

PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DA LARANJEIRA (*Citrus  
sinensis* L. Osbeck) 'FOLHA MURCHA' SOB DIFERENTES LÂMINAS  
DE IRRIGAÇÃO

**CLINIMAR OLIVEIRA AMARAL**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO - 2013

PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DA LARANJEIRA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'FOLHA MURCHA' SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

**CLINIMAR OLIVEIRA AMARAL**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Elias Fernandes de Sousa

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO - 2013

PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DA LARANJEIRA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'FOLHA MURCHA' SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

**CLINIMAR OLIVEIRA AMARAL**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2013

Comissão Examinadora

---

Prof. Cláudio Roberto Marciano (D.Sc., Solos e Nutrição de Plantas) - UENF

---

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

---

Prof. Ernany Santos Costa (D.Sc., Produção Vegetal) - IFF

---

Prof. Elias Fernandes de Sousa (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, meu refúgio, minha fortaleza, a quem dedico tudo que sou, porque sem Ele eu não teria chegado até aqui;

À minha esposa Diwaney, e meus filhos, Bruno, Matheus e Amanda, pela compreensão, apoio e incentivo;

Ao meu pai, José Francisco (*in memoriam*), meu grande amigo e incentivador;

À minha mãe, que não poupou esforços na nobre tarefa de educar;

Aos familiares, que me encheram de incentivo e motivação;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense, por proporcionar as condições necessárias para o crescimento profissional dos servidores da instituição;

Ao meu orientador e amigo, Professor Elias Fernandes de Sousa, pelos ensinamentos, pela competência e humildade;

A todos os professores e funcionários da UENF e em especial aos professores Cláudio Roberto Marciano, Cláudia Sales Marinho e Geraldo do Amaral Gravina, pelo apoio no desenvolvimento do trabalho da pesquisa;

Aos servidores do IFF e em especial aos professores Ernany Santos Costa, Cristiano Ferolla de Lima;

Aos meus amigos e colaboradores, José Amilton, Antonio Jorge, Júlio Cesar, Wallace e Wagner pelo auxílio ao longo do trabalho de pesquisa;

A todos os meus amigos que me apoiaram nesta árdua, mas prazerosa pesquisa.

## SUMÁRIO

Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
1 Introdução.....	1
2 Objetivo.....	4
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 Revisão Bibliográfica.....	5
3.1 A citricultura.....	5
3.1.1 Aspectos econômicos e panorama atual.....	5
3.1.2 Histórico da citricultura no Estado do Rio de Janeiro.....	6
3.1.3 Botânica, desenvolvimento e genética.....	7
3.1.4 Irrigação.....	9
3.2 Função de produção.....	11
3.2.1 Função de produção: evapotranspiração versus produtividade.....	13
3.2.2 Função de produção: água aplicada versus produtividade.....	14
4 Trabalhos.....	18
Influência da irrigação na qualidade dos frutos da laranjeira ‘Folha Murcha’ em ...	18
Bom Jesus do Itabapoana, RJ	
Função de produção da laranjeira ‘Folha Murcha’ ( <i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck) .....	37
em relação a diferentes lâminas de irrigação	
5 Resumos e conclusões.....	60

Referências Bibliográficas.....	64
Apêndice .....	69

## RESUMO

AMARAL, Clinimar Oliveira; Licenciado em Matemática, M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2013. Produção e qualidade dos frutos da laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'Folha Murcha' sob diferentes lâminas de irrigação. Orientador: Prof. Elias Fernandes de Sousa.

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da irrigação suplementar para a laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'Folha Murcha', enxertada sobre limoeiro 'Cravo', em fase de produção. O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura do Instituto Federal Fluminense – Campus Bom Jesus do Itabapoana, com coordenadas geográficas: 21°08'S e 41°40'W, com uma altitude de 88m, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 6 tratamentos e 5 repetições, sendo cada parcela experimental composta por 3 plantas. Os tratamentos consistiram na aplicação de cinco lâminas de água, definidas com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), correspondendo a percentuais desta (T<sub>2</sub>=36%, T<sub>3</sub>=64%, T<sub>4</sub>=100%, T<sub>5</sub>=127% e T<sub>6</sub>=173% da evapotranspiração da cultura – ET<sub>c</sub>) com turno de rega de 3 dias, utilizando sistema de microaspersão, e um controle sem irrigação (T<sub>1</sub>). No primeiro trabalho foi avaliada a influência da irrigação na qualidade dos frutos. As amostras constaram de oito frutos coletados na planta do centro de cada parcela, totalizando 30 plantas amostradas, entre os meses de setembro e dezembro do ano de 2012. As amostragens foram realizadas em oito datas, de



modo que em cada parcela foram colhidos no total 64 frutos, da parte externa das plantas, ao acaso, à altura de 1,0 m a 2,0 m do solo. Foram analisadas a massa média dos frutos, o rendimento em suco, o teor de sólidos solúveis totais, a acidez titulável total e o índice de maturação. Nas condições de condução desse trabalho os resultados sugerem que houve influência das diferentes lâminas de irrigação nas características analisadas. A massa média dos frutos apresentou uma relação quadrática em relação às lâminas de irrigação, enquanto o teor de sólidos solúveis totais e a acidez titulável total apresentaram uma relação exponencial. As diferentes lâminas de irrigação utilizadas não interferiram no índice de maturação e no rendimento em suco. O segundo trabalho teve como objetivo determinar a função de produção da laranjeira em relação às diferentes lâminas de irrigação. Foram avaliadas duas safras (2011 e 2012), sendo a primeira utilizada como referência, uma vez que a diferenciação das lâminas de irrigação ocorreu a partir de agosto de 2011, já com os frutos atingindo a maturação. Na segunda safra, foi estabelecido o período de colheita entre os meses de setembro a dezembro de 2012. Os resultados obtidos sugerem uma relação exponencial do número de frutos e da produção em relação às diferentes lâminas de irrigação e confirmam que para ocorrer um florescimento satisfatório em citros, é essencial um período de repouso provocado pelo estresse hídrico, no período de prefloração da laranjeira.

## ABSTRACT

AMARAL, Clinimar Oliveira; Graduate in Mathematics, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2013. February. Fruit production and quality of the 'Folha Murcha' orange tree (*Citrus sinensis* L. Osbeck) under different irrigation depth. Advisor: Prof. Elias Fernandes de Sousa.

The aim of this study was to investigate the influence of supplemental irrigation in 'Folha Murcha' orange tree (*Citrus sinensis* L. Osbeck), budded on Rangpur lime in the production phase. The experiment was conducted in Horticulture Sector at the Instituto Federal Fluminense - campus of Bom Jesus, with geographical coordinates: 21°08'S and 41°40'W, with an altitude of 88 m, from August 2011 to December 2012. The experimental design was a randomized block with 6 treatments and 5 replications, each plot consists of 3 plants. The treatments consisted of applying five irrigation depth, defined based on crop evapotranspiration (ETc), corresponding to this percentage (T2 = 36%, T3 = 64%, T4 = 100%, T5 = 127% and T6 = 173% of crop evapotranspiration - ETc) at irrigation interval of 3 days, using microsprinkler system, and a control treatment without irrigation (T1). In the first study, we evaluated the influence of irrigation on fruit quality. The samples consisted of eight fruits collected in the central plant of each plot, totaling 30 plants sampled, between the months of September to December 2012. Samples were taken at eight dates, so that each plot were harvested in total, 64 fruits in outside of the plants, at random, the height from 1.0 m to 2.0 m above the ground.

Were analyzed: the average weight of the fruit, the juice yield, the content of soluble solids, total titratable acidity and maturation index. Under conditions of this study the results suggest an influence of the irrigation depth of these analyzed characteristics. The average fruit weight showed a quadratic relationship with respect to irrigation, while total soluble solids and titratable acidity showed an exponential relationship. The different irrigation levels used did not affect the maturation rate and juice yield. The second study aimed to determine the function of the orange tree production in relation to different irrigation depth. Two crops were evaluated (2011 and 2012), the first being used as reference, since the differentiation of irrigation occurred in August 2011, with the fruits reaching maturity. In the second crop, it was established the harvest period between the months of September to December 2012. The results suggest an exponential relationship between the number of fruits and yield in relation with irrigations depth and to confirm the need for a rest period, caused by water stress in the pre-flowering, to for a satisfactory flowering.

## 1 INTRODUÇÃO

A citricultura é um dos setores mais competitivos e de maior potencial de crescimento do agronegócio brasileiro. O setor movimenta R\$ 9 bilhões por ano e gera em torno de 400 mil empregos diretos e indiretos (Neves et al., 2010). No Estado do Rio de Janeiro, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2012 a área cultivada com laranja corresponde a 4.533 ha, com uma produção de 1.341.000 caixas de 40,8 kg, onde o elevado consumo associado à baixa produção leva o estado a importar 85% das laranjas consumidas, o que justifica o estímulo à citricultura no Estado (Rio de Janeiro, 2012; IBGE, 2013).

A laranjeira doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'Folha Murcha' é uma variedade originária do Rio de Janeiro, com frutos de ótima qualidade, com maturação muito tardia, cuja colheita se dá nos meses de setembro a dezembro. Nas condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro, a colheita ocorre no período de entressafra, onde existe uma forte demanda por laranjas. Seus frutos possuem características semelhantes às variedades Natal e Valência, podem ser destinados ao mercado interno, à produção de suco e à exportação. Esta variedade apresenta elevada resistência à seca e tolerância à bactéria do cancro cítrico, mas apresenta susceptibilidade à Clorose Variegada dos Citros (Donadio et al., 1995; Stuchi, 1999; Pio et al., 2005).

A irrigação visa suprir as necessidades hídricas das plantas, e torna-se necessária onde o regime pluvial não atende à demanda hídrica das plantas

durante todo o seu ciclo ou em parte dele (Simão, 2011). Para os citros, em geral, as necessidades hídricas totais variam entre 600 e 2.400 mm ano<sup>-1</sup>, estando os valores ideais entre 900 e 1.200 mm bem distribuídos (Doorembos e Kassam, 1979).

Os índices pluviométricos registrados para a região Noroeste Fluminense situam-se entre 900 e 1.200 mm, com dois períodos distintos. No período de maio a agosto, registram-se valores inferiores a 50 mm mês<sup>-1</sup>, enquanto nos meses compreendidos entre novembro e janeiro, registram-se volumes de precipitação pluvial superiores a 150 mm (EMBRAPA, 2003). Dessa forma, apesar dos citros serem capazes de suportar longos períodos de déficit hídrico, a irregularidade na distribuição das chuvas torna imprescindível a irrigação, pois o adequado fornecimento de água contribui para o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade dos frutos (Zanini e Pavani, 1998).

A demanda de água é elevada nos períodos de brotação, emissão de botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos, sendo menor nos períodos de maturação, colheita e período de repouso. A irrigação proporciona melhor desenvolvimento das plantas, maior pegamento de flores e frutos, melhor qualidade dos frutos e maior quantidade de óleo na casca. Dependendo das condições climáticas do ano, ainda pode favorecer a concentração da florada e, conseqüentemente, da colheita, facilitando a condução da cultura (Pires et al., 2005).

Por outro lado, o excesso de água no solo, pelo excesso de chuvas ou pelo inadequado fornecimento via irrigação, pode levar à falta de aeração do sistema radicular, inibindo a respiração radicular e o transporte de água (Taiz e Zeiger, 2009).

Silva et al. (2009), analisando o efeito de diferentes lâminas de água e modalidades de equipamentos de irrigação localizada, observaram que os tratamentos irrigados apresentaram aumento da massa das frutas e da produção por planta e que as modalidades dos equipamentos não diferiram significativamente entre si.

Em trabalho de revisão, Silva et al. (2006), concluíram que o déficit hídrico diminui a produtividade dos citros, principalmente se ocorrer no florescimento e pegamento dos frutos, evidenciando ser a irrigação uma prática recomendável. Entretanto, nos períodos de baixa sensibilidade ao déficit hídrico a suspensão da

irrigação tem sido viável, visando economia de água e a redução dos custos de produção.

A 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. Com isso, é necessário minimizar a quantidade de água aplicada via irrigação sem, contudo, comprometer a produção final (Azevedo et al., 1999).

Segundo Frizzone e Andrade Junior (2005), a função de produção é a relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e a quantidade máxima que se pode obter do produto, para uma dada tecnologia conhecida. O estabelecimento da função de produção relacionada à água visa determinar a quantidade ideal de água a ser aplicada, buscando o aumento da produção, da qualidade dos frutos e da rentabilidade econômica da cultura e seus efeitos no ambiente.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 Objetivo Geral

- Estudar a influência da irrigação suplementar sobre a laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'Folha Murcha', enxertada sobre limoeiro 'Cravo', em fase de produção, e determinar as funções de produção da cultura em relação a diferentes lâminas de irrigação.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar a função de produção da laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) em relação às diferentes lâminas de irrigação e estabelecer, nas condições da Região Noroeste Fluminense, a lâmina total de água para a máxima produção;
- Avaliar a influência da irrigação na qualidade dos frutos da laranjeira 'Folha Murcha' na Região Noroeste Fluminense.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A citricultura

##### 3.1.1 Aspectos econômicos e panorama atual

A citricultura brasileira é um dos setores do agronegócio mais competitivos e de maior potencial de crescimento. O país é o terceiro maior produtor mundial de frutas frescas e o maior produtor mundial de citros. Quase todos os estados brasileiros cultivam frutas cítricas, sendo o Estado de São Paulo o principal produtor, respondendo por aproximadamente 83% da produção brasileira (IBRAF, 2012). Entretanto, na última década, tem-se observado uma mudança no seu perfil com migração das áreas de cultivo para o sudoeste de São Paulo e para as regiões Sul e Nordeste, que vem aumentando sua participação na produção brasileira de citros (Silva et al., 2011).

A cadeia produtiva da citricultura move R\$ 9 bilhões por ano, gerando mais de 400 mil empregos diretos e indiretos e ocupa uma área aproximada de 862 mil hectares com uma produção anual de cerca de 19 milhões de toneladas de frutos (IEA, 2012; IBGE, 2013). O Brasil detém 30% da produção mundial de laranja e responde por 80% das exportações mundiais de suco de laranja concentrado, movimentando um volume de US\$ 1,2 bilhão, cujo consumo mundial vai crescendo a uma taxa de 2% a 4% ao ano. Desse volume, 66,6% das exportações vão para a União Europeia e 15% para os Estados Unidos. Neste



cenário, nos últimos anos o continente asiático vem se destacando pelo grande potencial de aumento de consumo (Neves et al., 2010).

### 3.1.2 Histórico da citricultura no Estado do Rio de Janeiro

De acordo com Soares (1962), no Estado do Rio de Janeiro, as extensas áreas de topografia plana ou suave, a inexistência de relevos impedindo a comunicação terrestre e a proximidade de um grande porto, no qual vários municípios estavam ligados por transporte ferroviário, foram condições que possibilitaram a expansão da cultura da laranja no fim do século XIX e início do século XX. O crescimento da cultura culminou na década de 30 do século XX, sendo a área citrícola do Rio de Janeiro a mais importante do país, com um volume de exportação de 1,3 milhões de caixas embarcadas no porto do Rio de Janeiro.

A decadência da citricultura no Estado do Rio de Janeiro teve início com a transferência das empresas exportadoras de citros do Rio de Janeiro para o Estado de São Paulo, com a justificativa da falta de resistência da fruta carioca ao transporte, culminando com a paralisação das exportações causada pela Segunda Guerra Mundial. Dessa forma, muitas lavouras foram derrubadas, outras abandonadas ou mal manejadas, criando condições favoráveis para o surgimento da mosca do mediterrâneo e outras doenças, que colocaram a citricultura nacional e em especial a do Rio de Janeiro em situação calamitosa (Soares, 1962).

Com o término da guerra, as lavouras que restavam encontravam-se maltratadas, prejudicadas por pragas e doenças e com produtividade baixíssima, não atendendo sequer ao mercado nacional. Então, com a proibição das exportações, as poucas lavouras existentes em boas condições não tiveram condições de serem mantidas. Diante de tal situação, os produtores, em sua maioria, endividados viram-se “obrigados” a lotear suas propriedades, valendo-se da necessidade de expansão das cidades, da condição favorável à multiplicação das indústrias no cenário pós-guerra e do posicionamento estratégico em relação ao porto (Soares, 1962).

A citricultura fluminense, apesar das diversas dificuldades enfrentadas no período pós-guerra, apresentou uma discreta recuperação da área cultivada,

principalmente na Região dos Lagos, chegando a possuir uma área plantada de 37.148 ha, no período de 1973 a 1974 (IBGE, 2013). Os motivos da diminuição da área cultivada, entre 1950 a 1990, não ficaram totalmente caracterizados, mas pode-se atribuir esse declínio provavelmente pela infestação de *Orthesia praelonga* e doenças como a Mancha Preta, causada pelos fungos *Guignardia citricarpa* Kiely (teleomórfico) – *Phyllosticta citricarpa* (McAlp.) van der A.A. (anamórfico), e à especulação imobiliária (Azevedo, 1996).

