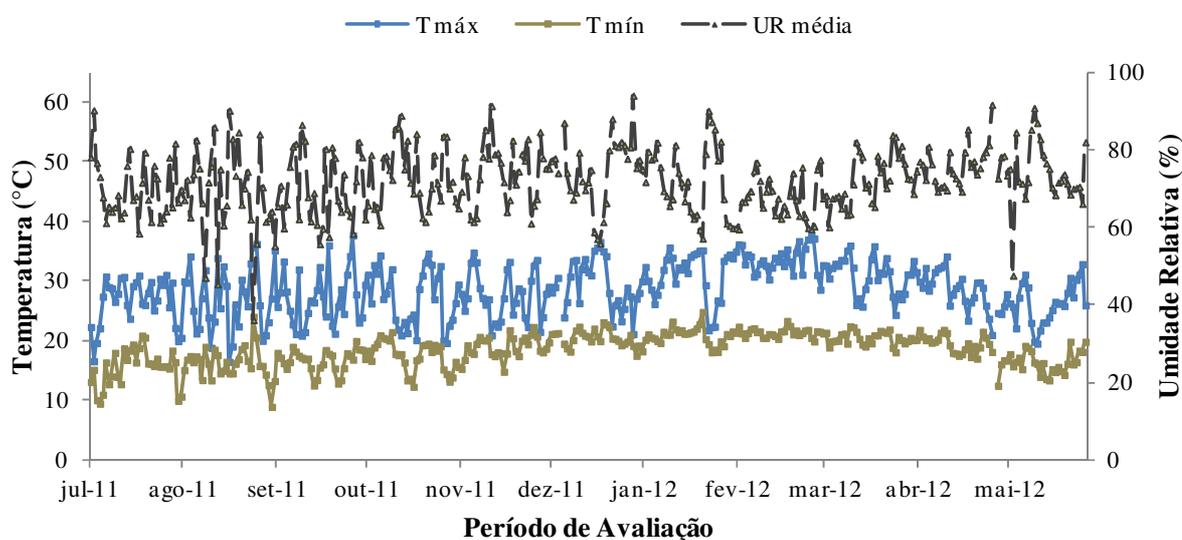
**Figura 14.** Padrão de colheita do figo (a) e interior do figo colhido com 35 mm de diâmetro (b).

O peso médio do fruto foi determinado pesando-se 20 frutos colhidos com o diâmetro de 35 mm. Foram analisadas a produção mensal (número e massa média de frutos por planta e produtividade estimada), produção acumulada, produtividade estimada acumulada e massa fresca dos frutos. Assim como na análise de crescimento, as diferenças entre médias foram submetidas à análise de variância, pelo teste F ou IC, e comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância (Gomes 2009) com o uso do pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

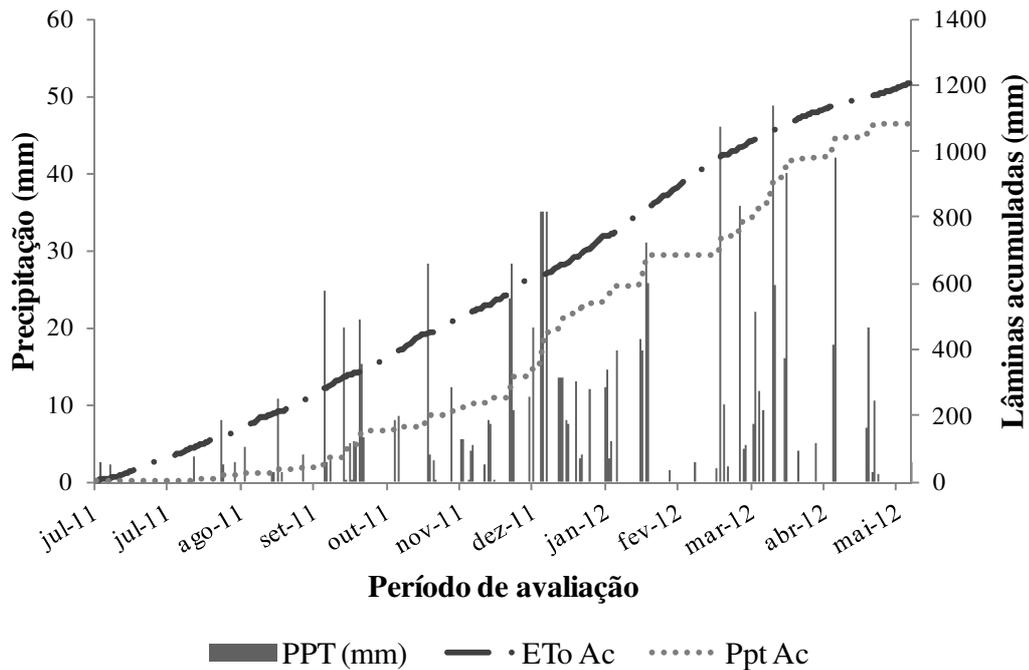
### 4.1 Dados Climáticos

Os valores de umidade relativa do ar e temperaturas máxima e mínima coletados durante o período de estudo estão apresentados na Figura 15. Os valores máximos e mínimos de temperatura máxima e mínima para o período de estudo foram de 37,7 °C e 16,5 °C, e de 24,8 °C e 8,9 °C respectivamente. Embora na região ocorram temperaturas inferiores a 15°C, o que contribui para retardar o desenvolvimento vegetativo da cultura (Almeida & Silveira, 1997), essas temperaturas se deram de forma concentrada, principalmente no primeiro mês após a poda de frutificação, sendo que 10 dos 40 dias com temperaturas abaixo de 15°C ocorreram no mês de julho de 2011 e outros 7 dias em maio de 2012, que foi o último mês antes de realizada a poda no final do ciclo produtivo. Este fato não comprometeu o desenvolvimento das figueiras. Os outros dias de baixa temperatura ocorreram de forma aleatória ao longo dos 10 meses de cultivo. Por outro lado, por ser considerado um dos maiores problemas para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura, as altas temperaturas tiveram sua ocorrência concentrada nos meses de janeiro a março de 2012, com valores máximos diários superiores a 30°C, coincidindo com a maior distribuição pluviométrica na região. A umidade relativa do ar apresentou valores médios de máxima, mínima e média de 94,25%, 76,08% e 36,99%, respectivamente.



**Figura 15.** Dados climáticos referentes à temperatura máxima, mínima e umidade relativa média, durante o primeiro ciclo de manejo da cultura.

Durante o primeiro ciclo de monitoramento (julho/2011 a maio/2012), ocorreram 1092,5 mm de precipitação, concentrados nos períodos dezembro-janeiro e março-abril. Nos meses de julho a setembro, início do desenvolvimento vegetativo da cultura, o índice pluviométrico foi de apenas 41,0 mm. No período de avaliação, a radiação solar, importante componente meteorológica na evapotranspiração, apresentou valor médio de 17,52 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>. A Figura 16 apresenta o comportamento das precipitações, da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e da precipitação acumulada ao longo do período em estudo.

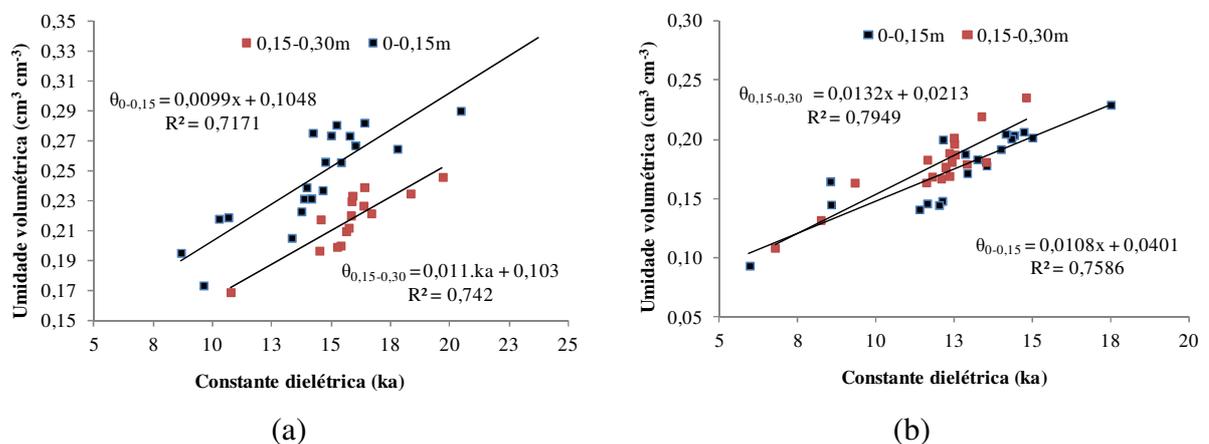


**Figura 16.** Dados meteorológicos observados durante o primeiro ciclo em estudo da cultura.

#### 4.2 Modelos de Calibração de Umidade no Solo

As correlações obtidas por meio de regressão linear simples com base nos valores médios e na calibração das sondas TDR, para as profundidades de 0,15 e 0,30 m, são apresentadas na Figura 17. O período da instalação e avaliação das “bacias” de umidade para a obtenção dos modelos de calibração local do TDR para os blocos 1 e 2 foram de 55 dias tendo o seu término no dia 07 de julho de 2011. De posse dos modelos de calibração para cada Bloco/Tratamento foi possível iniciar o manejo da irrigação a partir das leituras de TDR realizados no campo.