Em 2012, a área cultivada com laranja no Estado do Rio de Janeiro era de 4.533 ha, com uma produção de 1.341.000 caixas de 40,8 kg (IBGE, 2013).

### 3.1.3 Botânica, desenvolvimento e genética

Os citros compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros afins (*Fortunella* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae, representado, na maioria, por laranjeiras doces (*Citrus sinensis*), tangerinas (*Citrus reticulata* e *Citrus deliciosa*), limões (*Citrus limon*), limas ácidas (como o Tahiti - *Citrus latifolia* - e o Galego - *Citrus aurantifolia*) e doces (como a Lima da Pérsia - *Citrus limettoides*), pomelo (*Citrus paradisi*), cidra (*Citrus medica*), laranja-azeda (*Citrus aurantium*) e toranjas (*Citrus grandis*). São originários principalmente das regiões subtropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia, incluindo áreas da Austrália e África. Foram levados para a Europa na época das Cruzadas. Chegaram ao Brasil, trazidos pelos portugueses, no século XVI (Mattos Junior et al., 2011).

No grupo das laranjeiras doces (*Citrus sinensis* L. Osbeck), predominantes nas áreas citrícolas mundiais e respondendo por dois terços dos plantios, destacam-se as variedades com importância comercial como 'Pera', 'Natal' e 'Valência', que existem em maior número dentro do grupo. Outra variedade, a 'Hamlin', apesar de ser cultivada em menor número, apresenta-se como alternativa por apresentar maturação precoce à meia estação, isto é, com época principal de colheita nos meses de abril a julho. Dentre as variedades com percentagens de plantio muito baixa, destacam-se algumas variedades com certo interesse comercial e com plantios em ascensão, como a 'Folha Murcha', pelo fato de apresentar maturação muito tardia com época de colheita nos meses de novembro a março, sob as condições do Estado de São Paulo (Pio et al., 2005).

A laranjeira doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'Folha Murcha' é uma variedade originária do Rio de Janeiro, sendo uma das principais variedades cultivadas no estado. De origem controvertida, é considerada por alguns autores como uma variação espontânea das laranjeiras 'Pera', 'Valência' ou 'Seleta'. Já outros autores acreditam ser esta variedade uma mutação somática de 'Seleta' ou 'Natal' (Donadio et al., 1995; Pio et al., 2005).

A 'Folha Murcha' tem como característica típica a presença de folhas enroladas, ou retorcidas, o que sugeriu o nome, pois a planta parece estar submetida a déficit hídrico. As folhas adultas apresentam em média as seguintes dimensões: comprimento de 9,08 cm, largura de 5,59 cm; pecíolo pouco alado, com comprimento de 1,75 cm e largura de 0,51 cm. A folha, pela sua forma enrolada, aparenta medir cerca de 2 cm de largura (Donadio et al., 1995). As flores são típicas das laranjas doces. Os frutos são tardios, tendo boa conservação na planta. Medem em média 6,35 cm de altura, 6,48 cm de diâmetro, apresentando forma arredondada, levemente achatada, com ocorrência também de frutos oblongos. Esta variedade apresenta casca fina, levemente rugosa, de cor laranja, típica das laranjeiras doces. A polpa é fina, com eixo central compacto. O ápice do fruto é côncavo e a base, convexa (Donadio et al., 1995). Os frutos podem ser destinados ao mercado interno, à produção de suco e à exportação. De acordo com Stuchi (1999), a maturação dos frutos inicia-se em setembro, atingindo a faixa ideal em outubro, mas conserva boas características de índice de maturação ou 'ratio', até dezembro, sob as condições do Estado do Rio de Janeiro. Entende-se por índice de maturação ou 'ratio', a relação entre o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a acidez titulável total (ATT).

A 'Folha Murcha' apresenta elevada resistência à seca e tolerância à bactéria do cancro cítrico, mas apresenta susceptibilidade à Clorose Variegada dos Citros (Pio et al., 2005).

Para Vasconcelos et al. (1975), a laranjeira 'Folha Murcha' apresenta vários problemas de natureza agrônômica, dentre eles, podemos citar a ausência de fixação de alguns caracteres fenotípicos, onde se observa com regularidade a ocorrência na planta de ramos com folhas normais, mais vigorosas do que as típicas, contrastando com uma das principais características dessa variedade, que é a presença de folhas enroladas ou retorcidas.

### 3.1.4 Irrigação

A necessidade de produzir cada vez mais alimentos vem de encontro às pressões nacionais e internacionais contra o avanço das fronteiras agrícolas brasileiras, que subentendem o desmatamento. Com isso, torna-se necessário produzir mais, sem agredir o meio ambiente. O uso de tecnologias que visem o aumento da produtividade das lavouras é um importante instrumento para o alcance deste objetivo.

Com a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, torna-se imperativo a racionalidade no uso da água (PNRN, 2006). Assim, a eficiência na aplicação da água pelos sistemas de irrigação deverá ser a máxima possível, o que requer o desenvolvimento de tecnologias adequadas. O manejo adequado da água e dos nutrientes na irrigação é pouco difundido e adotado, e necessita da determinação de parâmetros básicos e de estratégias de manejo ajustadas às nossas condições de cultivo (Donadio et al., 1995).

Nesse sentido, a irrigação possibilita o aumento da produtividade e rentabilidade das lavouras através da eficiência no uso da água, da eficiência no uso da energia, da eficiência no uso dos insumos e o respeito ao meio ambiente (Bernardo et al., 2006). Não funciona em separado, mas integrada a outras práticas agrícolas de forma a beneficiar a cultura e aumentar a rentabilidade do produtor. É necessária em regiões onde o regime pluvial não atende às necessidades das plantas durante todo o seu ciclo ou em parte dele, permitindo ampliar o tempo de exploração, o número de colheitas ou, ainda, melhorar a produção já existente (Simão et al., 2011).

A deficiência de água é um fator limitante para a obtenção de produtividades elevadas e de boa qualidade, porém o excesso de água no solo ou encharcamento também pode ser prejudicial, haja vista que causa redução no crescimento e desenvolvimento das plantas em consequência dos danos às raízes. Segundo Taiz e Zeiger (2009), em condição de excesso de água no solo, a falta de aeração do sistema radicular pode inibir a respiração radicular e o transporte de água, e não contribui para uma maior evapotranspiração da cultura.

De acordo com Koo (1963) e Doorenbos e Kassan (1979), a necessidade hídrica dos citros varia de 900 a 1.200 mm ano<sup>-1</sup>, podendo variar de acordo com a

espécie, sistema de plantio, estágio de desenvolvimento, idade e condições climáticas, que podem afetar as características de absorção e transporte de água na planta.

O período crítico ao déficit hídrico é aquele no qual o estresse se torna mais prejudicial à produção. Nos citros, esse período vai da brotação até o fruto atingir 2,5 cm de diâmetro (Pires et al., 2005).

Segundo Pires et al. (2005), a irrigação proporciona melhor pegamento de flores e frutos, melhoria da qualidade dos frutos e maior quantidade de óleo na casca. Os autores ressaltam que, a resposta dos citros a essa técnica depende do fornecimento de água nos diferentes estádios fenológicos e nos ciclos de crescimento anteriores. A irrigação, dependendo das condições climáticas do ano, ainda pode favorecer a concentração da florada e, conseqüentemente, da colheita, facilitando a condução da cultura, reduzindo custos e favorecendo a maior produção de frutos viáveis.

A irrigação contribui para a diminuição da ocorrência de doenças, devido ao maior equilíbrio das plantas, associado ao estado hídrico e nutricional, especialmente quando a irrigação estiver associada à fertirrigação (Feichtenberger, 1990).

O déficit hídrico causa redução na altura da planta, diâmetro do caule, projeção da copa, área foliar, condutância estomática e assimilação de CO<sub>2</sub>, podendo causar enrolamento e queda de folhas e frutos e, conseqüentemente, queda na produção. O déficit hídrico envolve efeitos hidráulicos dentro de cada órgão, particularmente na condutância das folhas, que combinada com alterações químicas, intensifica a síntese do etileno que determinará a queda de folhas (Castro, 1994).

A diferenciação das gemas florais ocorre durante o período de repouso, quando o crescimento vegetativo é mínimo. O déficit hídrico, aliado a baixas temperaturas, ou isoladamente, pode desencadear o florescimento. Tal fato está associado à razão pela qual pode haver mais de uma florada por ano. Doorenbos e Kassan (1979), afirmam que para ocorrer o florescimento dos citros na primavera, é essencial um período de repouso seguido de chuva ou irrigação para indução do florescimento na primavera. A duração desse período de repouso determina a quantidade de flores produzidas. Deve durar, em média, dois meses, podendo ser induzido por baixas temperaturas no inverno e ou por período de

déficit hídrico. Segundo os autores, em regiões de inverno ameno, para induzir o período de repouso, as irrigações deveriam ser suspensas por dois a três meses. Finalizado esse período, é necessário um adequado suprimento de água para garantir o pegamento das flores e frutos e a produção. Todavia, apesar das condições favoráveis de suprimento de água, apenas pequena porcentagem de flores resulta em frutos, podendo ser inferior a 0,2%.

Zanini e Pavani (1998), em experimento realizado em Jaboticabal, Estado de São Paulo, observaram que a produtividade média das plantas irrigadas foi sempre superior à das não irrigadas nas diferentes combinações de copa e porta-enxertos. Os autores ainda salientam que o efeito da irrigação no desenvolvimento das plantas e na produção dos citros pode não aparecer no primeiro ciclo, porém são evidentes diferenças na qualidade dos frutos.

Silva (1999), em avaliação de quatro safras consecutivas, não obteve diferenças significativas para a massa média da fruta, obtendo no tratamento sem irrigação uma massa de 166 g e para o tratamento com irrigação uma massa de 180g.

Duenhas et al. (2002), analisando o efeito da irrigação sob a produção e qualidade dos frutos da laranjeira 'Valência', não observaram diferenças significativas entre os tratamentos para as características: peso do frutos, número de frutos, produtividade e peso médio dos frutos.

Silva et al. (2009), em estudo realizado em Nova Europa – SP, avaliando três sistemas de irrigação localizada com a variação das lâminas de água aplicada à cultura da laranjeira 'Valência' observaram que com a irrigação houve um aumento na massa das frutas e a produção por planta. As diferentes lâminas de água aplicada e os equipamentos utilizados não apresentaram diferenças na massa da fruta. Os tratamentos irrigados apresentaram maior produção que os tratamentos sem irrigação, sendo a lâmina com 50% da ETc a que apresentou maior eficiência no uso da água.

### 3.2 Função de produção

Segundo Frizzone e Andrade Junior (2005), função de produção é a relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e a quantidade máxima que se pode obter do produto, para uma dada tecnologia

conhecida. Entretanto, na agricultura irrigada, a produção depende de muitos fatores complementares como fertilizantes, defensivos, herbicidas, potencial genético, maquinaria e implementos agrícolas adequados, disponibilidade de mão de obra, pesquisa aplicada, assistência técnica, entre outros.

De acordo com Frizzone (2005), apesar do grande número de variáveis que influenciam a produtividade das culturas agrícolas e a complexidade de suas inter-relações, que afetam a quantidade e a qualidade do produto, a produtividade pode ser expressa, exclusivamente em função da água utilizada pelo cultivo (Equação 1), desde que os demais fatores de produção permaneçam fixos e em nível ótimo.

$$Y = Y(W)_{p,q,r,s} \quad (1)$$

onde: Y = produtividade da cultura; W = água utilizada pela planta; p = fatores meteorológicos (exceto chuva); q = fatores pedológicos (exceto a reserva hídrica do solo e a ascensão capilar); r = material genético; e s = fatores fitotécnicos (exceto irrigação).

Dessa forma, constata-se que as funções de produção água-cultura para serem completas devem envolver a resposta fisiológica e/ou agrônômica da planta. Nesse sentido, as funções podem ser classificadas em dois grupos: funções fisiológicas; e funções empíricas e semiempíricas (Vaux e Pruitt, 1983).

No primeiro grupo, as aproximações fisiológicas, em geral, são complexas, pois a resposta das plantas é o resultado da interação de muitos processos fisiológicos que podem ser afetados diferentemente pela deficiência hídrica. Esse modelo, embora possa ser utilizado no desenvolvimento de funções de produção, apresenta limitações para sua aplicação.

Para o segundo grupo, que trata das aproximações empíricas e semiempíricas, as experimentações conduzidas sobre os efeitos do déficit hídrico (intensidade, duração e tempo de ocorrência durante o ciclo fenológico) no crescimento e produtividade das culturas são importantes. Este grupo será abordado nesse trabalho, sendo a produtividade da cultura relacionada com evapotranspiração ou transpiração; e com lâmina de irrigação ou lâmina total de água aplicada (irrigação + precipitação).

### 3.2.1 Função de produção: evapotranspiração versus produtividade (ky)

Muitos trabalhos de pesquisas foram realizados para estabelecer a resposta das culturas à precipitação e/ou irrigação, sendo que foi a partir do século XX que os pesquisadores envidaram esforços nos estudos das relações água-productividade e consumo de água pelas culturas.

De acordo com Frizzone (2005), a partir da análise dos experimentos conduzidos De Wit (1958), encontrou-se uma relação linear entre a produção de matéria seca (MS) e a razão de transpiração (T) / evaporação de tanque ( $E_0$ ) para regiões áridas e semiáridas. Concluindo que essa relação poderia ser usada a campo, desde que uma pequena correção fosse feita, e que uma forma simplificada dessa relação poderia ser usada para regiões de clima temperado e sob condições não limitantes de água. Dessa forma, Arkley (1963) introduziu um fator de correção climático baseado na umidade relativa mensal média para substituir  $E_0$  no modelo proposto por De Wit (1958). Ele também investigou a relação entre produção de matéria seca, transpiração e déficit de pressão de vapor. Hanks (1974) utilizou a equação de De Wit (1958) e desenvolveu um modelo relacionando transpiração relativa e produtividade relativa de matéria seca.

Stewart e Hagan (1977) elaboraram o modelo de função de produção mais aceito atualmente (Equação 2). Esse modelo relaciona a queda de rendimento relativo ( $Y_r/Y_m$ ) com o déficit de evapotranspiração relativa ( $ET_r/ET_m$ ), dada pelo coeficiente de resposta da cultura ( $K_y$ ).

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = k_y \cdot \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (2)$$

onde:  $Y_r$  = rendimento real obtido;  $Y_m$  = rendimento máximo obtido;  $K_y$  = coeficiente de resposta da cultura, é obtido por meio de pesquisas com diferentes culturas em uma ampla faixa de crescimento;  $ET_r$  = evapotranspiração real; e  $ET_m$  = evapotranspiração máxima.

Define-se como rendimento máximo de uma cultura ( $Y_m$ ) aquele obtido de uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao respectivo ambiente de crescimento em condições tais que não hajam limitações provocadas por outras



variáveis. Os fatores que determinam  $Y_m$  são temperatura, radiação e duração do período total de crescimento. O rendimento máximo ( $Y_m$ ) pode ser calculado para diferentes condições climáticas. Os métodos permitem a quantificação do potencial produtivo de diferentes áreas, identificando, desse modo, as mais apropriadas para a produção de determinada cultura. Para a quantificação de  $Y_m$  podem ser utilizados dois métodos (Frizzone, 2005).

O primeiro, o Método de “Wageningen”, denominado modelo linear, foi encontrado para determinar adequadamente a produção de matéria seca para alfafa, milho, sorgo e trigo e apresenta relações matemáticas para converter a matéria seca produzida em rendimento de produto comercializável, dependendo dos déficits hídricos durante os diferentes períodos de desenvolvimento da cultura. O segundo, o Método da zona agroecológica, foi desenvolvido para servir como estimativa em base continental. Entretanto, o método também pode ser aplicado até um nível de detalhe necessário para se ajustar a localidades específicas (Frizzone, 2005).

### 3.2.2 Função de produção: água aplicada versus produtividade

Embora a evapotranspiração seja o parâmetro hídrico que está mais diretamente associado ao rendimento das culturas, o conhecimento da natureza da relação entre rendimento e água aplicada permite estabelecer o consumo ótimo econômico de água durante o ciclo da cultura (Stewart e Hagan, 1973).

Essa forma clássica de função de produção para água procura relacionar lâmina líquida de irrigação, ou lâmina total de água aplicada (irrigação+precipitação), com rendimento das culturas. Os estudos se limitam a aplicar um tipo de curva, selecionada através de análise de regressão, aos dados obtidos em experimentos de campo. A adoção de tais aproximações empíricas, mesmo que oferecendo escassa possibilidade de explicar a natureza das relações que regulam o processo, justifica-se pela necessidade de encontrar indicadores de caráter agroeconômico, sem necessidade de recorrer a modelos complexos de difícil operacionalidade. Nesse aspecto, as funções de produção para a quantidade de água aplicada são de grande importância teórica e prática (Frizzone e Andrade Junior, 2005).

Considerando o grande número de variáveis da função de produção que influenciam na produtividade das culturas agrícolas, estas foram classificadas de duas formas: variável independente e variável dependente. A variável independente “água” pode ser transpiração, evapotranspiração, lâmina de água, entre outras. A variável dependente diz respeito à produtividade agrícola comercial como grãos, frutos, matéria seca, matéria verde, etc. A definição da variável água como lâmina de irrigação, sem levar em consideração a água armazenada no solo e a precipitação, conduz alguns gráficos a interceptar o eixo das ordenadas, cujo rendimento seria em virtude da água armazenada, no solo pelas chuvas. Quando a variável é água total aplicada, ou seja, irrigação e precipitação, geralmente a curva intercepta o eixo das abscissas em algum valor maior que zero. Esse valor corresponde à quantidade que a planta necessita consumir para produzir determinada quantidade de matéria seca antes de iniciar a produção comercial (Gardner e Gardner, 1983).

Em geral, os resultados experimentais obtidos em campo conduzem a um grande número de tipos de funções  $Y=Y(W)$ , com traçados gráficos muito diferentes. Hexem e Heady (1978) concluem que as funções polinomiais são mais adequadas para expressar analiticamente as relações água aplicada-rendimento, superando até mesmo os bons resultados proporcionados pela equação original de Mitscherlich.

Uma função de produção polinomial pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y = \sum_{i=0}^n R_i X^i \quad (3)$$

onde:  $n$  = grau do polinômio, se  $n=1$  a função é linear, se  $n=2$  a função é quadrática; e  $R$  = constante.

A função Mitscherlich ( $Y$ ), muito utilizada em estudos de produtividade vegetal relacionados às doses de insumos aplicadas ( $X$ ), apresenta três parâmetros ( $a, b, c$ ), sendo expressa da seguinte forma:

$$Y = a [1 - 10^{-b(c+X)}] \quad (4)$$

Segundo Hargreaves e Samani (1984), a função de produção água aplicada-cultura pode ser considerada linear até aproximadamente 50% da quantidade de água que proporciona o rendimento máximo. Para maiores quantidades de água, os acréscimos na produção são progressivamente menores, refletindo as várias perdas de água que ocorrem próximo da condição máxima de rendimento (Figura 1).

A irrigação é tão menos eficiente quanto mais a quantidade de água aplicada se aproxima dessa condição. O declínio na eficiência está relacionado com a lâmina e frequência de irrigação, com as características da cultura e do solo e com as condições climáticas (English, 1990).

A curva de água aplicada  $[f(W)]$  está próxima da reta evapotranspiração  $[f(ET)]$  para pequenas lâminas de irrigação, mas se afasta progressivamente para maiores lâminas de irrigação, conforme Figura 1.

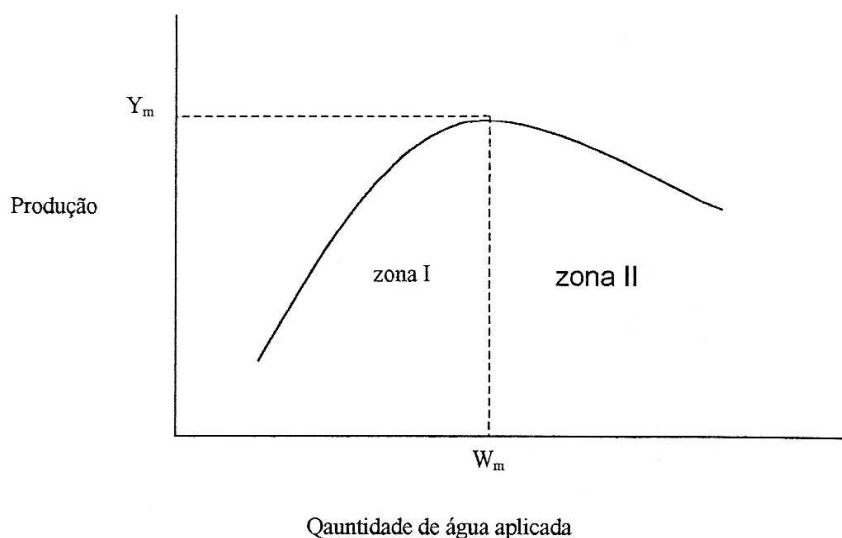


Figura 1. Função de resposta de uma cultura à irrigação (Hargreaves e Samani, 1984).

A forma da curva até a máxima produtividade é determinada por fatores diferentes daqueles que agem no processo após esse ponto. A redução do rendimento por excesso de água está associada à falta de aeração no solo, à lixiviação de nutrientes e às doenças que se desenvolvem em solo úmido. Nesse sentido, Solomon (1985) sugere que o modelo raiz quadrada seja o mais ajustado

à resposta biológica, à característica de ascensão e ao decréscimo da produção em relação à quantidade de água aplicada, devido à ausência de simetria entre as zonas I e II.

## 4 TRABALHOS

### INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NA QUALIDADE DOS FRUTOS DA LARANJEIRA 'FOLHA MURCHA' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) EM BOM JESUS DO ITABAPOANA, RJ

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da irrigação na qualidade dos frutos da laranja 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), enxertada sobre limoeiro 'Cravo', com espaçamento de 5,0 x 5,0 m, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012, cujo plantio foi executado em janeiro de 2005. O experimento foi realizado no Setor de Fruticultura do Instituto Federal Fluminense em Bom Jesus do Itabapoana, RJ. Foram avaliadas a massa média dos frutos (Mmf), o teor de sólidos solúveis totais (SST), a acidez titulável total (ATT), o índice de maturação (IM) e o rendimento em suco (S). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos e 5 repetições, sendo, cada parcela experimental composta por 3 plantas. As lâminas de água foram definidas com base na evapotranspiração da cultura (ETc), correspondendo a percentuais desta (T2 = 36%, T3 = 64%, T4 = 100%, T5 =

127% e T6 = 173% da evapotranspiração da cultura – ETc) com turno de rega de 3 dias, utilizando sistema de microaspersão, e um controle sem irrigação (T1). A massa média do fruto (Mmf) e as características físico-químicas como teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT), índice de maturação (IM) e rendimento em suco (S) foram submetidas à análise de variância. Os resultados demonstram que houve influência da lâmina de irrigação sobre a massa média dos frutos (relação quadrática) e sobre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez titulável total (relação exponencial). As diferentes lâminas de irrigação utilizadas não interferiram no índice de maturação e no rendimento em suco.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, irrigação, produção, qualidade do fruto.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of irrigation on fruit quality in 'Folha Murcha' orange tree (*Citrus sinensis* L. Osbeck), budded on 'Rangpur lime', with spacing of 5.0 x 5.0 m, at the period of August 2011 to December 2012, whose plantation was executed in January 2005. The experiment was conducted in Horticulture Sector at the Instituto Federal Fluminense in Bom Jesus do Itabapoana, RJ. We evaluated the average fruit weight (Afw), the total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA), the maturation index (MI) and juice yield (Jy). The experimental design was a randomized block design with 6 treatments and 5 replications, each plot consists of 3 plants. The water depths were defined based on crop evapotranspiration (ETc), corresponding to this percentage (T2 = 36%, T3 = 64% = 100% T4, T5 = 127% and T6 = 173% of crop evapotranspiration - ETc) and irrigation interval of 3 days using microsprinkler system, and a control without irrigation (T1). The fruit weight (Afw) and physicochemical characteristics such as total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA), maturation index (MI) and juice yield (Jy) were subjected to ANOVA. The results show that there was influence of irrigation depth on the average fruit mass (quadratic relationship) and the content of soluble solids and total titratable

acidity (exponential relationship). The different irrigation levels used did not affect the maturation rate and juice yield.

Keywords: *Citrus sinensis*, irrigation, yield, fruit quality.

## INTRODUÇÃO

A citricultura brasileira ocupa papel de destaque no agronegócio brasileiro, movimentando cerca de R\$ 9 bilhões por ano, gerando cerca de 400 mil empregos diretos e indiretos. A área plantada com citros é de aproximadamente 862 mil hectares, com cerca de 270 milhões de plantas e uma produção anual de cerca de 19 milhões de toneladas de frutos (Neves et al., 2010; IEA, 2012; IBGE, 2013).

No Brasil, a área irrigada em citros vem expandindo nos últimos anos, apesar da predominância dos cultivos sem irrigação. O aumento da área irrigada se deve principalmente ao comportamento errático do clima, com estiagens prolongadas em períodos críticos à cultura, como floração, pegamento e crescimento dos frutos (Pozzan e Triboni, 2005). Outro fator, que torna necessária a irrigação, é a diversificação de porta-enxertos. Devido à susceptibilidade do limoeiro 'Cravo' à Morte Súbita dos Citros – MSC, à Gomose, e ao Declínio, com o uso de porta-enxertos tolerantes às doenças, porém pouco tolerantes à deficiência hídrica. (Silva et al., 2009).

Segundo Pires et al. (2005) e Pozzan e Triboni (2005), a irrigação proporciona o aumento da produtividade porque o adequado fornecimento de água aumenta o pegamento de flores e frutos, redução da queda de "chumbinhos", melhor qualidade dos frutos, homogeneização da produção, adiantamento da maturação e aumento do tamanho dos frutos e maior quantidade de óleo na casca. Os autores ressaltam que a resposta dos citros a essa técnica depende do fornecimento de água nos diferentes estádios fenológicos e nos ciclos de crescimento anteriores.

Segundo Bary (2000), a água exerce influência em todas as fases de desenvolvimento do fruto. O excesso de água provoca expansão demasiada do

fruto, diminuindo a concentração de sólidos solúveis totais e afetando a qualidade do mesmo. Também pode provocar o aumento da turgescência da casca, tornando-a mais suscetível às alterações pós-colheita, fenômeno conhecido como oleocelose, que é o rompimento das glândulas de óleo da casca, depreciando comercialmente o fruto.

Poucos são os estudos realizados para estabelecer a influência da precipitação e/ou irrigação na qualidade do fruto cítrico. Além disso, a sua composição também é influenciada pelo solo, clima, altitude, porta-enxerto e tratamentos culturais, o que justifica a análise da laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 'Folha Murcha' em condições regionais. O estudo das relações água-produtividade, o consumo de água pelas culturas e a qualidade do fruto, tem como meta a produção de frutos que atendam aos padrões de mercado para fruta fresca e/ou industrialização (Viégas, 1991; Stuchi et al., 1996). Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da irrigação na qualidade dos frutos da laranjeira 'Folha Murcha' em Bom Jesus do Itabapoana – RJ.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Bom Jesus, em Bom Jesus do Itabapoana, RJ, latitude 21°08' S, longitude de 41°40' O, com uma altitude de 88m, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012.

Segundo Barbosa et al. (2008), de acordo com a classificação de Köppen, o clima da Região Noroeste Fluminense é Aw, isto é, com uma estação quente e chuvosa e outra seca.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, apresentando inclinação de vinte por cento, com características químicas e físico-hídricas apresentadas nos Quadros 1 e 2.



Quadro1. Características químicas do solo da área experimental em função do local de coleta (linha ou entrelinha) e da profundidade (0 - 20 cm ou 20 – 40 cm)

Parâmetros analisados	Unidade	Linha		Entrelinha	
		0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH		5,2	4,8	4,6	4,6
P*	mg dm <sup>-3</sup>	7	2	2	1
K*	mg dm <sup>-3</sup>	121	79,5	83	43
Ca	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,55	1	1	1
Mg	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,8	0,6	0,5	0,6
Al	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,3	0,5	0,6	0,4
H + Al	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,75	3,2	4	2,8
Na	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,03	0,02	0,02	0,01
C	%	1,53	1,11	1,16	0,82
Matéria Orgânica	g dm <sup>-3</sup>	26,4	19,1	20	14,1
Soma de Base (S.B.)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,7	1,9	1,7	1,7
CTC a pH 7,0 (T)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,45	5,05	5,7	4,5
CTC efetiva (t)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,05	2,4	2,3	2,1
Saturação de Alumínio (m)	%	10	21,5	26	19
Saturação de Base (V)	%	42	36,5	30	38
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	22,75	16,05	22,6	15,8
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	1,3	0,8	0,9	0,7
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	2,2	0,85	1,2	0,6
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	24,3	22,5	41,4	29,4
S	mg dm <sup>-3</sup>	27,45	50,5	24,6	28,6
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,45	0,33	0,37	0,41

\* Extrator Carolina do Norte

Local de Análise: Laboratório de Análise de Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Dr. Leonel Miranda, Campos dos Goytacazes-RJ.

Quadro 2. Composição granulométrica, densidade ( $\rho$ ), umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), umidade no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) e água disponível (AD) para as camadas/horizontes do Argissolo Vermelho Amarelo da área experimental

Camada ou horizonte	Profundidade (m)	Areia -----( $\text{g kg}^{-1}$ )-----	Silte -----	Argila -----	$\rho$ ( $\text{mg m}^{-3}$ )	$\theta_{cc}$ -----( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )-----	$\theta_{PMP}$	AD
Copa	0-0,10	441	141	418	1,465	0,318	0,239	0,079
Ap	0-0,20	421	127	452	1,470	0,333	0,236	0,097
AB	0,20-0,55	272	111	617	1,406	0,378	0,266	0,112
Bt1	0,55-0,90	247	84	669	1,337	0,371	0,342	0,030
Bt2	0,90-1,20	289	84	627	1,415	0,393	0,284	0,109
Bt3	1,20-1,60	340	115	545	1,478	0,364	0,328	0,037
C	1,60-2,20	499	178	323	1,589	0,304	0,268	0,036

Local de análise: Laboratório de Solos (LSOL) da UENF/CCTA.

As plantas avaliadas foram laranjeiras ‘Folha Murcha’, enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’, com espaçamento de 5,0 x 5,0 m, em fase de produção, cujo plantio foi efetuado em janeiro de 2005.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 6 tratamentos e 5 repetições, sendo cada parcela experimental composta por 3 plantas (Figura 1). Os tratamentos consistiram na aplicação de cinco lâminas de água, definidas com base na evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), correspondendo a percentuais desta ( $T_2 = 36\%$ ,  $T_3 = 64\%$ ,  $T_4 = 100\%$ ,  $T_5 = 127\%$  e  $T_6 = 173\%$  da evapotranspiração da cultura –  $ET_c$ ) com turno de rega de 3 dias e um controle sem irrigação ( $T_1$ ).

A água foi aplicada por intermédio de um sistema de irrigação localizada, com microaspersores autocompensantes da marca NAANDAN, modelo DAN 2002, equipado com asa giratória tipo “pop-up” (anti-inseto) com limitador de diâmetro para impedir a interferência entre tratamentos. O sistema de irrigação foi composto de moto bomba elétrica de 3 estágios, tubulação de recalque e de distribuição em tubos de PVC, linhas laterais em tubo de polietileno de 16mm, válvulas solenoides de acionamento elétrico, um programador eletrônico de irrigação e microaspersores.