É importante destacar que calibrações realizadas em campo normalmente apresentam baixas correlações com a variável dependente em decorrência da maior oscilação do conteúdo de umidade do solo, quando comparada com ensaios realizados em laboratório. A Figura 17 apresenta os modelos de calibração de umidade do solo para os blocos 1 e 2 nas duas profundidades de estudo com seus respectivos coeficientes de determinação e equações de ajuste.



**Figura 17.** Modelos de calibração de umidade do solo para o bloco 1 (a) e para o bloco 2 (b).

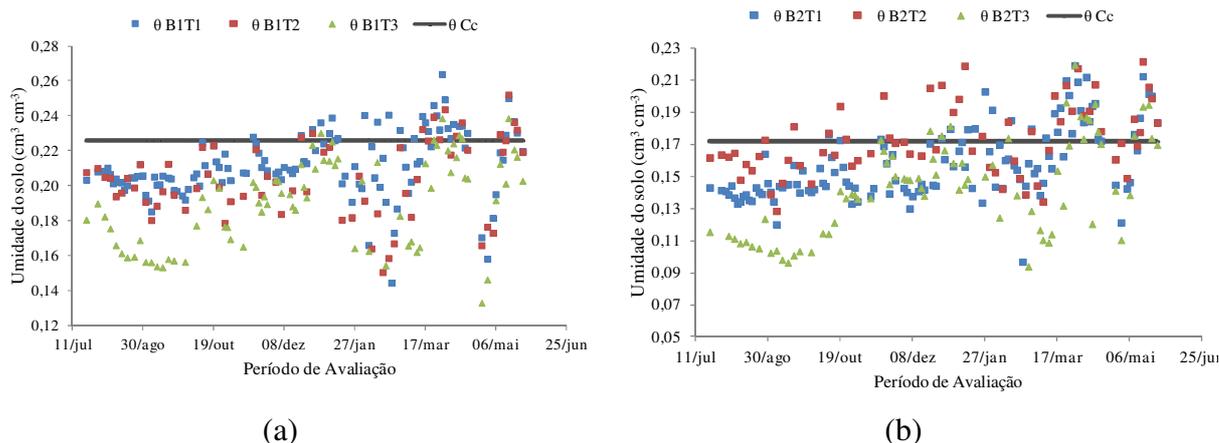
Souza et al. (2011b) ao realizar a calibração da umidade do solo com o uso da técnica da TDR em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, encontraram coeficientes de determinação de 0,91 e 0,85 para as profundidades de 0,10 e 0,20 m respectivamente, em um solo previamente preparado e na sequência encanteirado. Os autores realizaram o seguinte estudo em área localizada no SIPA ao lado da área experimental cultivada com figo. Os valores encontrados por esses autores não foram utilizados no presente estudo visto que para o cumprimento dos objetivos do trabalho foi necessário a caracterização da área experimental, realizando os testes de calibração dentro da própria área em estudo para poder detectar as diferenças dentro de cada bloco avaliado.

### 4.3 Monitoramento da Umidade do Solo

Na Figura 18 é apresentada a variação da umidade do solo na área experimental, ressaltando que o monitoramento da umidade do solo era realizado antes das irrigações, permitindo, assim, o cálculo da lâmina a ser aplicada nos tratamentos T1 e T2. Durante a maior parte do período avaliado, o conteúdo de água no solo se encontrava abaixo da umidade correspondente à capacidade de campo, ocorrendo devido ao processo evapotranspirométrico da cultura o que exigia na maioria das vezes a reposição de água no solo até atingir a capacidade de campo. Os valores localizados acima da linha da capacidade de campo indicam que naquele momento o solo não precisava receber água via irrigação, visto que o teor de umidade se encontra acima do que o solo consegue reter. Esses valores encontrados foram devido à incidência de precipitações ocorridas na área ou até mesmo por lâminas aplicadas por irrigação o que garantiram na leitura subsequente valores de umidade acima da capacidade de campo.

Os valores de umidade correspondentes à capacidade de campo são de  $0,226 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (bloco 1) e  $0,172 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (bloco 2). Analisando a variação da umidade no bloco 1 constata-se que nos tratamentos irrigados o conteúdo de umidade é maior quando comparados com o tratamento não irrigado (T3). Neste tratamento, a umidade do solo variou de  $0,112 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  a  $0,239 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , com valor médio de  $0,190 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Os valores máximos, mínimos e médios foram de 0,264; 0,145 e  $0,213 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e de 0,273; 0,151 e  $0,205 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  para os tratamentos T1 e T2, respectivamente. No tratamento T1 a variação da umidade foi menor, sendo esse comportamento influenciado pelo menor período entre irrigações, quando comparado ao tratamento T2.

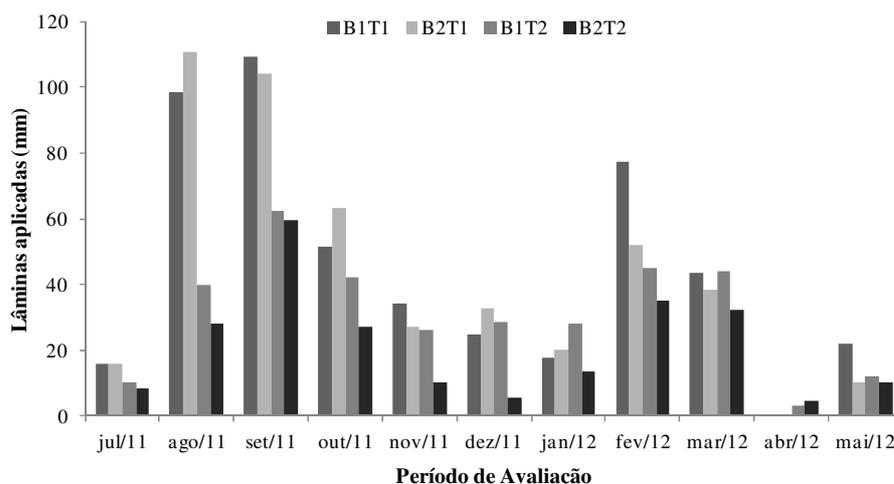
No bloco 2 o conteúdo de água do solo armazenado do tratamento T3 variou de  $0,094 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  a  $0,219 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , com valor médio de  $0,144 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Os valores mínimos, médios e máximos observados foram de 0,097; 0,158 e  $0,219 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e de 0,128; 0,172 e  $0,222 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , para os tratamentos T1 e T2, respectivamente.