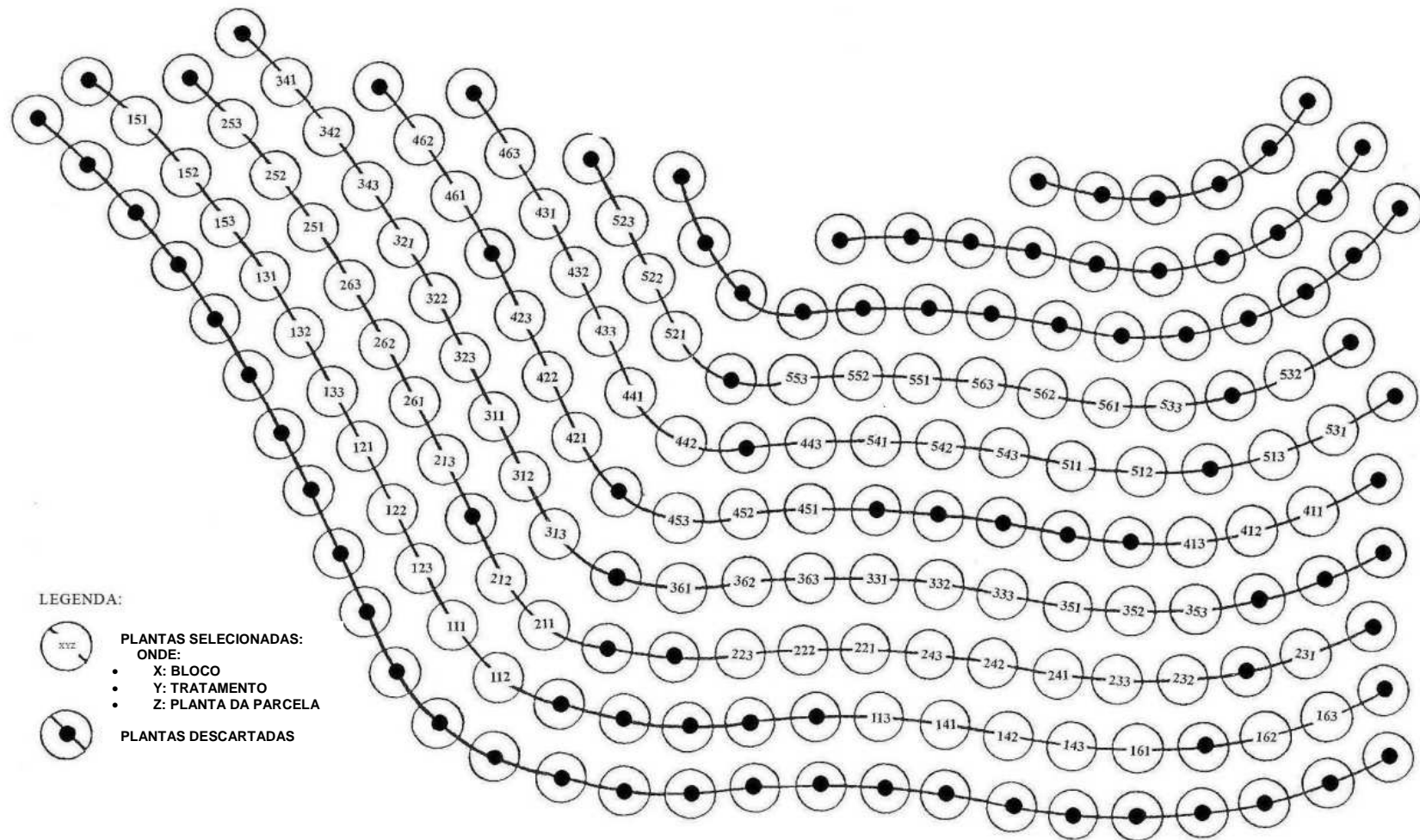


Figura 1. Croqui da área experimental.

A diferenciação das lâminas de água aplicadas por tratamento foi feita através do uso de diferentes bocais nos microaspersores e pela não instalação dos microaspersores no tratamento 1. Foi mantido o mesmo tempo de irrigação em todos os tratamentos.

Os dados climáticos, como temperatura máxima, temperatura mínima, radiação, pluviosidade e velocidade do vento, foram obtidos através de uma Estação Meteorológica Digital, modelo MAWS, fabricada pela Vaisala.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foi calculada indiretamente através do Método de Hargreaves-Samani, baseado no Boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998) apresentado na Equação 1, sendo o cálculo da lâmina de irrigação a ser aplicada feito pelo software IRRISIMPLES<sup>®</sup>.

$$ET_0 = 0,0023 \cdot (T_{méd} + 17,8) \cdot (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} \cdot R_a \cdot 0,408 \quad (1)$$

onde: ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>; T<sub>méd</sub> = temperatura média diária, °C; T<sub>máx</sub> = temperatura máxima diária, °C; T<sub>mín</sub> = temperatura mínima diária, °C; e R<sub>a</sub> = radiação no topo da atmosfera, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

De acordo com Mendonça et al (2003), este método apresenta desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração de referência na região.

Com os dados de evapotranspiração de referência, do coeficiente da cultura, da porcentagem de cobertura vegetal e do coeficiente de umidade do solo, determinou-se a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), através da Equação 2.

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_r \cdot K_s \quad (2)$$

onde: ET<sub>c</sub> = evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>; ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>; K<sub>c</sub> = coeficiente da cultura, adimensional; K<sub>r</sub> = fator de redução de molhamento, adimensional; e K<sub>s</sub> = coeficiente de umidade do solo, adimensional.

O coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), igual a 0,7, foi determinado com base no Boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998), a partir da porcentagem de cobertura vegetal (copa) das plantas e controle das ervas daninhas, com roçada nas entrelinhas de plantio e herbicida na linha de plantio.

O fator de redução de molhamento ( $K_r$ ), igual a 0,71, foi estabelecido conforme Keller e Bliesner (1990).

O coeficiente de umidade do solo ( $K_s$ ), estabelecido por Bernardo et al. (2006) com base nos resultados de Pierce, foi calculado pela Equação 3.

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1,0)}{\ln(CTA + 1,0)} \quad (3)$$

onde:  $K_s$  = coeficiente de umidade do solo, adimensional;  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $CTA$  = capacidade total de água no solo, mm; e  $LAA$  = lâmina atual de água no solo, mm.

Com base nos dados acima, a disponibilidade de água no solo foi calculada pelo balanço de água no solo, através da Equação 4.

$$Def_i = Def_{i-1} + ETc - P_i \quad (4)$$

onde:  $Def_i$  = déficit de água no solo no dia  $i$ , mm;  $Def_{i-1}$  = déficit de água no solo no dia  $i-1$ , mm;  $ETc$  = evapotranspiração potencial da cultura para o dia  $i$ , mm; e  $P_i$  = precipitação ocorrida no dia  $i$ , mm.

As irrigações foram realizadas com turno de rega fixo de 3 dias, aplicando-se a lâmina de irrigação determinada pelo déficit de água no solo obtido através da Equação 4, sendo que se  $Def_i \leq 0$ , então  $Def_i = 0$  e não se realizava irrigação. A irrigação total necessária ( $ITN$ ), ou seja, a lâmina de irrigação aplicada, foi corrigida através da Equação 5, em virtude da eficiência do sistema de irrigação, definida em 90% para a microaspersão (ANA, 2011).

$$ITN = \frac{ETc}{\left(\frac{Ea}{100}\right)} \quad (5)$$

onde:  $ITN$  = irrigação total necessária, mm;  $ETc$  = evapotranspiração potencial da cultura, mm; e  $Ea$  = eficiência do sistema de irrigação, %.

Baseado na lâmina definida na Equação 5 definiu-se o tempo de irrigação através da Equação 6.

$$T = \frac{ITN \cdot A}{n \cdot q} \quad (6)$$

onde: T = tempo de irrigação, h; ITN = irrigação total necessária, mm; A = área de aplicação de água do microaspersor, m<sup>2</sup>; n = número de emissores por planta; e q = vazão do emissor, L h<sup>-1</sup>.

A calagem e as adubações foram determinadas conforme a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999), a partir dos dados do Quadro 1, levando em consideração a fenologia da planta e previsão de produção. Foi feita uma calagem, em área total, sem incorporação, para a elevação da Saturação de Base (V) a 70%. As fertilizações foram feitas de forma convencional, ou seja, via solo. Foram utilizados ureia agrícola (45% de N), superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio vermelho granulado (60% K<sub>2</sub>O) como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, sendo o fertilizante aplicado na projeção da copa, de forma parcelada em quatro vezes: 180 gramas de ureia em agosto, 900 gramas de superfostato simples e 360 gramas de ureia em outubro, 310 gramas de ureia e 170 gramas de cloreto de potássio em janeiro e 180 gramas de ureia e 270 de cloreto de potássio em março.

Para o manejo de ervas daninhas, foi realizado o controle através de roçadas de forma manual, nas entrelinhas, e capina química, com o uso do herbicida não seletivo, de ação sistêmica de pós-emergência (Glifosato, 480 g L<sup>-1</sup>) nas linhas de cultivo.

O controle de pragas e doenças foi realizado de duas formas. O primeiro, de forma preventiva, através do “tratamento de inverno”, que consistiu na realização de podas de limpeza, para a retirada de ramos quebrados, mal posicionados e doentes e do pincelamento do caule com produto à base de cobre (Oxicloreto de cobre, 840 g kg<sup>-1</sup>) e água, realizado durante o mês de julho de 2012. O segundo, através do monitoramento de pragas e doenças, conforme recomendação do Documento da Embrapa Mandioca e Fruticultura nº111 (EMBRAPA, 2003), sendo realizado o controle quando a população de pragas atingia níveis que causam danos econômicos.

Baseado nos trabalhos de Stuchi (1999) e Donadio et al. (1995), foi estabelecido o período de colheita entre os meses de setembro e dezembro de

2012, para as condições do Estado do Rio de Janeiro, na qual avaliou-se a qualidade dos frutos em função da variação da lâmina de irrigação.

Para as análises físico-químicas foram feitas oito colheitas, quinzenalmente. As amostras foram coletadas na planta do centro de cada parcela, sendo amostradas de 30 plantas. Em cada parcela foram colhidos, no total, 64 frutos (8 frutos por colheita), da parte externa das plantas, ao acaso, à altura de 1,0 m a 2,0 m do solo. A massa do fruto de cada amostra foi obtida em balança da marca Lider<sup>®</sup> com capacidade de 5 kg e sensibilidade de 0,1 g. A extração do suco foi feita em uma extratora da marca Croydon<sup>®</sup> modelo ESEA e, com sua pesagem, determinou-se o rendimento em suco, em porcentagem, através da Equação 7.

$$S = \frac{MS}{MF} \cdot 100 \quad (7)$$

onde: S = rendimento em suco, %; MS = massa do suco, g; e MF = massa do fruto, g.

O teor de sólidos solúveis totais (SST), em °Brix, foi determinado pela leitura em refratômetro digital marca Atago<sup>®</sup>. A acidez titulável total foi determinada por volumetria com indicador, determinada por titulação com NaOH a 0,1N, através da Equação 8 (São Paulo, 2004).

$$ATT = \frac{V \cdot C \cdot (Eq)}{100} \quad (8)$$

onde: ATT = acidez titulável total, %; V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, mL; C = concentração da solução de hidróxido de sódio, mol L<sup>-1</sup>; e Eq = massa molar do ácido correspondente (ácido cítrico), correspondente a 64,0667g.

A partir do teor de sólidos solúveis totais e da acidez titulável total, determinou-se o índice de maturação ou “*ratio*”, através da Equação 9.

$$IM = \frac{SST}{ATT} \quad (9)$$

onde: IM = índice de maturação ou “ratio”; SST = sólidos solúveis totais, °Brix; e ATT = acidez titulável total, %.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste “F” a 1% e a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relacionados à qualidade dos frutos avaliados na safra de 2012 podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3. Massa média dos frutos (Mmf), rendimento em suco (S), sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT), e índice de maturação (IM) de frutos da laranjeira ‘Folha Murcha’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) em relação às lâminas de irrigação e controle. Bom Jesus do Itabapoana – IFF, RJ, 2012

Lâmina de irrigação (mm)	Mmf (g)	S (%)	SST (°Brix)	ATT (%)	IM (SST/ATT)
0	176	50,4	12,6	1,06	13,2
302	228,6	50,5	11	1,03	11,4
528	235,2	50,9	10,7	0,83	13,7
830	250,6	50,1	10,5	0,78	14,2
1054	265,8	47,7	10,1	0,75	14,8
1434	265,9	48,9	10,1	0,73	14,9
CV (%)	14,18	2,44	8,61	16,8	9,48
F	8,982**	2,217 <sup>NS</sup>	10,735**	8,240**	3,333*

<sup>NS</sup> = Não Significativo; \*\* = Significativo a 1 % de probabilidade para teste “F”; \* = Significativo a 5 % de probabilidade para teste “F”



Conforme pode ser verificado na Figura 2, houve uma relação quadrática estatisticamente significativa e com coeficiente de determinação satisfatório, entre a lâmina de irrigação (LI) e a massa média dos frutos (Mmf).

De acordo com Bertonha et al. (2004), a relação quadrática da estimativa da produção se deve a dois fatores: à deficiência de aeração para as maiores lâminas de irrigação e ao déficit hídrico nos tratamentos com menores lâminas ou sem irrigação complementar.

A massa média dos frutos estimada pelo modelo de regressão polinomial da Figura 2, com ponto de máxima de  $266,6 \text{ g fruto}^{-1}$ , quando irrigada com uma lâmina complementar de 1251 mm. A menor massa média do fruto,  $181 \text{ g fruto}^{-1}$ , foi obtida no tratamento sem irrigação, onde, no período de 17 meses, foram registrados 1411 mm de precipitação.

Os resultados obtidos concordam com Bertonha et al. (2004), que verificaram uma relação quadrática estatisticamente significativa entre a lâmina de irrigação e a massa média dos frutos. Os resultados obtidos diferem dos encontrados por Silva et al. (2009), onde as diferentes lâminas de água aplicada e os equipamentos utilizados não promoveram diferenças na massa da fruta, e Guardiola (1992, apud Bertonha et al., 2004), que encontrou uma relação linear inversa entre a massa dos frutos e as lâminas de irrigação. Duenhas et al. (2002), analisando o efeito da irrigação sob a massa média da fruta de laranjeiras 'Valência', não observaram diferenças significativas entre os tratamentos. Bertonha et al. (1999) e Calzavara et al. (2000), em virtude do comportamento do clima, não encontraram significância para o termo quadrático da equação de regressão para a massa média dos frutos da laranjeira em função das lâminas de irrigação.

Pode-se verificar, ainda na Figura 2, uma relação exponencial do teor de sólidos solúveis totais (SST) e da acidez titulável total (ATT), em relação às diferentes lâminas de irrigação, para laranjeira 'Folha Murcha' no período analisado.

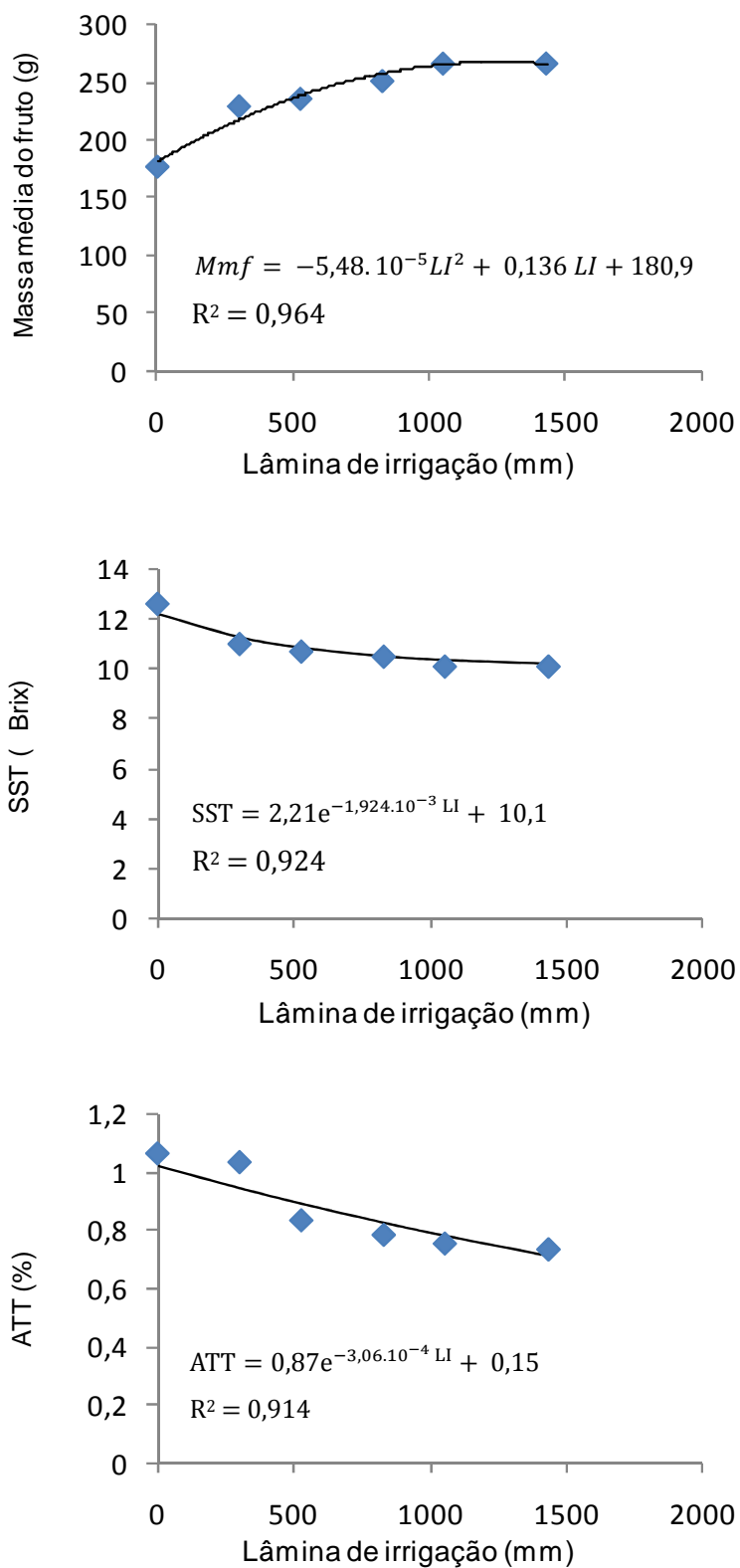


Figura 2. Estimativa da massa média do fruto (Mmf), teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável total (ATT) em laranja 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), em função da lâmina de irrigação. Bom Jesus do Itabapoana - IFF, RJ, 2012.

Com relação aos sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável total (ATT), os teores mais elevados ocorreram nos frutos produzidos no tratamento sem irrigação, onde foram obtidos 12,3 °Brix para o teor de SST e 1,02 % para a ATT. Os teores mais baixos de SST e ATT foram obtidos quando irrigados com uma lâmina complementar de 1434 mm, onde foram registrados 10,1 °Brix para o teor de SST e 0,73 % para ATT.

Os valores obtidos concordam com Bary (2000) e Albrigo (1992), que afirmam que, a abundância de água no solo pode aumentar a turgescência e, conseqüentemente, o tamanho do fruto, diluindo o teor de sólidos solúveis totais e os níveis de acidez do fruto.

Estes resultados diferem dos encontrados por Bertonha et al. (2004), onde a quantidade de sólidos solúveis no suco dos frutos aumenta proporcionalmente com a lâmina de irrigação. Os tratamentos consistiam na realização de irrigações quando a evapotranspiração acumulada da cultura atingia os níveis 10, 15, 20 e 25 mm. Duenhas et al. (2002), não obtiveram diferenças significativas para as características de qualidade do fruto em relação aos tratamentos sem irrigação e com irrigação.

O rendimento em suco e o índice de maturação, pela análise estatística, não foram influenciados pelas diferentes lâminas de irrigação, apresentando um rendimento em suco médio de 49,8 % e um índice de maturação médio de 13,7. Estes valores foram superiores aos teores mínimos aceitáveis, segundo as normas estabelecidas pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (São Paulo, 2013). Com relação ao índice de maturação, apesar dos resultados terem sido significativos em nível de 5% de probabilidade. Foram testados vários modelos (linear, quadrático, exponencial, logarítmico), mas não se obteve um ajuste satisfatório.

## CONCLUSÃO

Nas condições de condução desse trabalho, houve influência das diferentes lâminas de irrigação nas características analisadas. A massa média

dos frutos apresentou uma relação quadrática, o teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável total apresentaram uma relação exponencial em função das lâminas de irrigação. O rendimento em suco e o índice de maturação não foram influenciados pelas diferentes lâminas de irrigação. O aumento significativo da massa média dos frutos possibilita agregar valor ao produto em virtude da melhor classificação do produto quando destinado a produção de frutos de mesa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrigo, L. G. (1992) Influências Ambientais no Desenvolvimento de Frutos Cítricos. *Anais do Seminário Internacional de Citros*, 2, Bebedouro: Fundação Cargill, p.10-106.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998) *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO – Food and Agricultural Organization, 300p.
- ANA. Agência Nacional de Águas - Resolução nº 707: Dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa a serem observados no exame de pedidos de outorga, e dá outras providências: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2004/707-2004.pdf> em 24/11/2011.
- Barbosa, D. H. S. G., Vieira, H. D., Souza, R. M. (2008) Avaliação em campo de cultivares de *Coffea arabica* em áreas isenta ou infestada por *Meloidogyne exigua* na região Noroeste Fluminense. Formação da lavoura. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, 32(2):101-110.
- Bary, G. H. (2000) Sources of variation in juice quality of 'Valencia' sweet orange [*Citrus sinensis* (L.)Osborne]. Tese de Doutorado – Gainesville – Flórida, University of Florida, 154p.

- Bernardo, S., Soares, A. A., Mantovani, E. C. (2006) *Manual de Irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 625p.
- Bertonha, A., Gonçalves, A. C. A., Freitas, P. S. L., Rezende, R. (2004) Resposta da laranjeira pêra em níveis de irrigação. *Acta Scientiarum*, Maringá, 26 (2): 185-191.
- Bertonha, A., Frizzone, J. A., Martins, E. N. (1999) Irrigação e adubação nitrogenada na produção da laranja pêra. *Acta Scientiarum*, Maringá, 21 (3): 537-542.
- Calzavara, S. A., Pereira, O. C. N., Bertonha, A., Gonçalves, A. C. A. (2000) Número de frutos de laranja em função da frequência de irrigação complementar. *Acta Scientiarum*, Maringá, 22 (4): 1125-1128.
- Donadio, L. C., Figueiredo, J. O., Pio, R. M. (1995) *Variedades cítricas brasileiras*. Jaboticabal: FUNEP, 228p.
- Duenhas, L. H., Villas Bôas, L. R., Souza, C. M. P., Ragozo, C. R. A., Bull, L. T. (2002) Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (1): 214-218.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003). Embrapa Mandioca e Fruticultura. Manual Prático para o Manejo Ecológico de Pragas dos Citros. Documento 111. Cruz das Almas. 2003. 33p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp> em 15/01/2013.
- IEA - Instituto de Economia Agrícola. Projeções de produção de laranja em São Paulo até 2009: <http://ww.iea.sp.gov.br> em 30/11/2012.

- Keller, J., Bliesner, R. D. (1990) Sprinkle and trickle irrigation. New York: Van Nostrand Reinold Company, 652p.
- Mendonça, J. C., Sousa, E. F., Bernardo, S., Dias, G. P. Grippa, S. (2003) Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 7 (2): 275-279.
- Neves, M. F., Trombin, V. G., Milan, P., Lopes, F. F., Cressoni, F., Kalaki, R. (2010) O retrato da citricultura brasileira. São Paulo, 139p.
- Pires, R. C. M., Luchiari, D. J. F., Arruda, F. B., Mossak, I. (2005) Irrigação. In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) *Citros*. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 369-408.
- Pozzan, M., Triboni, H. R. (2005) Colheita e qualidade do fruto. In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) *Citros*. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 799-822.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., Alvarez, V. H. (1999) Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. 5. ed. Viçosa: Independente, 359.
- São Paulo. Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. Normas de Classificação de Citros de Mesa: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/citros.pdf> em 10/01/2013 página mantida pela Hortibrasil.
- São Paulo (2004) Instituto Adolfo Lutz. Métodos físicos-químicos para análise de alimentos. 4. ed. 1004p.
- Silva, G. O., Fernandes, E. J., Laurindo, V. T. (2009) Resposta da laranjeira Valência a diferentes níveis de água e sistemas de irrigação localizada. *Laranja*, Cordeirópolis, 30(1-2): 105-116.

Stuchi, E. S. (1999) Avaliação da laranjeira 'Folha Murcha' sobre dez porta-enxertos em Bebedouro, SP. Tese de Doutorado – Jaboticabal – SP, UNESP, 129p.

Stuchi, E. S., Sempionato, O. R., Silva, J. A. A. (1996) Qualidade e maturação das laranjas Ovale, Ovale de Siracusa e Ovale San Lio. *Laranja*, Cordeirópolis, 17 (1): 143-158.

Viégas, F. C. P. (1991) A industrialização dos produtos cítricos. In: Rodriguez, O., Viégas, F., Pompeu Júnior, J., Amaro, A. A. (eds.) *Citricultura brasileira*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991.v. 2, p. 898-922.

FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA LARANJEIRA 'FOLHA MURCHA' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) EM RELAÇÃO ÀS DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da irrigação suplementar para a laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cultivar 'Folha Murcha', em fase de produção, e determinar as funções de produção da cultura em relação a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi realizado no Setor de Fruticultura do Instituto Federal Fluminense em Bom Jesus do Itabapoana, RJ, em um cultivo de laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), enxertada sobre o limoeiro 'Cravo', com espaçamento de 5,0 x 5,0 m, implantado em janeiro de 2005, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012. Foram avaliadas, a massa média dos frutos (Mmf), o número de frutos (NF) e a produção por planta. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos e 5 repetições, sendo cada parcela experimental composta por 3 plantas. As lâminas de água foram definidas com base em percentuais da evapotranspiração da cultura (ETc), correspondendo a 36%, 64%, 100%, 127% e 173% da ETc com turno de rega de 3 dias, utilizando sistema de microaspersão, e



um controle sem irrigação (T1). Os resultados obtidos confirmam que para ocorrer um florescimento satisfatório em citros, é essencial um período de repouso provocado pelo estresse hídrico, no período de prefloração da laranjeira. Nesse sentido, o tratamento sem irrigação complementar produziu o maior número de frutos e foi o mais produtivo. A massa média dos frutos apresentou uma relação quadrática em função das lâminas de irrigação.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, irrigação, função de produção, evapotranspiração.

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the influence of supplemental irrigation to orange tree (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cultivar 'Folha Murcha', in production phase and determine the yield function of crop in relation to different irrigation depth. The experiment was performed in Horticulture Sector at the Instituto Federal Fluminense in Bom Jesus do Itabapoana, RJ, in a cultivation 'Folha Murcha' orange tree (*Citrus sinensis* L. Osbeck) budded on 'Rangpur lime', with spacing of 5.0 x 5.0 m, implemented in January 2005, from August 2011 to December 2012. Were evaluated, the average fruit weight (Afw), the number of fruits (NF) and yield per plant (Y). The experimental design was a randomized block design with 6 treatments and 5 replications, each plot consists of 3 plants. The water depths were defined based on percentage of crop evapotranspiration (ETc), corresponding to 36%, 64%, 100%, 127% and 173% ETc with irrigation interval of 3 days using microsprinkler system, and a control without irrigation (T1). The results confirm that for satisfactory flowering occurs in citrus essential rest period caused by water stress in the pre-flowering orange tree was need. Accordingly, treatment without supplementary irrigation produced the highest number of fruits and was the most productive. The average fruit weight showed a quadratic relationship in function of irrigation depth.

Keywords: *Citrus sinensis*, irrigation, yield function, evapotranspiration.

## INTRODUÇÃO

A citricultura brasileira é um dos setores mais competitivos e de maior potencial de crescimento do agronegócio, movimentando cerca de R\$ 9 bilhões por ano, gerando cerca de 400 mil empregos diretos e indiretos (Neves et al., 2010).

A laranja doce 'Folha Murcha' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] é uma variedade originária do Rio de Janeiro por mutação espontânea, muito provavelmente de 'Valência', 'Pera', 'Natal' ou 'Seleta', tendo sido selecionada em Araruama, RJ. Sua característica típica é a presença de folhas enroladas, ou retorcidas, o que lhe dá o nome, pois aparenta estar sob déficit hídrico. Seus frutos podem ser destinados para o consumo "in natura" ou para a indústria. No Rio de Janeiro a maturação se dá nos meses de setembro a dezembro, período de entressafra, quando existe uma forte demanda por laranjas (Pompeu Junior, 1988; Pio et al., 2005).

No Brasil, apesar de ser o maior produtor mundial de citros, a grande maioria dos pomares ainda não é irrigada. Todavia, nas últimas décadas, o grande crescimento da citricultura irrigada, estimulada pelo aumento da produtividade e pelo uso de novos porta-enxertos, menos resistentes ao déficit hídrico tem exigido o desenvolvimento de tecnologias adequadas às nossas condições de cultivo (Pires et al., 2005).

A demanda de água nos citros é elevada nos períodos de brotação, emissão de botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos, sendo menor nos períodos de maturação, colheita e período de repouso. A redução na produtividade ocasionada pelo déficit hídrico está associada à diminuição na altura da planta, diâmetro do caule, projeção da copa, área foliar, condutância estomática e assimilação de CO<sub>2</sub>. O déficit hídrico envolve efeitos hidráulicos dentro de cada órgão, particularmente na condutância das folhas, que combinada com alterações químicas, intensifica a síntese do etileno que determinará a queda de folhas e frutos (Castro, 1994).

De acordo com Frizzone (2005), o manejo da irrigação visa o uso criterioso do recurso hídrico disponível para se alcançar alta produtividade das

culturas com o uso eficiente da água, da energia e de outros fatores da produção. Nesse sentido, a otimização da irrigação para uma cultura implica em menores lâminas aplicadas em relação à irrigação plena, com conseqüente redução da produtividade da cultura, porém proporcionando aumento da eficiência de irrigação, redução dos custos da irrigação e redução dos riscos associados aos impactos ambientais adversos da irrigação plena.

As funções de produção podem ser definidas como a relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e a quantidade máxima que se pode obter do produto, para uma dada tecnologia conhecida. Nesse sentido, levando em consideração o grande número de variáveis que influenciam a produtividade das culturas agrícolas e a complexidade das relações, a produtividade pode ser expressa exclusivamente em função da água utilizada pelo cultivo, desde que demais fatores permaneçam fixos, em nível ótimo (Frizzone, 2005).

Segundo Vaux e Pruitt (1983), Howell et al. (1992) e Frizzone (2005), as funções de produção possibilitam prever, sob condições dadas de clima, cultivo e operação, as produtividades físicas marginais da água a serem utilizadas nas análises econômicas, permitindo estabelecer o manejo adequado da irrigação para a obtenção da produtividade ótima econômica.

Dessa forma, visando suprir as necessidades hídricas das plantas, levando em consideração o aumento da produtividade e a racionalidade no uso da água, o presente trabalho teve como objetivo determinar as funções de produção da laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) em relação às diferentes lâminas de irrigação nas condições da Região Noroeste Fluminense.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Bom Jesus, em Bom

Jesus do Itabapoana, RJ, latitude 21°08' S, longitude de 41°40' O, com uma altitude de 88m, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012.

Segundo Barbosa et al. (2008), de acordo com a classificação de Köppen, o clima da Região Noroeste Fluminense é Aw, isto é, com uma estação quente e chuvosa e outra seca.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, apresentando inclinação de vinte por cento, com características químicas e físico-hídricas apresentadas nos Quadros 1 e 2.

Os dados climáticos, como temperatura máxima, temperatura mínima, radiação, pluviosidade e velocidade do vento, foram obtidos através de uma Estação Meteorológica Digital, modelo MAWS, fabricada pela Vaisala.

#### Material vegetal e práticas culturais

As plantas avaliadas foram laranjeiras 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), enxertadas sobre o limoeiro 'Cravo', com espaçamento de 5,0 x 5,0 m, em fase de produção, cujo plantio foi executado em janeiro de 2005.

A calagem e as adubações foram determinadas conforme a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999), a partir dos dados do Quadro 1, levando em consideração a fenologia da planta e previsão de produção. Foi feita uma calagem, em área total, sem incorporação, para a elevação da Saturação de Base (V) a 70%. As fertilizações foram feitas de forma convencional, ou seja, via solo. Foram utilizados ureia agrícola (45% de N), superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio vermelho granulado (60% K<sub>2</sub>O) como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, sendo o fertilizante aplicado na projeção da copa, de forma parcelada em quatro vezes: 180 gramas de ureia em agosto, 900 gramas de superfostato simples e 360 gramas de ureia em outubro, 310 gramas de ureia e 170 gramas de cloreto de potássio em janeiro e 180 gramas de ureia e 270 de cloreto de potássio em março.

Para o manejo de ervas daninhas, foi realizado o controle através de roçadas de forma manual, nas entrelinhas, e capina química, com o uso do herbicida não seletivo, de ação sistêmica de pós-emergência (Glifosato, 480 g L<sup>-1</sup>) nas linhas de cultivo.

Quadro1. Características químicas do solo da área experimental em função do local de coleta (linha ou entrelinha) e da profundidade (0 - 20 cm ou 20 – 40 cm)

Parâmetros analisados	Unidade	Linha		Entrelinha	
		0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH		5,2	4,8	4,6	4,6
P*	mg dm <sup>-3</sup>	7	2	2	1
K*	mg dm <sup>-3</sup>	121	79,5	83	43
Ca	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,55	1	1	1
Mg	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,8	0,6	0,5	0,6
Al	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,3	0,5	0,6	0,4
H + Al	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,75	3,2	4	2,8
Na	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,03	0,02	0,02	0,01
C	%	1,53	1,11	1,16	0,82
Matéria Orgânica	g dm <sup>-3</sup>	26,4	19,1	20	14,1
Soma de Base (S.B.)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,7	1,9	1,7	1,7
CTC a pH 7,0 (T)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,45	5,05	5,7	4,5
CTC efetiva (t)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,05	2,4	2,3	2,1
Saturação de Alumínio (m)	%	10	21,5	26	19
Saturação de Base (V)	%	42	36,5	30	38
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	22,75	16,05	22,6	15,8
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	1,3	0,8	0,9	0,7
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	2,2	0,85	1,2	0,6
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	24,3	22,5	41,4	29,4
S	mg dm <sup>-3</sup>	27,45	50,5	24,6	28,6
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,45	0,33	0,37	0,41

\* Extrator Carolina do Norte

Local de Análise: Laboratório de Análise de Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Dr. Leonel Miranda, Campos dos Goytacazes - RJ.