**Figura 18.** Variação da umidade do solo antes da irrigação, para todos os tratamentos nos blocos 1 (a) e 2 (b).

#### 4.4 Irrigações Realizadas

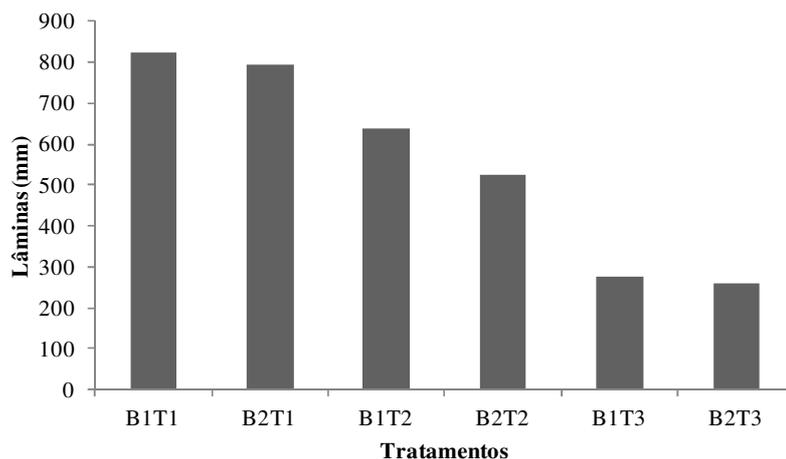
Na Figura 19 são apresentadas as lâminas aplicadas pelo sistema de irrigação para os dois tipos solos e turnos de rega avaliados (B1: textura argilosa; B2: textura arenosa; T1: turno de rega de 2 dias; T2: turno de rega de 4 dias). Para todos os tratamentos, as menores lâminas foram aplicadas no mês de julho/2011, pelo fato do manejo da irrigação iniciar-se no dia 21 deste mês. Os meses de agosto e setembro caracterizados pela ocorrência de baixo índice pluviométrico, comum em regiões de inverno seco, e o mês de fevereiro em que ocorreu um veranico com baixa incidência de chuvas e altas temperaturas, foram aqueles com maior lâmina aplicada pelo sistema de irrigação. Para o bloco 1, as lâminas totais aplicadas para T1 e T2 foram de 496,14 e 342,40 mm, respectivamente, atingindo valor máximo mensal de 109 mm para T1 no mês de setembro. Para o bloco 2, os tratamentos T1 e T2 receberam lâminas totais de 475,61 e 235,50 mm, respectivamente.



**Figura 19.** Lâminas de irrigação aplicadas em cada tratamento durante o ciclo da cultura

Nos dois blocos avaliados, a maior lâmina de irrigação foi observada no tratamento com turno de rega de dois dias (T1), sendo estas próximas entre si. Tal fato é explicado pelo conteúdo de água disponível em T1 ser maior quando comparado a T2, propiciando um processo evapotranspirométrico mais intenso (Campeche 2002). Em outras palavras, maior

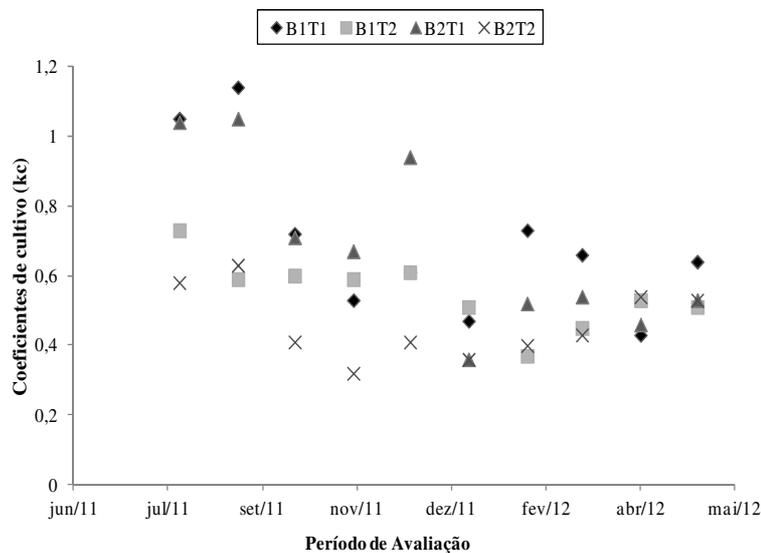
será a evapotranspiração ocorrida em solos com maior disponibilidade de água, que também explica a menor lâmina no tratamento T2 do bloco 2. Conforme a Figura 16, durante os 10 meses de cultivo, foram precipitados 1092,5 mm de chuva, que elevaram de certa forma, a quantidade de água aplicada para cultura. Dessa forma, a lâmina total (irrigação + precipitação efetiva) em mm recebida em cada tratamento foi de 824,1; 794,5; 637,3; 525,4; 278,1 e 260,7 para os tratamentos B1T1, B2T1, B1T2, B2T2, B1T3 e B2T3 respectivamente (Figura 20). A diferença da maior para menor lâmina aplicada foi de 563,4 mm, ou seja, o tratamento B1T1 recebeu 68,4 % a mais de água que o tratamento B2T3, que junto com o tratamento B1T3, receberam apenas a água oriunda das precipitações pluviométricas.



**Figura 20.** Lâmina total aplicada durante o primeiro ciclo de avaliação.

#### 4.5 Necessidades Hídricas da Cultura

Além do cálculo da lâmina de irrigação, o monitoramento da umidade do solo possibilitou estimar a precipitação efetiva e, conhecendo a necessidade hídrica da cultura, calcular os coeficientes de cultivo da cultura (kc) para todos os tratamentos (Tabela 4). Os maiores valores de kc corresponderam aos primeiros meses de cultivo, também com menores índices pluviométricos. De uma forma geral, os coeficientes de cultivo ao longo do ciclo apresentam valores decrescentes com pequenas elevações no decorrer do ciclo. A Figura 21 apresenta o comportamento dos coeficientes de cultivo (kc) nos quatro tratamentos irrigados.



**Figura 21.** Coeficientes de cultivo (kc) mensal dos tratamentos irrigados.

**Tabela 4.** Dados mensais do manejo de irrigação e de precipitação para o primeiro ciclo de avaliação.

| Mês    | Ppt<br>(mm) | ETo<br>(mm) | B1T1  |        |       | B1T2  |        |       | B2T1  |        |       | B2T2  |        |       | B1T3   | B2T3   |
|--------|-------------|-------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
|        |             |             | IRN   | Ppt Ef | kc    | Ppt Ef | Ppt Ef |
| Jul/11 | 12,6        | 67,3        | 16,2  | 10,2   | ----- | 10,2  | 10,2   | ----- | 16,1  | 10,2   | ----- | 8,5   | 10,2   | ----- | 10,2   | 10,2   |
| Ago/11 | 20,8        | 90,7        | 98,4  | 8,97   | 1,05  | 40,1  | 9,4    | 0,73  | 110,8 | 10,4   | 1,04  | 28,2  | 9,4    | 0,58  | 18,7   | 18,8   |
| Set/11 | 17,9        | 103,1       | 109,5 | 10,4   | 1,14  | 62,6  | 13,5   | 0,59  | 104,2 | 10,9   | 1,05  | 59,4  | 10,1   | 0,63  | 10,3   | 9,8    |
| Out/11 | 107,8       | 116,2       | 51,5  | 38,1   | 0,72  | 42,0  | 39,1   | 0,60  | 63,5  | 36,9   | 0,71  | 27,1  | 32,7   | 0,41  | 33,4   | 28,8   |
| Nov/11 | 74,5        | 116,0       | 34,4  | 35,4   | 0,53  | 26,4  | 40,2   | 0,59  | 27,2  | 37,5   | 0,67  | 10,4  | 30,5   | 0,32  | 29,6   | 31,9   |
| Dez/11 | 122,1       | 119,1       | 24,9  | 46,2   | 0,61  | 28,5  | 41,8   | 0,61  | 32,8  | 49,8   | 0,94  | 5,5   | 42,6   | 0,41  | 38,4   | 32,2   |
| Jan/12 | 236,0       | 130,9       | 18,0  | 41,9   | 0,47  | 28,1  | 30,5   | 0,51  | 20,0  | 35,7   | 0,36  | 13,8  | 33,0   | 0,36  | 31,9   | 29,2   |
| Fev/12 | 93,7        | 158,5       | 77,4  | 25,8   | 0,73  | 45,0  | 19,6   | 0,37  | 52,3  | 21,0   | 0,52  | 35,3  | 26,1   | 0,40  | 15,2   | 15,2   |
| Mar/12 | 157,5       | 129,6       | 43,8  | 46,6   | 0,66  | 43,9  | 20,6   | 0,45  | 38,4  | 35,5   | 0,54  | 32,3  | 23,0   | 0,43  | 37,2   | 37,5   |
| Abr/12 | 207,6       | 93,1        | 0,0   | 42,7   | 0,43  | 3,3   | 47,2   | 0,53  | 0,0   | 45,4   | 0,46  | 4,6   | 46,5   | 0,54  | 37,8   | 36,5   |
| Mai/12 | 42,2        | 69,5        | 22,0  | 21,9   | 0,64  | 12,2  | 22,8   | 0,51  | 10,2  | 25,7   | 0,53  | 10,4  | 26,0   | 0,53  | 15,4   | 10,8   |
| Total  | 1092,5      | 1194,0      | 496,1 | 328,0  | ----- | 342,4 | 294,9  | ----- | 475,6 | 318,9  | ----- | 235,5 | 289,9  | ----- | 278,1  | 260,7  |

Ppt = precipitação; ETo = evapotranspiração de referência; IRN = Irrigação real necessária (mm); Ppt Ef. = precipitação efetiva (mm); kc = coeficiente de cultivo (adimensional).