Quadro 2. Composição granulométrica, densidade ( $\rho$ ), umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), umidade no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) e água disponível (AD) para as camadas/horizontes do Argissolo Vermelho Amarelo da área experimental

Camada ou horizonte	Profundidade (m)	Areia -----( $\text{g kg}^{-1}$ )-----	Silte -----	Argila -----	$\rho$ ( $\text{mg m}^{-3}$ )	$\theta_{cc}$ -----( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )-----	$\theta_{PMP}$	AD
Copa	0-0,10	441	141	418	1,465	0,318	0,239	0,079
Ap	0-0,20	421	127	452	1,470	0,333	0,236	0,097
AB	0,20-0,55	272	111	617	1,406	0,378	0,266	0,112
Bt1	0,55-0,90	247	84	669	1,337	0,371	0,342	0,030
Bt2	0,90-1,20	289	84	627	1,415	0,393	0,284	0,109
Bt3	1,20-1,60	340	115	545	1,478	0,364	0,328	0,037
C	1,60-2,20	499	178	323	1,589	0,304	0,268	0,036

Local de análise: Laboratório de solos (LSOL) da UENF/CCTA.

O controle de pragas e doenças foi realizado de duas formas. O primeiro, de forma preventiva, através do “tratamento de inverno”, que consistiu na realização de podas de limpeza, para a retirada de ramos quebrados, mal posicionados e doentes e do pincelamento do caule com produto à base de cobre (Oxicloreto de cobre,  $840 \text{ g kg}^{-1}$ ) e água, realizado durante o mês de julho de 2012. O segundo, através do monitoramento de pragas e doenças, conforme recomendação do Documento da Embrapa Mandioca e Fruticultura nº111 (EMBRAPA, 2003), sendo realizado o controle quando a população de pragas atingia níveis que causam danos econômicos.

Baseado nos trabalhos de Stuchi (1999) e Donadio et al. (1995), foi estabelecido o período de colheita entre os meses de setembro e dezembro de 2012, para as condições do Estado do Rio de Janeiro.

#### Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 6 tratamentos e 5 repetições, sendo cada parcela experimental composta por 3 plantas. Os tratamentos consistiram na aplicação de cinco lâminas de água

definidas com base em percentuais da evapotranspiração da cultura (ETc), correspondendo a 36%, 64%, 100%, 127% e 173% da ETc com turno de rega de 3 dias e um controle sem irrigação (T1).

A diferenciação das lâminas de água aplicadas por tratamento foi feita através do uso de diferentes bocais nos microaspersores e, no tratamento 1, pela não instalação dos microaspersores. Foi mantido o mesmo tempo de irrigação em todos os tratamentos.

### Sistema de Irrigação e Manejo

A água foi aplicada por intermédio de um sistema de irrigação localizada, com microaspersores autocompensantes da marca NAANDAN, modelo DAN 2002, equipado com asa giratória tipo “pop-up” (anti-inseto) com limitador de diâmetro para impedir a interferência entre tratamentos. O sistema de irrigação era composto de moto bomba elétrica de 3 estágios, tubulação de recalque e de distribuição em tubos de PVC, linhas laterais em tubo de polietileno de 16mm, válvulas solenoides de acionamento elétrico, programador eletrônico de irrigação e microaspersores.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foi calculada indiretamente através do Método de Hargreaves-Samani, baseado no Boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998) apresentado na Equação 1, sendo o cálculo da lâmina de irrigação a ser aplicada feito pelo software IRRISIMPLES<sup>®</sup>.

$$ET_0 = 0,0023 \cdot (T_{méd} + 17,8) \cdot (T_{máx} - T_{min})^{0,5} \cdot R_a \cdot 0,408 \quad (1)$$

onde: ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>; T<sub>méd</sub> = temperatura média diária, °C; T<sub>máx</sub> = temperatura máxima diária, °C; T<sub>min</sub> = temperatura mínima diária, °C; e R<sub>a</sub> = radiação no topo da atmosfera, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

De acordo com Mendonça et al (2003), este método apresenta desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração de referência na região.

Com os dados de evapotranspiração de referência, do coeficiente da cultura, da porcentagem de cobertura vegetal e do coeficiente de umidade do solo, determinou-se a evapotranspiração da cultura (ETc), através da Equação 2.

$$ETc = ET_0 \cdot Kc \cdot Kr \cdot Ks \quad (2)$$

onde:  $ETc$  = evapotranspiração da cultura,  $\text{mm dia}^{-1}$ ;  $ET_0$  = evapotranspiração de referência,  $\text{mm dia}^{-1}$ ;  $Kc$  = coeficiente da cultura, adimensional;  $Kr$  = fator de redução de molhamento, adimensional; e  $Ks$  = coeficiente de umidade do solo, adimensional.

O coeficiente da cultura ( $Kc$ ), igual a 0,7, foi determinado com base no Boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998), a partir da porcentagem de cobertura vegetal (copa) das plantas e controle das ervas daninhas, com roçada nas entrelinhas de plantio e herbicida na linha de plantio.

O fator de redução de molhamento ( $Kr$ ), igual a 0,71, foi estabelecido conforme Keller e Bliesner (1990).

O coeficiente de umidade do solo ( $Ks$ ), estabelecido por Bernardo et al. (2006) com base nos resultados de Pierce, foi calculado pela Equação 3.

$$Ks = \frac{\text{Ln}(LAA + 1,0)}{\text{Ln}(CTA + 1,0)} \quad (3)$$

onde:  $Ks$  = coeficiente de umidade do solo, adimensional;  $\text{Ln}$  = logaritmo neperiano;  $CTA$  = capacidade total de água no solo,  $\text{mm}$ ; e  $LAA$  = lâmina atual de água no solo,  $\text{mm}$ .

Com base nos dados acima, a disponibilidade de água no solo foi calculada pelo balanço de água no solo, através da Equação 4.

$$Def_i = Def_{i-1} + ETc - P_i \quad (4)$$

onde:  $Def_i$  = déficit de água no solo no dia  $i$ ,  $\text{mm}$ ;  $Def_{i-1}$  = déficit de água no solo no dia  $i-1$ ,  $\text{mm}$ ;  $ETc$  = evapotranspiração potencial da cultura para o dia  $i$ ,  $\text{mm}$ ; e  $P_i$  = precipitação ocorrida no dia  $i$ ,  $\text{mm}$ .

As irrigações foram realizadas com turno de rega fixo de 3 dias, aplicando-se a lâmina de irrigação determinada pelo déficit de água no solo obtido através da Equação 4, sendo que se  $Def_i \leq 0$ , então  $Def_i = 0$  e não se realizava irrigação. A irrigação total necessária (ITN), ou seja, a lâmina de irrigação



aplicada foi corrigida através da Equação 5, em virtude da eficiência do sistema de irrigação, definida em 90% para a microaspersão (ANA, 2011).

$$ITN = \frac{ETc}{\left(\frac{Ea}{100}\right)} \quad (5)$$

onde: ITN = irrigação total necessária, mm; ETc = evapotranspiração potencial da cultura, mm; e Ea = eficiência do sistema de irrigação, %.

Baseado na lâmina definida na Equação 5 definiu-se o tempo de irrigação através da Equação 6.

$$T = \frac{ITN \cdot A}{n \cdot q} \quad (6)$$

onde: T = tempo de irrigação, h; ITN = irrigação total necessária, mm; A = área de aplicação de água do microaspersor, m<sup>2</sup>; n = número de emissores por planta; e q = vazão do emissor, L h<sup>-1</sup>.

#### Parâmetros avaliados

Foram avaliadas duas colheitas ou safras (2011 e 2012). O período da primeira colheita foi entre os meses de agosto de 2011 a fevereiro de 2012, definido em função da maturação dos frutos e da demanda do produto para a comercialização, sendo esta safra utilizada como referência, uma vez que a diferenciação das lâminas de irrigação ocorreu a partir de agosto de 2011, já com os frutos atingindo a maturação. Na segunda safra, baseado nos trabalhos de Stuchi (1999) e Donadio et al. (1995), foi estabelecido o período de colheita entre os meses de setembro a dezembro de 2012, onde foi avaliada a produção e o número de frutos em função da variação da lâmina de irrigação.

Para a determinação da produção, nas colheitas realizadas em cada safra, foram feitas a contagem e a pesagem de todos os frutos colhidos por planta, utilizando-se uma balança da marca Welmy® com capacidade para 15 kg e sensibilidade de 5 g.

A massa média dos frutos (Mmf) foi obtida dividindo-se a produção da parcela em g, pelo número de frutos da parcela.

Com o objetivo de relacionar água aplicada à produção ou ao número de frutos, ajustou-se uma função exponencial (Equações 7) aos dados de produção e número de frutos para estimativa dos resultados do emprego de diferentes lâminas de irrigação.

$$P \text{ ou } NF(LI) = a \cdot e^{-b \cdot LI} + c \quad (7)$$

onde: P(LI) = estimativa da produção, kg planta<sup>-1</sup>; NF(LI) = estimativa do número de frutos; LI = lâmina de irrigação, mm; a,b,c = coeficientes de ajuste do modelo.

Por intermédio da análise de regressão entre a variável dependente massa média dos frutos (Mmf) e a variável independente lâmina de irrigação (LI), empregando-se um modelo polinomial de segunda ordem (Equação 8), determinou-se a função de produção da laranjeira tendo a água como fator variável.

$$Mmf = a \cdot LI^2 + b \cdot LI + c \quad (8)$$

onde: Mmf = estimativa da massa média dos frutos, g; LI = lâmina de irrigação, mm; a,b,c = coeficientes de ajuste do modelo.

A partir da Equação 8, determinou-se a lâmina de irrigação (LI<sub>max</sub>) que permite alcançar a massa máxima dos frutos (Mmf<sub>max</sub>), pela equação:

$$\frac{dMmf(LI)}{dLI} = b + 2 \cdot a \cdot LI = 0 \quad (9)$$

$$LI_{max} = - \frac{b}{2 \cdot a} \quad (10)$$

$$Mmf_{max} = a \cdot LI_{max}^2 + b \cdot LI_{max} + c \quad (11)$$

onde: Mmf<sub>max</sub> = estimativa da massa máxima dos frutos, g; LI<sub>max</sub> = lâmina de irrigação correspondente à máxima massa dos frutos, mm; a,b,c = coeficientes de ajuste do modelo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste "F" (1% e 5% de probabilidade).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas cítricas, apesar de apresentarem adaptação aos diferentes regimes térmicos, têm o seu desenvolvimento muito influenciado pelos índices climatológicos. Observa-se, na Figura 1, que a temperatura média diária, durante o experimento, esteve próxima à faixa ideal, entre 21°C e 32°C (Erickson, 1968 apud Sentelhas, 2005).

Na análise do regime pluviométrico, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012, tomou-se como base as informações disponíveis da série histórica (1969-2011) dos Dados da Rede do INMET (2012), para o Município de Itaperuna, distante 20 quilômetros da área do experimento, com características de clima e relevo semelhantes (Figura 1). Percebe-se, que no período experimental as precipitações mensais estiveram abaixo da média histórica no 2º semestre e acima desta no 1º semestre, retratando um retardamento do início das chuvas intensas. No mês de fevereiro, foi registrada uma precipitação mensal de 4,8 mm, muito abaixo da média mensal de 101,1 mm registrados. Contrastando com a média histórica, no mês de maio, foram registrados 122,8 mm, acima da média mensal para o referido período que é de 39,1 mm.

A partir dos dados do Quadro 2 e utilizando a Equação 4, estimou-se o volume de água no solo durante o período de realização do experimento, para os diferentes tratamentos (Figura 2).

Na Figura 2 verifica-se, entre o início do experimento e a primeira quinzena do mês de outubro do ano de 2011, a ocorrência de baixos índices pluviométricos, reduzindo a disponibilidade de água no solo principalmente nos tratamentos T1 (sem irrigação) e T2 (36% da ETc). Situações semelhantes foram observadas em 2012, entre a segunda quinzena de janeiro e o início de março e entre o início de julho e o início de novembro. Para os demais tratamentos, devido à aplicação de maiores lâminas de irrigação, não se verifica a ocorrência de déficit de água no solo. Nos demais períodos, em todos os tratamentos, não se verificaram situações de déficit hídrico acentuado, em virtude da ocorrência de chuvas mais frequentes.

Os dados referentes à produção anual das duas safras avaliadas estão apresentados no Quadro 3. Na safra de 2011, os dados referentes ao número de frutos e à produção por planta, em todos os tratamentos, não diferem significativamente entre si, provavelmente devido à pequena interferência das diferentes lâminas de irrigação, iniciada após o início da maturação dos frutos, na safra analisada.

Com relação à safra de 2012, houve baixa produção em todos os tratamentos avaliados, provavelmente devido à produção elevada da safra de 2011. Estes resultados concordam com Stenzel et al. (2005), que relatam queda de produção devido aos elevados valores de produção no ciclo anterior. Tonet et al. (2002) e Agusti e Almela (1991) relatam a evidência da influência da frutificação sobre a floração seguinte em virtude da modificação do balanço hormonal na planta, sobretudo pela ação de giberelinas endógenas produzidas pelos frutos.

Pode-se observar a relação exponencial decrescente, com significância estatística, tanto dos dados do número de frutos quanto da produção da laranjeira em função das lâminas de irrigação.

Nas Figuras 3 e 4, verifica-se que os tratamentos com menores lâminas de irrigação apresentaram maior número de frutos e maior produção por planta. O número de frutos e a produção por planta, estimados pelo modelo de regressão das Figuras 3 e 4 corresponderam, respectivamente, a 377 frutos planta<sup>-1</sup> e 70,5 kg planta<sup>-1</sup>, obtidos no tratamento sem irrigação. O menor número de frutos e produção por planta, registrados quando irrigado com uma lâmina complementar de 1434 mm, corresponderam, respectivamente, a 144 frutos planta<sup>-1</sup> e 35,5 kg planta<sup>-1</sup>.

A relação exponencial, Figuras 3 e 4, caracterizada por um decréscimo acentuado com posterior tendência a estabilização, torna evidente a influência das diferentes lâminas de irrigação no número de frutos e na produção da laranjeira. Atribui-se esse comportamento a ocorrência de um período de repouso provocado pelo estresse hídrico no período de preflorescência (setembro a outubro de 2011). Na Figura 2 observa-se, nos tratamentos com menores lâminas de irrigação (T1 e T2), a ocorrência do referido déficit hídrico no período de preflorescência, o que não ocorreu nos tratamentos com maiores lâminas de irrigação (T3 a T6), devido à manutenção da irrigação.

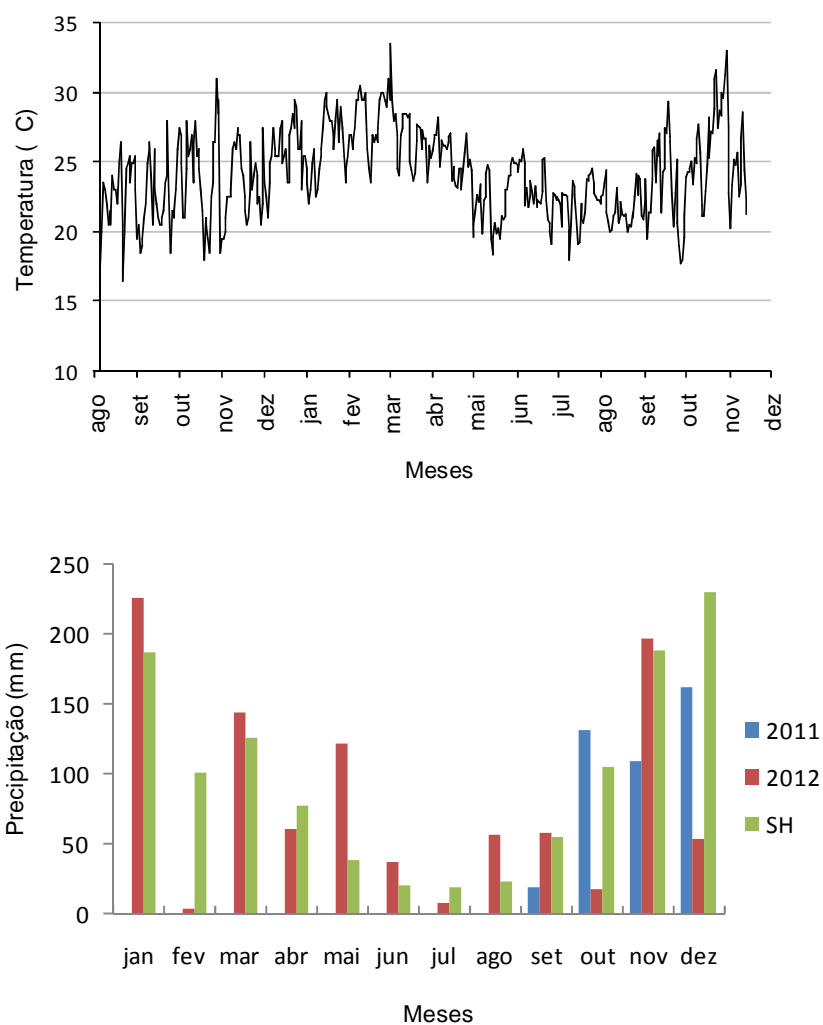


Figura 1. Valores diários da temperatura média e das cotas pluviométricas médias mensais em Itaperuna – RJ (SH), período de 1969 a 2011 (Dados da Rede do INMET, 2012), e cotas pluviométricas mensais em Bom Jesus do Itabapoana – RJ, período de 2011 a 2012.