Os valores médios por tratamento foram de 0,70; 0,68; 0,55 e 0,46, respectivamente para B1T1, B2T1, B1T2, B2T2. Percebe-se na Figura que praticamente para todos os meses o tratamento T1 apresentou valores superiores em relação ao T2, em virtude do maior potencial evapotranspirométrico proporcionado pelo maior conteúdo de água no perfil do solo, visto que as irrigações no tratamento T1 eram mais frequentes. O mês de abril/2012 foi o único em que os tratamentos T2 apresentaram valores superiores de kc em relação aos dois tratamentos T1, pelo fato de não ter havido irrigações para o tratamento T1 em função do elevado índice pluviométrico ocorrido no período. A Tabela 4 apresenta os valores mensais de kc e de irrigação para os tratamentos T1 e T2, além dos valores mensais e totais de precipitação, precipitação efetiva e ETo.

No final do experimento os valores de kc para todos os tratamentos irrigados apresentam valores de kc próximo a 0,5 quando então foi realizado uma nova poda de frutificação para dar início a um novo ciclo na figueira. Os altos valores de kc e as lâminas de irrigação aplicadas nos primeiros meses de cultivo, foram devidos ao grande déficit hídrico acumulado que a cultura sofria antes da instalação do experimento com o manejo da irrigação na área, visto que o cultivo anteriormente era de sequeiro. Pedrotti et al. (1983) ao avaliar o efeito de diferentes níveis de irrigação no crescimento das plantas e na concentração de nutrientes nas folhas, não encontraram resultados significativos no desenvolvimento vegetativo da figueira cultivada no município de Viamão (RS). Segundo os resultados apresentados pelos autores, no período do experimento, o déficit hídrico acumulado foi pequeno, correspondendo as lâminas de água aplicadas também pequenas, o que pode explicar a não ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos de irrigação.

No Boletim FAO-56, Allen et al. (1998) comentam que em caso de irrigações frequentes ou alta frequência de precipitação diária, os valores iniciais de kc podem aumentar substancialmente e podem se aproximar a faixa de 1,0-1,2 para todas as culturas, coincidindo, com os primeiros valores de kc obtidos para os tratamentos com intervalo de irrigação de 2 dias.

O comportamento dos valores de kc ao longo do ciclo pode ser explicado pela relação dos componentes da evapotranspiração da cultura (evaporação do solo e transpiração das plantas) associado ao seu autossombreamento. Após a poda, todo o solo ao redor da planta fica exposto favorecendo um aumento significativo da evaporação do solo, enquanto a transpiração é nula ou muito pequena. Com o crescimento dos ramos e o autossombreamento das plantas, a componente evaporação se reduz sendo esta compensada pela maior transpiração das plantas (Campeche 2002). Alves Júnior et al. (2007) determinaram o kc da lima ácida 'Tahiti' utilizando dois lisímetros de pesagem, determinando em um o coeficiente de evaporação do solo (ke) e no outro o coeficiente basal da cultura ou de transpiração (kcb), onde no seu somatório era obtido o kc. Os autores encontraram um alto valor de evaporação do solo para plantas jovens pelo fato da cobertura da copa das árvores não ser suficiente para sombrear a área molhada. Além dessas considerações, em virtude do comportamento caducifólio da cultura com a queda natural das folhas mais velhas e de eventuais retiradas dessas folhas devido aos ataques da ferrugem da figueira e da antracnose, a transpiração é reduzida, ficando as folhas na parte superior dos ramos contribuindo assim, com a diminuição da evaporação direta do solo.

Caetano et al. (2005) ao avaliarem a área foliar e a produtividade da figueira em função do número de ramos produtivos encontraram, para a produção de figos, um modelo de resposta quadrática aos tratamentos. Os autores chegaram à conclusão que esse efeito foi devido à limitação da cultura pelo seu sombreamento no interior do dossel que acaba reduzindo a formação de gemas frutíferas.

Na Tabela 5 é apresentado o resultado da análise estatística dos valores médios dos coeficientes de cultivo para cada tratamento e tipo de solo. Verifica-se que os valores médios

de kc não apresentaram diferenças significativas com a variação da classe textural dentro de cada intervalo de irrigação avaliado. Com isso, pode ser utilizado o valor médio de 0,60 para o manejo da irrigação em solos com variação de textura franco-argilosa a franco argilo-arenosa. Em se tratando de um manejo irrigado com intervalo de 2 dias o valor de 0,69 pode ser adotado em uma área com as condições edafoclimáticas do município de Seropédica-RJ. Quando o intervalo de irrigação for igual ou maior que 4 dias, as características físicas do solo devem ser avaliadas. O kc médio de 0,51 poderá ser adotado desde que o solo não apresente textura franco argilo-arenosa ou com uma classe com menor percentual de argila.

**Tabela 5.** Coeficientes de cultivo para cada tratamento irrigado e tipo de solo

| Textura do Solo       | Intervalo de Irrigação |         | Média  |
|-----------------------|------------------------|---------|--------|
|                       | 2 dias                 | 4 dias  |        |
| Franco-Argiloso       | 0,70 aA                | 0,55 aA | 0,62 A |
| Franco-Argilo-Arenoso | 0,68 aA                | 0,46 bA | 0,57 A |
| Média                 | 0,69 a                 | 0,51 b  |        |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelos testes F e de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. CV (%) = 31,43.

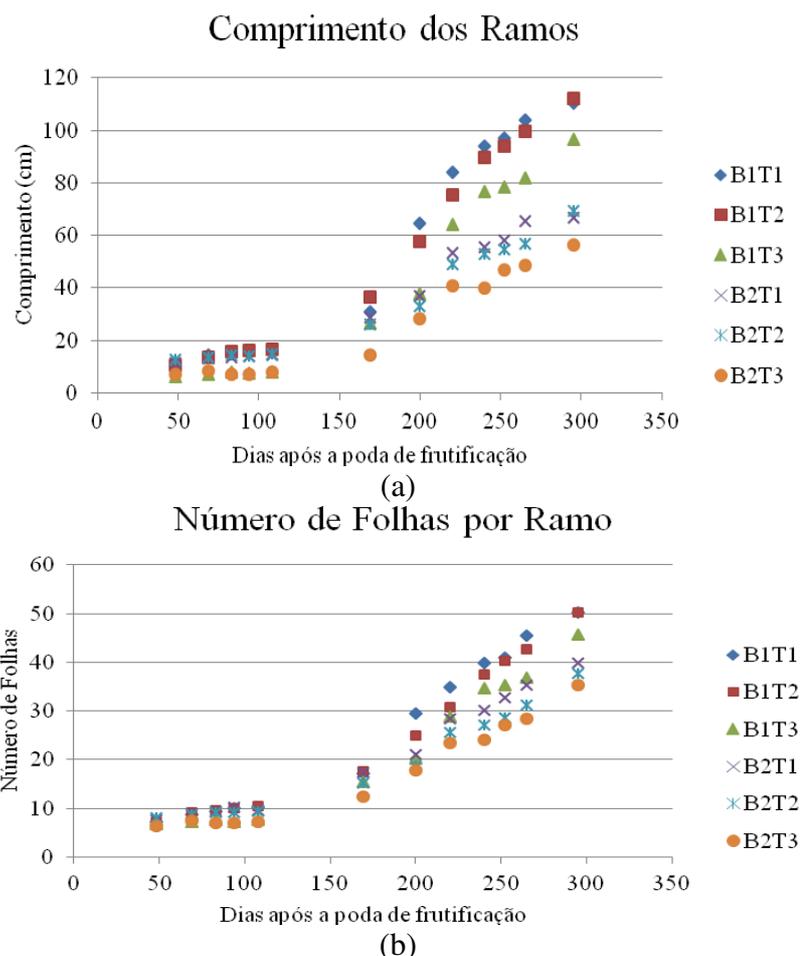
Olitta et al. (1979), ao avaliarem lâminas de 0,4; 0,8 e 1,2 do fator K de evaporação do tanque Classe A, com frequências de irrigação de uma e três vezes por semana para gotejamento em figueira, encontraram um valor médio de kc de 0,47 utilizado em muitos trabalhos desde então. Os autores concluíram que os dois intervalos de irrigação não apresentaram diferença significativa na produção de figo, com isso, foi recomendado o fator K de evaporação do tanque Classe A entre 0,4 a 0,8 para qualquer uma das frequências avaliadas. Hernandez et al. (1994) ao estudarem o efeito de seis lâminas de irrigação baseado na evaporação do tanque Classe A e uso de nitrogênio na região de Ilha Solteira-SP, recomendaram a aplicação de 75% da evaporação do tanque Classe A para a figueira.

## 4.6 Avaliação da Cultura

### 4.6.1 Análise de crescimento das plantas

Na Figura 22 são apresentados o comportamento do crescimento dos ramos das plantas de figo e do número de folhas por ramos para todos os tratamentos avaliados. As medições sofreram um intervalo maior da quinta para a sexta época de avaliação, que devido a problemas operacionais tiveram um intervalo de 60 dias para ser realizada a próxima avaliação, seguindo normalmente a partir de então até a última medição realizada aos 295 dias após a poda de frutificação.

As plantas apresentaram para todos os tratamentos uma tendência sigmoideal no seu crescimento, o que é comum para o desenvolvimento das culturas em um ciclo completo. Foram ajustadas equações de regressão para todos os tratamentos avaliados, e a equação que mais se ajustou foi a equação polinomial de segundo grau com coeficientes de determinação superiores a 0,96. A Tabela 6 apresenta as equações de regressão para a variável comprimento dos ramos com os seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).



**Figura 22.** Análise de crescimento não destrutiva das plantas de figo para o comprimento de ramos (a) e número de folhas por ramo (b).

**Tabela 6.** Equações de Regressão para o crescimento de ramos no modelo polinomial de segundo grau e valores de  $R^2$  para os tratamentos analisados.

| Treatamento | Modelo                             | Coefficiente de determinação ( $R^2$ ) |
|-------------|------------------------------------|--|
| B1T1        | $Y = 0,0011x^2 + 0,1011x - 0,6591$ | 0,9625                                 |
| B1T2        | $Y = 0,0012x^2 + 0,0321x + 3,7109$ | 0,9846                                 |
| B1T3        | $Y = 0,0013x^2 - 0,0384x + 1,8209$ | 0,9707                                 |
| B2T1        | $Y = 0,0006x^2 + 0,071x + 4,1038$  | 0,9716                                 |
| B2T2        | $Y = 0,0008x^2 - 0,038x + 11,455$  | 0,9816                                 |
| B2T3        | $Y = 0,0008x^2 - 0,0457x + 5,902$  | 0,9691                                 |

Nas primeiras avaliações não foram observadas grandes variabilidades entre os tratamentos estudados, ficando evidente a partir do sexto mês de avaliação, onde as plantas irrigadas responderam positivamente à complementação hídrica aplicada pela irrigação. Comparando as diferentes texturas do solo, as plantas do B1 apresentaram valores superiores nos parâmetros avaliados, principalmente no comprimento dos ramos. Neste bloco, em função do maior armazenamento de água no solo, pode-se verificar que mesmo o tratamento sem irrigação (B1T3) apresentou um maior desenvolvimento vegetativo em relação aos tratamentos irrigados do Bloco 2. Nas Tabelas 7 e 8 são apresentados os valores médios do

comprimento dos ramos e do número de entrenós respectivamente, para cada tratamento e tipo de solo e o resultado dos Testes F, Intervalo de Confiança, e Tukey a 5% de significância.

**Tabela 7.** Comprimento médio dos ramos (cm) da figueira de cada tratamento e tipo de solo.

| Textura do Solo       | Intervalo de Irrigação |          |               | Média   |
|-----------------------|------------------------|----------|---------------|---------|
|                       | 2 dias                 | 4 dias   | Sem Irrigação |         |
| Franco-Argiloso       | 110,4 aA               | 112,3 aA | 93,9 aA       | 105,5 A |
| Franco-Argilo-Arenoso | 66,9 aB                | 69,3 aB  | 56,3 aB       | 64,2 B  |
| Média                 | 88,6 ab                | 90,8 a   | 75,1 a        |         |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelos testes F ou IC (a 95% de probabilidade) e de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. CV (%) = 2,74.

**Tabela 8.** Número médio de entrenós da figueira de cada tratamento e tipo de solo avaliado.

| Textura do Solo       | Intervalo de Irrigação |         |               | Média  |
|-----------------------|------------------------|---------|---------------|--------|
|                       | 2 dias                 | 4 dias  | Sem Irrigação |        |
| Franco-Argiloso       | 50,3 aA                | 50,3 aA | 44,6 aA       | 48,4 A |
| Franco-Argilo-Arenoso | 40,0 aB                | 37,6 aB | 35,2 aB       | 37,6 B |
| Média                 | 45,2 a                 | 43,9 a  | 39,9 a        |        |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelos testes F ou IC (a 95% de probabilidade) e de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. CV (%) = 2,72.

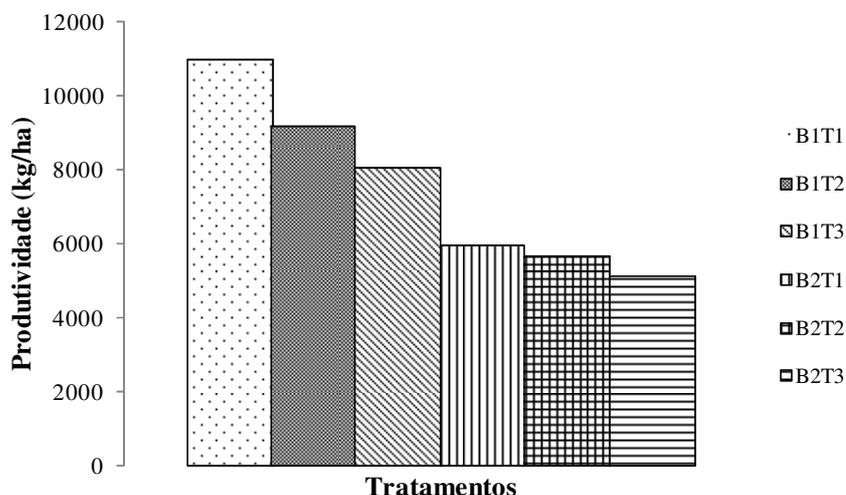
Como pode ser observado nas tabelas anteriores, não foram encontradas diferenças estatísticas nos três intervalos de irrigação para cada tipo de textura de solo avaliado. Quando a comparação é realizada apenas com os dois tipos de solo, a diferença se acentua com os valores do comprimento de ramos referentes ao solo de textura franco-arenosa (B2), que apresentou valores muito abaixo da média encontrada em outros estudos dessa natureza. Leonel & Tecchio (2010) verificaram comprimentos médios de ramos entre 96 e 144 cm o que corresponde a mesma faixa de valores encontrados nas plantas do Bloco 1. Os autores ainda relatam que com o auxílio da irrigação, no ano agrícola de 2004/05 foram obtidos crescimentos de 8,3% no comprimento e 10,2% no diâmetro médio dos ramos primários e 18,2% no comprimento e 19,2% no diâmetro médio dos ramos secundários de figueira, quando comparada com os tratamentos sem irrigação. No ciclo seguinte (2005/06), os tratamentos irrigados apresentaram incrementos menores em comparação com o ciclo anterior, visto que as plantas estavam anteriormente sendo cultivadas em sequeiro.

Silva et al. (2011) encontraram comprimento de 128 cm no tratamento irrigado e com utilização de cobertura morta aos 275 dias após o início de tratamento, valor 42% superior ao tratamento sem irrigação e sem cobertura morta. Dalstra et al. (2009) ao avaliarem o efeito da cultura da figueira submetida a diferentes épocas de poda, encontraram um valor médio total de 127 cm de comprimento, não encontrando diferença significativa entre os tratamentos avaliados.