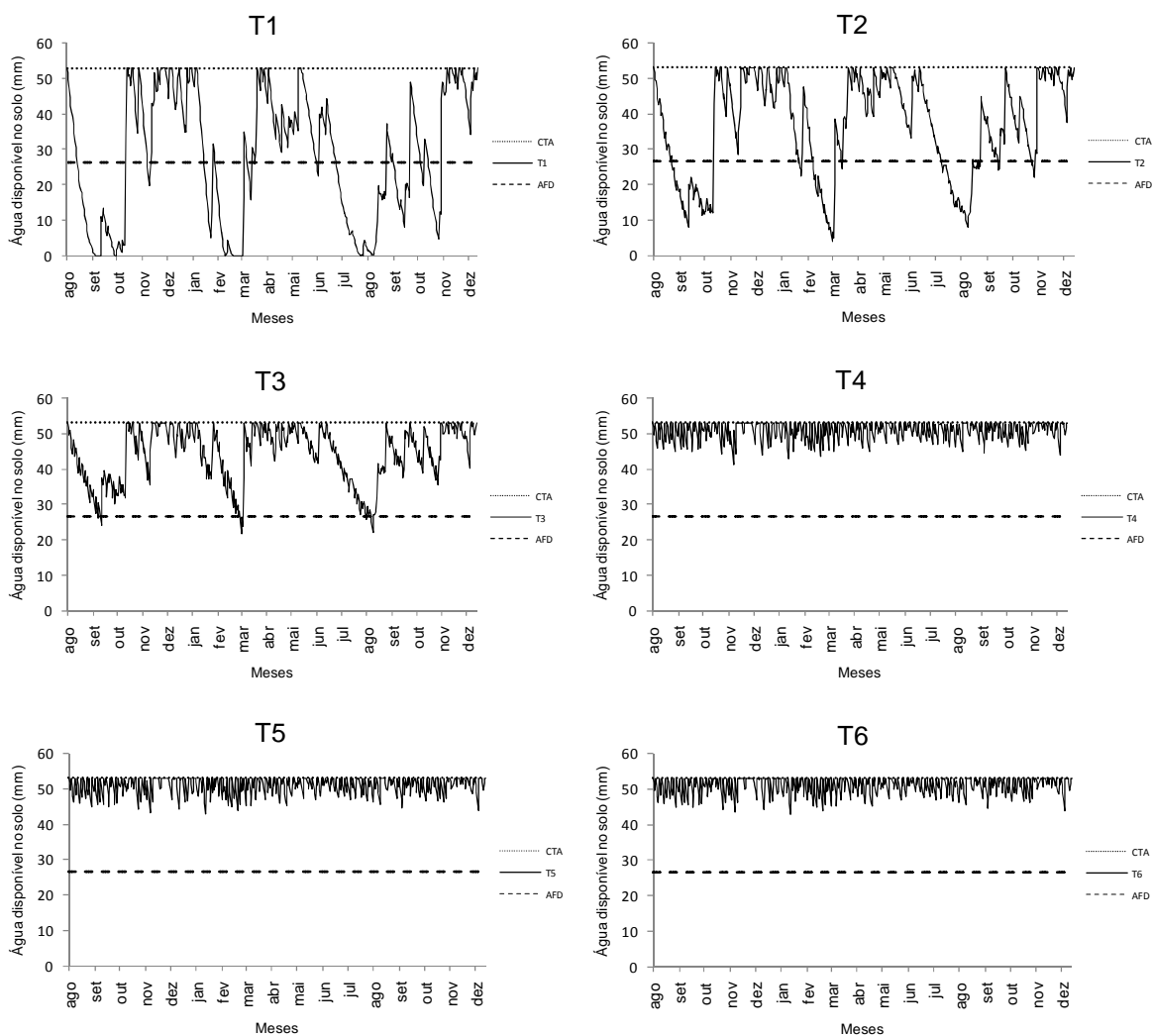


Figura 2. Capacidade total de água (CTA), limite inferior da água facilmente disponível (AFD) e estimativa da lâmina efetiva de água no solo (T) para os seis tratamentos utilizados, entre agosto de 2011 e dezembro de 2012.

Quadro 3. Produção anual de duas safras (2011 e 2012) e coeficiente de variação (CV) de plantas de laranjeira ‘Folha Murcha’ em relação às lâminas de irrigação. Bom Jesus do Itabapoana – IFF, RJ, 2011 e 2012

Lâmina de irrigação (mm)	Produção anual			
	frutos planta <sup>-1</sup>		kg planta <sup>-1</sup>	
	2011	2012	2011	2012
0	440	373	88,6	70,2
302	434	278	91	59,8
528	430	187	83,7	45,8
830	454	181	89,2	46,3
1054	431	154	85,1	39,9
1434	409	148	78,8	34,9
CV (%)	27,05	51,55	23,82	44,40
F	0,234 <sup>NS</sup>	9,091 <sup>**</sup>	0,706 <sup>NS</sup>	5,378 <sup>**</sup>

<sup>NS</sup> = Não Significativo; <sup>\*\*</sup> = Significativo a 1 % de probabilidade para teste “F”.

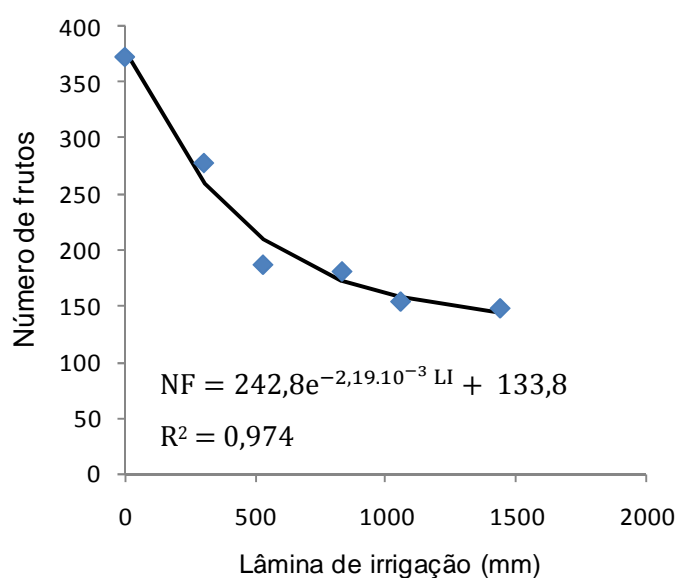


Figura 3. Estimativa do número de frutos por planta, em função da lâmina de irrigação. Bom Jesus do Itabapoana – IFF, RJ, 2012.

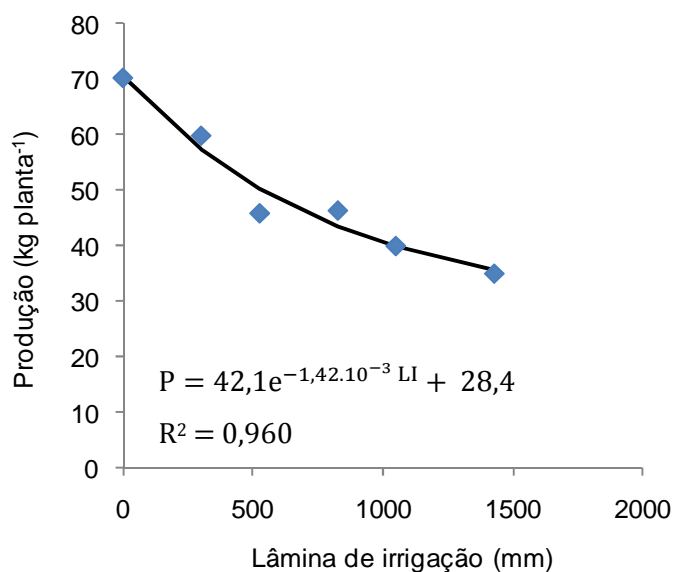


Figura 4. Estimativa da produção, em kg planta<sup>-1</sup>, em função da lâmina de irrigação. Bom Jesus do Itabapoana – IFF, RJ, 2012.

Os resultados obtidos concordam com Doorenbos e Kassan (1979), que afirmam que, para ocorrer o florescimento satisfatório em citros, é essencial um período de repouso, provocado pelo estresse hídrico, no período de prefloração da laranjeira.

Corroborando com os resultados obtidos, Doorenbos e Kassan (1994), Torrecillas et al. (1993) e Ginestar e Castel (1996) afirmam que a maior queda na produtividade ocorre se o déficit hídrico for aplicado no período de florescimento, pegamento e de rápido desenvolvimento dos frutos. De acordo com a Figura 2, em nenhum dos tratamentos foi observado déficit hídrico acentuado nestas fases (novembro de 2011 a janeiro de 2012), indicando que um controle da irrigação pode economizar água e melhorar a eficiência de uso da água. Ainda, segundo observaram Bertonha et al. (1999) e Calzavara (2000), o número de frutos que permanecem nas árvores é mais importante para a produtividade da laranjeira que a massa média dos frutos.

Entre a massa média dos frutos e a lâmina de irrigação observa-se uma relação quadrática com coeficiente de determinação satisfatório. Na Figura 5 pode-se observar a relação. De acordo com Bertonha et al. (2004), a relação quadrática da estimativa da produção se deve a dois fatores: a deficiência de aeração para as maiores lâminas de irrigação e o déficit hídrico nos tratamentos com menores lâminas ou sem irrigação complementar.



Todavia, cabe ressaltar que o tamanho final do fruto é complexo e depende de muitos fatores como: características genéticas, tipo de inflorescência, do número de flores e de frutos, dos fatores climáticos, da disponibilidade de carboidratos e hormônios (Medina et al., 2005).

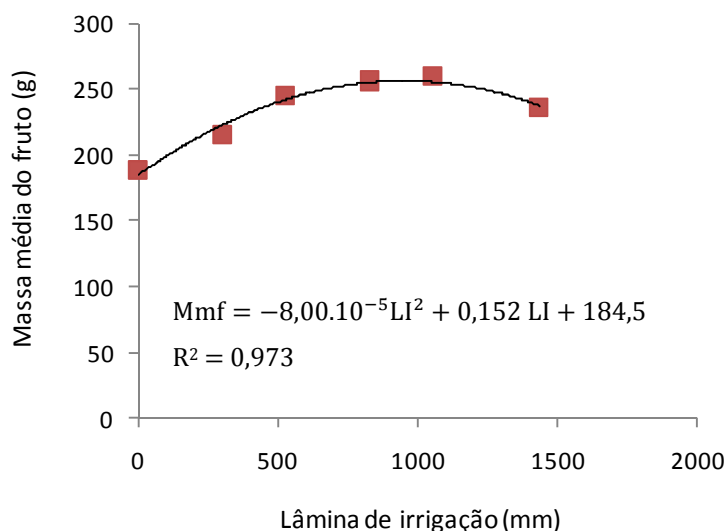


Figura 5. Estimativa da massa média dos frutos (Mmf), em g, em função da lâmina de irrigação. Bom Jesus do Itabapoana – IFF, RJ, 2012.

A massa média dos frutos estimada pelo modelo de regressão polinomial da Figura 5, maximizada em 256,7 g fruto<sup>-1</sup> quando irrigado com uma lâmina complementar de 950 mm. A menor massa média do fruto, 184,5 g fruto<sup>-1</sup>, foi obtida no tratamento sem irrigação, onde, no período de realização do trabalho, de agosto de 2011 a dezembro de 2012, foram registrados 1411 mm de precipitação. Os resultados obtidos concordam com Bertonha et al. (2004), que verificaram uma relação quadrática estatisticamente significativa entre a lâmina de irrigação e a massa média dos frutos. Os resultados obtidos diferem dos encontrados por Silva et al. (2009), onde as diferentes lâminas de água aplicadas e os equipamentos utilizados não apresentaram diferenças na massa da fruta, e Guardiola (1992, apud Bertonha et al., 2004), que encontrou uma relação linear inversa entre a massa dos frutos e as lâminas de irrigação. Duenhas et al. (2002), analisando o efeito da irrigação sob a massa média da fruta de laranjeiras 'Valência', não observaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Bertonha et al. (1999) e Calzavara et al. (2000), em virtude do comportamento do clima, não encontraram significância para o termo quadrático da equação de regressão para a massa média dos frutos da laranjeira em função das lâminas de irrigação.

## CONCLUSÃO

Nas condições de condução desse trabalho os resultados sugerem que houve influência das diferentes lâminas de irrigação nas características analisadas. Os resultados obtidos confirmam que para ocorrer um florescimento satisfatório em citros, é essencial um período de repouso provocado pelo estresse hídrico, no período de prefloração da laranjeira. Nesse sentido, o tratamento sem irrigação complementar produziu o maior número de frutos e foi o mais produtivo. A massa média dos frutos apresentou uma relação quadrática em função das lâminas de irrigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998) *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO – Food and Agricultural Organization, 300p.
- Agustí, H. J., Almela, V. (1991) *Aplicación de fitorreguladores em citricultura*. Barcelona: Aedos Editorial, 261p.
- ANA. Agência Nacional de Águas - Resolução nº 707: Dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa a serem observados no

exame de pedidos de outorga, e dá outras providências:  
<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2004/707-2004.pdf> em 24/11/2011.

Barbosa, D. H. S. G., Vieira, H. D., Souza, R. M. (2008) Avaliação em campo de cultivares de *Coffea arábica* em áreas isenta ou infestada por *Meloidogyne exigua* na região noroeste fluminense. Formação da lavoura. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, 32(2):101-110.

Bernardo, S., Soares, A. A., Mantovani, E. C. (2006) *Manual de Irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 625p.

Bertonha, A., Gonçalves, A. C. A., Freitas, P. S. L., Rezende, R. (2004) Resposta da laranjeira pêra em níveis de irrigação. *Acta Scientiarum*, Maringá, 26 (2): 185-191.

Bertonha, A., Frizzone, J. A., Martins, E. N. (1999) Irrigação e adubação nitrogenada na produção da laranja pêra. *Acta Scientiarum*, Maringá, 21 (3): 537-542.

Calzavara, S. A., Pereira, O. C. N., Bertonha, A., Gonçalves, A. C. A. (2000) Número de frutos de laranja em função da frequência de irrigação complementar. *Acta Scientiarum*, Maringá, 22 (4): 1125-1128.

Castro, P. R. C. (1994) Comportamento dos cítricos sob déficit hídrico. *Laranja*, Cordeirópolis, 15:139-154.

Donadio, L. C., Figueiredo, J. O., Pio, R. M. (1995) *Variedades cítricas brasileiras*. Jaboticabal: FUNEP, 228p.

Doorenbos, J., Kassam, A. H. (1994) Efeito da água no rendimento dos cultivos. Campina Grande: UFPB, 306p.

Doorenbos, J., Kassam, A. H. (1979) Yield response to water. Rome: FAO - Food and Agricultural Organization, 179p.

- Duenhas, L. H., Villas Bôas, L. R., Souza, C. M. P., Ragozo, C. R. A., Bull, L. T. (2002) Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (1): 214-218.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003). Embrapa Mandioca e Fruticultura. Manual Prático para o Manejo Ecológico de Pragas dos Citros. Documento 111. Cruz das Almas. 2003. 33p.
- Frizzone, J. A. (2005) *Análise de decisão econômica em irrigação*. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p.
- Ginestar, C., Castel, J. R. (1996) Responses of Young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. *Journal of Horticultural Science*, Bangalore, 71(4): 551-559.
- Howell, T. A., Cuenca, R. H., Solomon, K. H. (1992) Crop yield response. In: Hoffman, G. J., Howell, T. A., Solomon, K. H. (eds.) Management of farm irrigation systems. 1. ed. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p. 93-122.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Dados da Rede do INMET: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> em 25/11/2012.
- Keller, J., Bliesner, R. D. (1990) Sprinkle and trickle irrigation. New York: Van Nostrand Reinold Company, 652p.
- Medina, C. L., Rena, A. B., Siqueira, D. L., Machado, E. C. (2005) Fisiologia dos citros. In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) Citros. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 147-195.
- Mendonça, J. C., Sousa, E. F., Bernardo, S., Dias, G. P. Grippa, S. (2003) Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência

(ETo) na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 7 (2): 275-279.

Neves, M. F., Trombin, V. G., Milan, P., Lopes, F. F., Cressoni, F., Kalaki, R. (2010) O retrato da citricultura brasileira. São Paulo, 139p.

Pio, R. M., Figueiredo, J. O., Stuchi, E. S., Cardoso, S. A. B. (2005) Variedades copas. In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) Citros. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 369-408.

Pires, R. C. M., Luchiari, D. J. F., Arruda, F. B., Mossak, I. (2005) Irrigação. In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) Citros. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 369-408.

Pompeu Junior, J. (1988) Copas e porta-enxertos. Anais do Simpósio de Citricultura, 3, Jaboticabal, FUNEP, p. 155-161.

Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., Alvarez, V. H. (1999) Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. 5. ed. Viçosa: Independente, 359.

Sentelhas, P. C. (2005) Agrometeorologia dos Citros. In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) Citros. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 369-408.

Silva, G. O., Fernandes, E. J., Laurindo, V. T. (2009) Resposta da laranjeira Valência a diferentes níveis de água e sistemas de irrigação localizada. *Laranja*, Cordeirópolis, 30(1-2):105-116.

Stenzel, N. M. C., Neves, C. S. V. J., Gonzalez, M. G. N., Scholz, M. B. S., Gomes, J. C. (2005) Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos da laranjeira 'Folha Murcha' sobre seis porta-enxertos no Norte do Paraná. *Ciência Rural*, Santa Maria, 35(6):1281-1286.

- Stuchi, E. S. (1999) Avaliação da laranjeira 'Folha Murcha' sobre dez porta-enxertos em Bebedouro, SP. Tese de Doutorado – Jaboticabal – SP, UNESP, 129p.
- Tonet, R. M., Leite, I. C., Stuchi, E. S., Sanches, F. R. (2002) Florescimento e frutificação da laranjeira 'Pêra' em Bebedouro (SP). *Laranja*, Cordeirópolis, 23(1):167-182.
- Torrecillas, A., Ruiz-Sánchez, M. C., Domingo, R. (1993) Regulated deficit irrigation on fino lemon tress. *Acta Horticulturae*, Leuven, 335:205-212.
- Vaux Jr., Pruitt, W. O. (1983) Crop-water production functions. *In*: Hillel, D. *Advances in irrigation*. New York: Academic Press, p.61-97.

## 5 RESUMOS E CONCLUSÕES

A citricultura ocupa papel de destaque no agronegócio brasileiro, devido à importância econômica e social que a atividade representa. O Brasil detém 30% da produção mundial de laranja e responde por 80% das exportações mundiais de suco de laranja. Com uma área cultivada de aproximadamente 862 mil hectares e uma produção de cerca de 19 milhões de toneladas, gerando cerca de 400 mil empregos diretos e indiretos (IEA, 2012; IBGE, 2013).

No Estado do Rio de Janeiro, a área cultivada com laranja corresponde a 4.533 ha, com uma produção de 1.341.000 caixas de 40,8 kg. As condições de mercado, solo, clima, disponibilidade de água para irrigação, entre outras, apresentam-se como alternativa para o desenvolvimento da citricultura, promovendo a geração de emprego e renda. Entretanto, o grande potencial para o desenvolvimento da citricultura, torna evidente a necessidade de estudos que visem à maximização da produção, aliada a redução dos custos de produção, proteção do meio-ambiente e eficiência no uso da água (IBGE, 2013).

O decréscimo da disponibilidade de água 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. Com isso, é necessário minimizar a quantidade de água aplicada via irrigação sem, contudo, comprometer a produção final (Azevedo et al., 1999).

Nesta dissertação foram apresentados dois trabalhos com o objetivo de determinar a função de produção da laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L.

Osbeck) em relação às diferentes lâminas de irrigação e avaliar a influência da irrigação na qualidade dos frutos nas condições da Região Noroeste Fluminense.

O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura do Instituto Federal Fluminense – Campus Bom Jesus do Itabapoana, com coordenadas geográficas: 21°08'S e 41°40'W, com uma altitude de 88m, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da Região Noroeste Fluminense é Aw, isto é, com uma estação quente e chuvosa e outra seca.

Foi avaliada a laranja 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), enxertada sobre o limoeiro 'Cravo', com espaçamento de 5,0 x 5,0 m, em fase de produção, cujo plantio foi efetuado em janeiro de 2005. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos e 5 repetições, sendo, cada parcela experimental composta por 3 plantas. As lâminas de água foram definidas com base na evapotranspiração da cultura (ETc), correspondendo a percentuais desta (T2=36%, T3=64%, T4=100%, T5=127% e T6=173% da evapotranspiração da cultura – ETc) com turno de rega de 3 dias, utilizando sistema de microaspersão, e um controle sem irrigação (T1).

Em função dos resultados obtidos:

- A massa média dos frutos (Mmf) foi influenciada pela lâmina de irrigação (LI), apresentando uma relação quadrática, estatisticamente significativa. A equação obtida pela regressão polinomial foi:

$$Mmf = -5,48 \cdot 10^{-5} LI^2 + 0,136 LI + 180,9 \quad R^2 = 0,964$$

- A massa média dos frutos estimada pelo modelo de regressão polinomial tem um ponto de máxima de 266,6 g fruto<sup>-1</sup>, quando irrigado com uma lâmina complementar de 1251 mm;
- O teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável total (ATT) estimados pelo modelo de regressão apresentaram uma relação exponencial inversa em relação às lâminas de irrigação (LI), com as seguintes equações:



$$\text{SST} = 2,21e^{-1,924 \cdot 10^{-3} \text{ LI}} + 10,1 \quad R^2 = 0,924$$

$$\text{ATT} = 0,87e^{-3,06 \cdot 10^{-4} \text{ LI}} + 0,15 \quad R^2 = 0,914$$

- Os teores mais elevados de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável total (ATT) ocorreram nos frutos produzidos no tratamento sem irrigação, onde foram obtidos 12,3 °Brix para o teor de SST e 1,02 % para a ATT. Os teores mais baixos de SST e ATT foram obtidos quando irrigados com uma lâmina complementar de 1434 mm, onde foram registrados 10,1 °Brix e 0,73 %, respectivamente;
- O rendimento em suco e o índice de maturação, não foram influenciados pelas diferentes lâminas de irrigação, apresentando um rendimento médio de 49,8 % para o rendimento em suco e de 13,7 para o índice de maturação;
- Os resultados obtidos confirmam que para ocorrer um florescimento satisfatório em citros, é essencial um período de repouso provocado pelo estresse hídrico, no período de prefloração da laranjeira;
- Para a estimativa do número de frutos (NF) e da produção (P) da laranjeira em função da lâmina de irrigação foram ajustadas as seguintes equações:

$$\text{NF} = 242,8e^{-2,19 \cdot 10^{-3} \text{ LI}} + 133,8 \quad R^2 = 0,974$$

$$\text{P} = 42,1e^{-1,42 \cdot 10^{-3} \text{ LI}} + 28,4 \quad R^2 = 0,960$$

- O número de frutos e a produção por planta, estimados pelo modelo de regressão corresponderam respectivamente a 377 frutos planta<sup>-1</sup> e 70,5 kg planta<sup>-1</sup>, obtidos no tratamento sem irrigação. O menor número de frutos e produção por planta, registrados quando irrigado com uma lâmina complementar de 1434 mm, corresponderam respectivamente a 144 frutos planta<sup>-1</sup> e 35,5 kg planta<sup>-1</sup>, evidenciando a necessidade de um período de repouso, provocado pelo estresse hídrico.

Concluindo, a laranjeira 'Folha Murcha' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) por apresentar características peculiares, o tratamento ou as condições aplicadas em um ano podem afetar as safras seguintes, com isso os resultados obtidos refletem uma situação momentânea, observadas ao longo de quase dois anos de estudos, o que, em se tratando de uma cultura perene, com respostas de longo prazo, indicam que as avaliações devem ser continuadas. Assim, o presente trabalho não tem a pretensão de esgotar o tema, mas procura ser uma importante contribuição para pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, H. J., Bernardo, S., Ramos, M. M., Sedyama, G. C., Cecon, P. R. (1999) 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, 18(4): 53-62.
- Azevedo, O. R. F. (1996) Diagnóstico da Citricultura no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 166p.
- Bernardo, S., Soares, A. A., Mantovani, E. C. (2006) *Manual de Irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 625p.
- Castro, P. R. C. (1994) Comportamento dos cítricos sob déficit hídrico. *Laranja*, Cordeirópolis, 15:139-154.
- Donadio, L. C., Figueiredo, J. O., Pio, R. M. (1995) *Variedades cítricas brasileiras*. Jaboticabal: FUNEP, 228p.
- Doorenbos, J., Kassam, A. H. (1979) Yield response to water. Rome: FAO - Food and Agricultural Organization, 179p.

Duenhas, L. H., Villas Bôas, R. L., Souza, C. M. P., Ragozo, C. R. A., Bull, L. T. (2002) Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade dos frutos de laranja "Valência". *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (1):214-218.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003). Embrapa Solos. Aspectos Climáticos do Noroeste Fluminense, RJ. Documento 43. Rio de Janeiro. 33p.

English, M. J. (1990) Deficit irrigation. I: Analytical framework. *Journal of the Irrigation and Drainage Engineering*, New York, 116 (3):339-412.

Feichtenberger, E. (1990) Gomose de Phytophthora dos citros. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, 11:9-122.

Frizzone, J. A., Andrade Junior, A. S. (2005) *Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento*. Brasília: EMBRAPA, 626 p.

Frizzone, J. A. (2005) *Análise de decisão econômica em irrigação*. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p.

Gardner, W. R., Gardner, H. R. (1983) Principles of water management under drought. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, 7:143-155.

Hargreaves, G. H., Samani, Z. A. (1984) Economics considerations of deficit irrigation. *Journal of the Irrigation and Drainage Engineering*, New York, 110 (4):343-358.

Hexem, R. W., Heady, E. O. (1978) *Water production function for irrigated agriculture*. Ames: Iowa State University Press, 215p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp> em 15/01/2013.

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas. Brasil é o 3º produtor mundial de frutas: [http://www.ibraf.org.br/news/news\\_item.asp?NewsID=8129](http://www.ibraf.org.br/news/news_item.asp?NewsID=8129) em 20/10/2012.

IEA - Instituto de Economia Agrícola. Projeções de produção de laranja em São Paulo até 2009: <http://www.iea.sp.gov.br> em 30/11/2012.

Koo, R. C. J. (1963) Effect of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit. *Proc. Fla. Sta. Hortic. Soc.*, 76:1-5.

Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Figueiredo, J. O., Pompeu Junior, J. Citros: principais informações e recomendações de cultivo: <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Citros/Citros.htm> em 19/12/2011.

Neves, M. F., Trombin, V. G., Milan, P., Lopes, F. F., Cressoni, F., Kalaki, R. (2010) O retrato da citricultura brasileira. São Paulo, 139p.

Pio, R. M., Figueiredo, J. O., Stuchi, E. S., Cardoso, S. A. B. (2005) Variedades copas. *In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org) Citros*. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p.63-94.

Pires, R. C. M., Luchiari, D. J. F., Arruda, F. B., Mossak, I. (2005) Irrigação. *In: Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., Pompeu Junior, J. (org.) Citros*. 1. ed. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 369-408.

PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006) Caderno Setorial de Recursos Hídricos. Brasília, 96p.

Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento - Avaliação Social. Projeto Rio Rural/BIRD: <http://www.agricultura.rj.gov.br/pdf/AvaliacaoSocial.pdf> em 17/09/2012.

Silva, R. A., Agra, A. C., Aleixo, D. L., Nóbrega, V. R., Dantas, E. A. (2011) Situação Econômica e Produtiva da Cultura de Citros no Estado da Paraíba, *Revista Verde*, Mossoró, 6(3):39-48.

- Silva, G. O., Fernandes, E. J., Laurindo, V. T. (2009) Resposta da laranjeira Valência a diferentes níveis de água e sistemas de irrigação localizada. *Laranja*, Cordeirópolis, 30(1-2):105-116.
- Silva, C. R., Alves Junior, J., Silva, T. J. A., Folegatti, M. V., Santos, R. A., Souza, L. B. (2006) Déficit hídrico em citros: informações para o manejo da irrigação. *Laranja*, Cordeirópolis, 27(1):119-130.
- Silva, J. A. (1999) *Comportamento da laranjeira "Pêra" sobre dois porta-enxertos e três níveis de irrigação*. Tese de Doutorado – Jaboticabal – SP, UNESP, 117p.
- Simão, A. H., Mantovani, E. C., Simão, F. R. Irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira:  
[http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livromanga\\_pdf/08\\_irrigacao.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livromanga_pdf/08_irrigacao.pdf) em 12/12/2011.
- Soares, M. T. S. (1962) Absorção de uma célula urbana pelo grande Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 2:155-241.
- Solomon, K. H. (1985) Typical water production function. *In: Winter Meeting – Paper 85-2596*. Chicago: American Society of Agriculture Engineers, p.17-20.
- Stewart, J. I., Hagan, R. M. (1977) Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil. Logan: Utah State University Press, 191p.
- Stewart, J. I., Hagan, R. M. (1973) Functions to predict effects crop water deficits. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, New York, 99:421-439.
- Stuchi, E. S. (1999) Avaliação da laranjeira 'Folha Murcha' sobre dez porta-enxertos em Bebedouro, SP. Tese de Doutorado – Jaboticabal – SP, UNESP, 129p.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 261p.

Vasconcellos, H. O., Duarte, L. S. N., Araújo, C. M. (1975). Estudo cromossômico de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, laranja Folha-Murcha. Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2, Rio de Janeiro: Seropédica, p.639-640.

Vaux Junior, H. J., Pruitt, W. O. (1983) Crop-water production functions. *In*: Hillel, D. *Advances in irrigation*. New York: Academic Press, p.61-97.

Zanini, J. R., Pavani, L. C. (1998) Irrigação em citros. Anais do Seminário Internacional Citros, 5, Campinas: Fundação Cargill, p.409-422.

## APÉNDICE



Quadro 1A. Resumo da análise de variância da massa média dos frutos (Mmf)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	0,5510131.10 <sup>-2</sup>	0,1377533.10 <sup>-2</sup>	2,191	0,10688
Tratamentos	5	0,2823561.10 <sup>-1</sup>	0,5647122.10 <sup>-2</sup>	8,982**	0,00013
Resíduo	20	0,1257413.10 <sup>-1</sup>	0,6287064.10 <sup>-3</sup>		
CV (%)		10,578			

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 2A. Resumo da análise de variância do teor de sólidos solúveis totais (SST)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	4,651333	1,162833	2,887	0,04888
Tratamentos	5	21,62167	4,324333	10,735**	0,00004
Resíduo	20	8,056667	0,4028333		
CV (%)		5,857			

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 3A. Resumo da análise de variância da acidez titulável total (ATT)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	0,6528667.10 <sup>-1</sup>	0,1632167.10 <sup>-1</sup>	1,232	0,32912
Tratamentos	5	0,5460000	0,1092000	8,240**	0,00023
Resíduo	20	0,2650333	0,1325167.10 <sup>-1</sup>		
CV (%)		13,324			

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 4A. Resumo da análise de variância do rendimento em suco (S)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	39,50667	9,876667	2,908	0,04778
Tratamentos	5	37,65100	7,530200	2,217 <sup>NS</sup>	0,09280
Resíduo	20	67,93733	3,396867		
CV (%)		3,705			

<sup>NS</sup> = Não Significativo.

Quadro 5A. Resumo da análise de variância do índice de maturação (IM)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	28,39000	7,097500	2,708	0,05956
Tratamentos	5	43,68567	8,737133	3,333*	0,02374
Resíduo	20	52,42600	2,621300		
CV (%)		11,803			

\* = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 6A. Resumo da análise de variância do número de frutos (NF), safra 2011

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	69084,51	17271,13	1,258	0,29360
Tratamentos	5	16090,06	3218,011	0,234 <sup>NS</sup>	0,94649
Resíduo	80	1098599,00	13732,49		
CV (%)		27,052			

<sup>NS</sup> = Não Significativo.

Quadro 7A. Resumo da análise de variância do número de frutos (NF), safra 2012

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	183810,70	45952,68	3,570	0,00990
Tratamentos	5	585076,90	117015,40	9,091**	0,00000
Resíduo	80	1029695,00	12871,19		
CV (%)		51,551			

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 8A. Resumo da análise de variância da produção (P), safra 2011

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	1463,348	365,8370	0,871	0,48514
Tratamentos	5	1483,763	296,7527	0,706 <sup>NS</sup>	0,620604
Resíduo	80	33616,060	420,2008		
CV (%)		23,816			

<sup>NS</sup> = Não Significativo.

Quadro 9A. Resumo da análise de variância da produção (P), safra 2012

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	6181,026	1545,2560	3,195	0,01734
Tratamentos	5	130004,020	2600,8030	5,378**	0,00025
Resíduo	80	38690,360	483,6295		
CV (%)		44,402			

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 10A. Resumo da análise de variância da massa média dos frutos (Mmf), safra 2012, 2º trabalho

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	F	Significância (%)
Blocos	4	$0,1777979 \cdot 10^{-1}$	$0,4444947 \cdot 10^{-2}$	5,522	0,00057
Tratamentos	5	$0,6015625 \cdot 10^{-1}$	$0,1203125 \cdot 10^{-1}$	14,946**	0,00000
Resíduo	80	$0,6439762 \cdot 10^{-1}$	$0,8049703 \cdot 10^{-3}$		
CV (%)		11,626			

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.