#### 4.6.2 Produção

Ao longo do período de colheita realizado de novembro/2011 a maio/2012, foram obtidos, em média, aproximadamente 200 frutos por planta para toda a área experimental. O tratamento B1T1 foi o que apresentou os melhores resultados com 288 frutos colhidos com padrão comercial para indústria, representando uma produção de 6,62 kg por planta e uma produtividade estimada de 11.021 kg ha<sup>-1</sup> (Tabelas 9, 10 e 11). Os tratamentos do Bloco 2 não apresentaram diferenças significativas entre si para os três parâmetros de produção avaliados

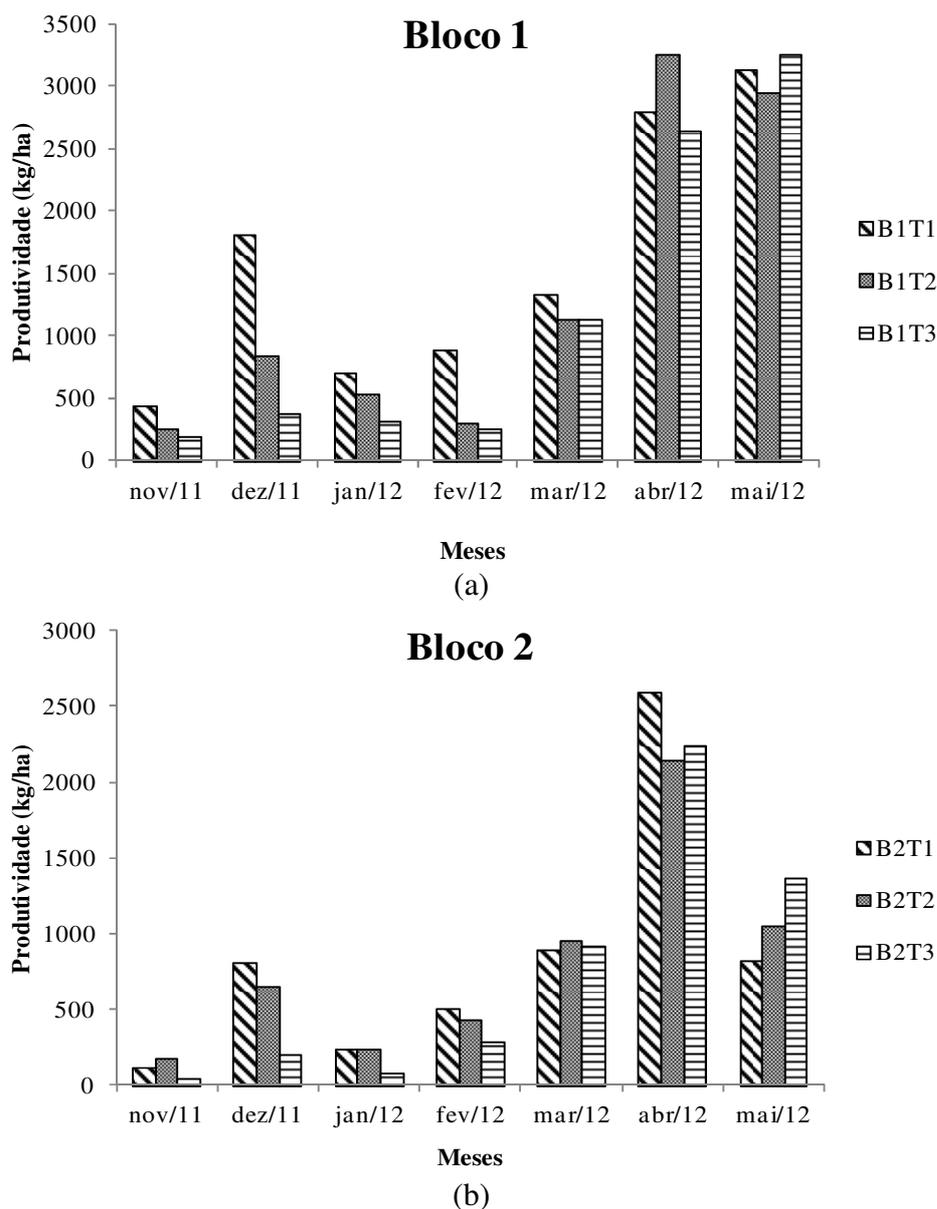
(Tabelas 9, 10 e 11). As plantas do bloco 1 (textura Franco-Argilo-Arenosa) obtiveram, em média, uma produtividade superior a 40% em relação as plantas do bloco 2. Na Figura 23 é apresentada a produtividade total estimada dos tratamentos ao final do ciclo produtivo.



**Figura 23.** Produtividade total estimada dos tratamentos ao final do ciclo produtivo

Os três tratamentos do bloco 1 apresentaram uma produtividade estimada igual (B1T3) ou superior que a média nacional de  $8,76 \text{ Mg ha}^{-1}$  (IBGE, 2008). Outros trabalhos também relatam o desempenho da figueira irrigada quanto a sua produtividade. Leonel & Tecchio (2008) ao avaliarem a produção da figueira submetida a diferentes épocas de poda e irrigação, encontraram resultados superiores com o emprego da irrigação independente do tratamento utilizado, com uma produtividade máxima  $4.110,66 \text{ g planta}^{-1}$  de figos maduros, com a cultura conduzida com 6 ramos produtivos no ano agrícola de 2005/06. Ao avaliarem a resposta da figueira nas lâminas de 0, 25, 50, 75, 100 e 125% da evaporação do Tanque Classe A, Hernandez et al. (1994) verificaram que com a aplicação de 1461 mm (50% da ECA) aumentos de 1.224% e 468% sobre a produção de frutos maduros e produtividade total, respectivamente, foram alcançados quando comparado ao tratamento sem irrigação. Caetano et al. (2005) conduzindo a cultura com 24 ramos produtivos, mesmo número de ramos conduzidos neste experimento, obtiveram uma produtividade máxima de  $11,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ , valor semelhante ao encontrado neste trabalho.

A produtividade mensal estimada dos seis tratamentos é apresentada na Figura 24. Observa-se que nos dois blocos avaliados a produtividade apresentou duas fases crescentes de produção, com o primeiro pico ocorrendo nos mês de dezembro/11 e o segundo no mês de abril/12 seguido pelo mês de maio no B1, e no mês de abril para B2. A maior produtividade mensal foi registrada pelo tratamento B1T2 no mês de abril/12 e pelo tratamento B1T3 no mês de maio/12 ambos com  $3,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , seguido pelo tratamento B1T1 no mês de maio/12 com  $3,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ .



**Figura 24.** Produtividade mensal estimada dos tratamentos avaliados nos Blocos 1 (a) e 2 (b).

A partir do mês de março de 2012 a produtividade estimada apresentada para o tratamento T3 nos dois blocos apresentou valores próximos ou até mesmo superiores aos demais tratamentos. Isso é devido a maior ocorrência pluviométrica na época o que garantiu às plantas desse tratamento, plenas condições do ponto de vista de demanda hídrica, contribuindo para o aumento de sua produtividade ao final do seu ciclo.

A variação estacional da produção, com concentração da colheita nos meses de abril e maio contrasta com os dados de Amaro (1997), que mostram pico de safra do figo no Estado de São Paulo nos meses de dezembro a fevereiro, e o preço de produto no mercado atacadista da região aumenta nos meses de março, maio e novembro com a menor oferta do figo.

Nas Tabelas 9, 10 e 11 apresentam-se os valores médios do número de frutos, da produção por planta e da produtividade das figueiras, respectivamente, para cada tratamento e tipo de solo cultivado. Nas Tabelas a seguir, é apresentado também o resultado dos Testes F, Intervalo de Confiança, e Tukey a 5% de significância.

**Tabela 9.** Número médio de Frutos da figueira de cada tratamento e tipo de solo avaliado.

| Textura do Solo | Intervalo de Irrigação |           |               | Média   |
|-----------------|------------------------|-----------|---------------|---------|
|                 | 2 dias                 | 4 dias    | Sem Irrigação |         |
| Franco-Argiloso | 288,4 aA               | 240,8 abA | 211,6 bA      | 246,9 A |
| Fr-Arg-Arenoso  | 156,8 aB               | 147,9 aB  | 134,1 aB      | 146,3 B |
| Média           | 222,6 a                | 194,3 ab  | 172,9 b       |         |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelos testes F ou IC (a 95% de probabilidade) e de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. CV (%) = 10,03.

**Tabela 10** Produção média dos frutos de figo (g por planta) de cada tratamento e tipo de solo avaliado.

| Textura do Solo | Intervalo de Irrigação |            |               | Média    |
|-----------------|------------------------|------------|---------------|----------|
|                 | 2 dias                 | 4 dias     | Sem Irrigação |          |
| Franco-Argiloso | 6615,3 aA              | 5522,8 abA | 4854,7 bA     | 5664,3 A |
| Fr-Arg-Arenoso  | 3595,9 aB              | 3392,3 aB  | 3076,8 aB     | 3355,0 B |
| Média           | 5105,6 a               | 4457,5 ab  | 3965,8 b      |          |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelos testes F ou IC (a 95% de probabilidade) e de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. CV (%) = 10,03.

**Tabela 11.** Produtividade média estimada (kg. ha<sup>-1</sup>) de cada tratamento e tipo de solo avaliado.

| Textura do Solo | Intervalo de Irrigação |            |               | Média    |
|-----------------|------------------------|------------|---------------|----------|
|                 | 2 dias                 | 4 dias     | Sem Irrigação |          |
| Franco-Argiloso | 11021,1 aA             | 9201,0 abA | 8087,9 bA     | 9436,7 A |
| Fr-Arg-Arenoso  | 5990,7 aB              | 5651,5 aB  | 5126,0 aB     | 5589,4 B |
| Média           | 8505,9 a               | 7426,2 ab  | 6606,9 b      |          |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelos testes F ou IC (a 95% de probabilidade) e de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. CV (%) = 10,03.

## **5. CONCLUSÕES**

As práticas de manejo da irrigação por meio do balanço de água no solo foram eficazes na avaliação das necessidades hídricas da figueira respondendo positivamente no seu desenvolvimento vegetativo nas diferentes classes texturais, elevando a produtividade em todos os aspectos analisados quando comparado com o cultivo em sequeiro, o que valida, portanto, o cultivo irrigado da figueira para as condições climáticas de Seropédica-RJ.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, E.; ANTUNES, L.E.C.; SILVA, V.J.S. da; OLIVEIRA, N. C. de. Poda e condução da figueira. **Informe Agropecuário**, v.18, p.6-13, 1997.

AGRIANUAL- **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2010. 310p.

ALBUQUERQUE, P. E. P de; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ed. 1, p. 227-252, 2008.

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).

ALMEIDA, D.L de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. DE L.D. Sistema integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 39p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 169).

ALMEIDA, M. M.; SILVEIRA, E. T. Tratos culturais na cultura da figueira no sudoeste de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.18, n.188, p.27-33, 1997.

ALVARENGA, A.A.; ABRAHAO, E.; FRAGUAS, J.C.; CARVALHO, V.L.; SILVA, R.A.; SANTA CECILIA, L.V.C.; CUNHA, R.L.; SILVA, V.J. Figo (*Ficus carica* L.). In: TRAZILBO JR, J.P. MADELAINE V. (Org.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p.365-372.

ALVES JUNIOR, J.; FOLEGATTI, M. V.; PARSONS, L. R.; BANDARANAYAKE, W.; SILVA, C. R.; SILVA, T. J. A.; CAMPECHE, L. F. S. M. Determination of the crop coefficient for grafted 'Tahiti' lime trees and soil evaporation coefficient of Rhodic Kandudalf clay soil in Sao Paulo, Brazil. **Irrigation Science**, v. 25, p. 419-428, 2007.

AMARO, A. A. Comercialização de Figo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.18, n.188, p.49-56, 1997.

ANDRADE, C.L.T.; COELHO,E.F.; COUTO,L.; SILVA,E.L. Parâmetros de solo-água para engenharia de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caudas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.1-45.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação por alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.53-62, 1999.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BEVILAQUA, G. A. P.; SCHWENGBER, J. E.; MARQUES, R. L. L. Produção de sementes de trigo em sistemas de base ecológica. Pelotas: EMBRAPA CPACT, 2008. p.4. (EMBRAPA CPACT. Circular técnica n. 192).

BEZERRA, J. E. F.; GONZAGA NETO, L.; ABRAMOF, L.; DANTAS, A. P. Influência do número de ramos frutíferos na produção de figos verdes na var. Roxo de Valinhos. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 8, 1986, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa-DDT/CNPq, v. 2, 1986. p. 273-279.

BLONQUIST, J.M., JONES, S.B., ROBINSON, D.A. A time domain transmission sensor with TDR performance characteristics. **Journal of Hydrology**, n.314, p.235–245, 2005.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C.; CAMPOSTRINE, E. ; SOUZA, E. F.; MURAKAMI, 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.03, p. 426-429, 2005.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e nas propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n.4, p.1150-1155, 2006.

CAETANO, L. C. S. O cultivo da figueira em região de clima quente. In: POMMER, C. V.; CAETANO, L. C. S.; PEREIRA, M. C. T.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Produção de fruteiras temperadas em regiões tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14. 2006, Cabo Frio – RJ. **Anais...** Jaboticabal: [s.n.], 2006. 1 CD-ROM.

CALZADILLA, A., REHDANZ, K.; TOL, R.S.J. The economic impact of more sustainable water use in agriculture: A computable general equilibrium analysis. **Journal of Hydrology**, n.384, p.292-305, 2010.

CAMPECHE, L.F.S.M. **Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultura da lima ácida ‘Tahiti’(Citrus latifolia tan.)**. 2002. 62 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CAMPOSEO, S., RUBINO, P. Effect of irrigation frequency on root water uptake in sugar beet. **Plant and Soil**, n.253, p.301-309, 2003.

CARDENAS-LAILHACAR, B. & DUKES, M.D. Precision of soil moisture sensor irrigation controllers under field conditions. **Agricultural Water Management**, n.97, p.666–672, 2010.

CARVALHO, D. F.; NETO, D. H. O.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; ROUWS, J. R. C. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.269-277, mar./abr. 2011.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 239 p.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. D.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.1, p.97-105. 2006.

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H., editores. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; PASQUAL, M. **Frutíferas de clima temperado**. Lavras: UFLA/Faepe, 1998. v.7.

CHOPART, J. L.; MÉZINO, M; AURE, F.; MÉZO, L. LE; MÉTÉ, M.; VAUCLIN, M. OSIRI: A simple decision-making tool for monitoring irrigation of small farms in heterogeneous environments. **Agricultural Water Management**, n.87, p.128-138, 2007.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, J. G. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, JAILSON, L. C. Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.441-472.

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.

DEAN, T.J. BELL, J.P. BATY, A.J. Soil moisture measurement by an improved capacitance technique. Part I. **Senso design and performance**. J. Hydrol. (Amsterdam) 93:67-78. 1987

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 57, n.1, p.191-192, 2000.

EMBRAPA. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, 370p.

ENTIN, J. K.; ROBOCK, A.; VINNIKOV, K. Y.; HOLLINGER, S. E.; LIU, S.; NAMKHAI, A. Temporal and spatial scales of observed soil moisture variations in the extratropics. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, n. D9, p. 11865-11877, 2000.

ERDEM, T; ERDEM, Y; ORTA, H; OKURSOY, H. Water-yield relationships of potato under different irrigation methods and regimes. **Scientia Agricola**, 63: p. 226-231, 2006.

ERTEK, A.; SENSOY, S.; KÜÇÜKYUMUK, C.; GEDIK, I. Irrigation frequency and amount affect yield components of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). **Agricultural Water Management**, n.67, p.63-76, 2004.

FAO. Food Agricultural Organization. 2012. Statistical – database. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 01 nov.2012.

FARIA, M.A. **Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caudas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.133-238, 1998.

FARIA, R.T.; COSTA, A.C. Tensiômetro: construção, instalação e utilização; um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina: IAPAR, 1987. 24p. Il. (IAPAR, circular, 56).

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; SILVA, L. D. B. **Manejo da irrigação.** Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 123 p.

FREITAG, A.S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus Grandis* e *Pinus Elliottii* em viveiro.** 2007. 60p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS. 2007.

FUMIS, T. F.; SAMPAIO, A. C.; OLIVEIRA, O. M.; LEONEL, S. Épocas de poda e cobertura morta sobre a produtividade e sazonalidade do figo cv. Roxo de Valinhos- 1. Figo Verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002. Belém, Anais... Belém: SBF, 2002. (CD-ROM).

GARCIA Y GARCIA A; GUERRA LC; HOOGENBOOM G. Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. **Agricultural Water Management**, n.96: p.1369-1376, 2009.

GARDNER, W. H. Water content. In: **Methods of soil analysis.** Madison: A. Klute, p. 493-544, 1986

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009.

GONÇALVES, C. A. V.; 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, jun. 2006.

HERNANDEZ, F. B. T.; SUZUKI, M. A.; BUZETTI, S.; CORRÊA, L. S. Resposta da figueira (*Ficus carica* L.) ao uso da irrigação e nitrogênio na região de Ilha Solteira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 99-104, 1994.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 abr 2008.

IBRAF. INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Produção Brasileira de frutas de 2009.** Disponível em: [http://www.ibraf.org.br/estatisticas/ProducaoBrasileiradeFrutas\\_2009.pdf](http://www.ibraf.org.br/estatisticas/ProducaoBrasileiradeFrutas_2009.pdf). Acesso em 24/01/12 às 21:17.

INFOAGRO. El cultivo de la higuera breval. Disponível em: <[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/breva.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/breva.htm)>. Acesso em: 25/01/2013.

INIESTA, F.; TESTI, L.; ORGAZ, F.; VILLALOBOS, F. J. The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. **European Journal of Agronomy**, n.30, p.258-265, 2009.

INTRIGLIOLO, D. S.; BONET, L.; NORTES, P. A.; PUERTO, H.; NICOLAS, E.; BARTUAL, J. Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**. Published on line: 08 August 2012. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00271-012-0372-y?LI=true>

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

KIMATI, H. Doenças da figueira – *Ficus carica* L. In: GALLI, F. **Manual de Fitopatologia : Doenças das plantas cultivadas**. v. 2, São Paulo: Ceres, 1980. p. 319-323.

LACERDA, R. D.; GUERRA, H. O. C.; JUNIOR, G. B.; CAVALCANTI, M. L. F. Avaliação de um TDR para determinação do conteúdo de água do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. V. 5, n.1, 2005.

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**, v. 30, p. 1015-1021, 2008.

LIMA, C. J. G. S. ; GALVÃO, D. C ; MEDEIROS, J. F. ; OLIVEIRA, F. A. ; OLIVEIRA, M. K.T.; ALMEIDA JUNIOR, A. B. . Calibração de FDR (reflectometria com domínio da frequência) sob condições de salinidade. In: XVII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2007, Mossoró-RN. Anais do XVII CONIRD. Brasília : Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2007.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L, F. **Irrigação: princípios e práticas**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MAROUELLI, W. A.; GUIMARÃES, T. G. **Irrigação na cultura da batata**. Itapetininga: Associação Brasileira da Batata: Embrapa Hortaliças, 2006. 66 p.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 156-232.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. e; SILVA, H.R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5.ed. Brasília : EMBRAPA, SPI, 1996. 72p.

MARTIN, D. L.; GILLEY, J. R. **Irrigation water requirements**. Washington, DC: USDA: Soil Conservation Service, 1993. 284 p. (National Engineering Handbook, Part 623).

MIRANDA, J.H. ; GONÇALVES, A.C.A.; CARVALHO, D.F. Água e solo. In: In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.1-62. 2001.

MELO FILHO, J. F. de. **Variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica em função da umidade de um latossolo sob condições de campo**. Piracicaba, 2003. 145p. Tese (Doutorado) - ESALQ, USP.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 213–237, 2001.

NOGUEIRA, A.M.M. **Propagação da figueira (*Ficus carica L.*) através de estacas caulinares em casa de vegetação**. 1995. 61p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLITTA, A.F.L.; SAMPAIO, V.R.; BARBIN, D. Estudo da lâmina e frequência de irrigação por gotejo na cultura do figo. **O Solo**, v.71, p.9-22, 1979.

OLIVEIRA NETO, D. H; CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B; GUERRA, J. G. M; CEDDIA, M. B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira** (Impresso), v. 29, p. 330-334, 2011.

PARIZI, A. R. C. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) e milho (*Zea mays L.*) na região de Santiago, RS**. 2007. 125p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2007.

PAYERO, J. O.; KLOCKE, N. L.; SCHNEEKLOTH, J. P.; DAVISON, D. R. Comparison of irrigation strategies for surface-irrigated corn in West Central Nebraska. **Irrigation Science**, n.24, p.257-265, 2006.

PAZ, V.P.S; TEODORO, R.E.F.; MENDONCA, F.C.. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande: v. 4, n.3, p. 465-473, 2000.

PEDROTTI, E.L.; MANICA, I.; BELTRAME, L.F.S. Níveis de irrigação, crescimento das plantas e concentração de nutrientes nas folhas de figueira (*Ficus carica L.*) 'Roxo de Valinhos'. **Agronomia Sulriograndense**, v.19, p.103-116, 1983.

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.

PEREIRA, F. M. **Cultura da Figueira**. Piracicaba: Livrocetes, 1981. 73p.

PIO, R.; CHAGAS, E.A.; CAMPO DALL'ORTO, F.A.; BARBOSA, W. Manejo para o cultivo da figueira. **Campo & Negócio**, Uberlândia, p.62 - 63, 2007.

QUEIROZ, T. M.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de Software e Hardware para irrigação de precisão usando pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.44-54, jan./mar. 2008.

QUEIROZ, T. M.; CARVALHO, J. A.; RABELO, G.F.; ANDRADE, M. J. B. Avaliação de sistema alternativo de automação da irrigação do feijoeiro em casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25 n.3, p. 632-641, 2005.

QUEIROZ, T.M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 141p., 2007.

REICHARDT, K.; TIMM L.C. **Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP. Ed. Manole, p.323-340, 2004.

RESENDE, L.M. de A.; PAIVA, B.M. de; ALVARENGA, L.R. de. Considerações econômicas sobre citros, figo, maçã, pêssego e uva. **Informe Agropecuário**, v.17, p.56-63, 1994.

RIGITANO, O. **A figueira cultivada no Estado de São Paulo**. 1955. 59 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia/Fruticultura) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1955. 59p.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C. S.; TOMASELLA, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n.2, p. 113-122, 2004.

SANTOS, S. C.; CORRÊA, L. de S. Efeitos da época de poda e no número de ramos sobre o desenvolvimento e produção da figueira (*Ficus carica* L.), cultivada em Selvíria - MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998, Poços de Caldas. Resumos... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 349.

SANTANA, G. S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. S. Estimativa da Condutividade elétrica da solução do solo a partir do teor de água e da condutividade elétrica aparente do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.672-685, set./dez. 2006.

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. . Crescimento da figueira Roxo de Valinhos em diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Impresso), v. 41, p. 539-551, 2011.

SOUZA, A.P., LIMA, M. E., CARVALHO, D. F., ANDRADE, I. P. S., ROCHA, H.S., SILVA, L.B.D. Umidade do solo e vegetação espontânea em diferentes coberturas mortas submetidas a lâminas de irrigação. **Agrária** (Recife. Online). , v.6, p.127 - 139, 2011b.

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, 2011a.

SOUZA, C. F. & MATSURA, E. E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.63-68, 2002.

SOUZA, V. F.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; VIANA, T. V. A. Eficiência do uso de água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio. Campina Grande, PB: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 302-306, 2006.

TEXEIRA, A.S.; COELHO,S.L. Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2. p.367-376, maio/ago. 2005.

TOMMASELLI, J.T.G.; BACCHI, O.O.S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p.1145-54, 2001.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, v.16, p.576-583, 1980.

TOPP, G.C. State of the art of measuring soil water content. **Hydrological Processes**, n.17, p.2993–2996, 2003.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.

VOSSSEN, P. M.; SILVER, D. **Growing temperate tree fruit and nut crops in the home garden**. California: University of California Research and Information Center / The California Backyard Orchard, 2000. 91p.

WAN, S.; KANG, Y. Effect of drip irrigation frequency on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use. **Irrigation Science**, n.24, p.161-174, 2006.

ZEGELIN, S.L.; WHITE, I.; RUSSELL, G.F. A critique of the Time-Domain Reflectometry technique for determining field soil water content. In: Topp, G.C.; Reynolds, W.O.; Green, R.E. (eds). **Advances in measurements of soil physical properties: Bringing theory into practice**. Madison, 1992, p.187-208.